

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 غرداية
Université de Ghardaïa



N° d'enregistrement

/...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الهندسة المدنية والري
Département Génie civil et Hydraulique

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et de la Technologie

Filière : Génie civil

Spécialité : Structures

Thème

Utilisation du filler du sable de dune dans le domaine

TBP

Déposer le 05 / 06 / 2022

Par:

* ZABI Bachir

* BOURROUROU Salah

Devant le jury composé de :

SALHI Imad	M.A.A	Ghardaïa	Examineur
AZZOUZ F.Z	M.A.A	Ghardaïa	Examineur
BOUCHERBA Mohammed	Docteur en génie civil	LTPS	Encadreur

Année universitaire : 2021/2022

Résumé :

Les sables des dunes sont l'un des matériaux les plus présents dans la nature mais ne sont ni utilisés ni exploités dans plusieurs domaines, y compris la construction et les routes,

Il retourne à son état de surface lisse, forme ronde et leur granulométrie serré qui pauvre de diamètre des grains et filler aussi.

Dans ce contexte, notre projet d'étude a été réaliser sur quatre sables de dunes de plusieurs régions : Adrar , Ouargla, et Menia, et de ghardaia (Daia). Nos propositions sont de broyer le sable de dune par frottement de grains de sable avec des billes de 8 mm sur un cylindre de rotation, et après l'opération nous avons obtenu une poudre de plusieurs tailles, Ensuite il a été utilisé dans le mélange de mortier comme un remplacement partiel pour le ciment selon les rapports suivants 10% poudre, 90% ciment. Et dans les enrobés bitumineux dans le domaine des routes comme un addition correcteur.

Le broyage a réussi dans le changement et la correction des différents inconvénients de sable de dune mais leurs utilisations dans le mortier et enrobé a été acceptable mais non excellent.

KEYWORDS : Sable de Dune, Poudre, Ciment, Enrobes, Mortier.

Summary:

The sand of the dunes is one of the most present materials in nature but is not used or exploited in several fields, inclusion construction and road,

It returns to its smooth surface condition, round shape and their tight grain size which poor grain diameter and filler also.

In this context, our study project was carried out on four sand dunes in several regions: Ouargla, Menea, Adrar and Daïa. Our proposals are to grind dune sand by rubbing sand grains with 8 mm balls on a rotating cylinder, and after the operation we got a powder of several sizes, then it was used in the mortar mixture as à partial replacement for cement according to the following ratios 10% powder, 90% cement. And in asphalt coatings in the field of roads as a correcting addition.

The grinding was successful in changing and correcting the various disadvantages of dune sand but their uses in mortar and Asphalt concrete was acceptable but not excellent.

KEYWORDS : Sand of Dune, powder, cement, Asphalt concrete, mortar

الملخص:

يعتبر رمال الكثبان من أكثر المواد تواجدا في الطبيعة إلا أنها لا تستعمل ولا تستغل في عدة ميادين منها البناء والطرق، وهذا يعود لبنيتها حيث تتميز بسطح أملس وشكلها الدائري وكذا تدرجها الحبيبي الفقير من ناحية أبعاد العينات والمواد الغضارية.

انطلاقا من هذا السياق تم إجراء البحث على رمل الكثبان المتحصل عليه من أربعة مناطق: ورقلة، منيعة، أدرار، ضاية بهدف سحقها وتحويلها باستخدام قوى الاحتكاك التي تحصل بين حبيبات الرمل وكريات حديدية ذات قطر 8 مم حيث تحصلنا على مواد غضارية تتميز بتعدد أبعاد حبيباتها على عكس رمل الكثبان قبل عملية السحق، وبعدها تم استخدامها في خلطة ملاط كبديل جزئي للإسمنت وفق النسب التالية 10% مادة غضارية و90% إسمنت. في مجال الخرسانة الإسفلتية المستخدمة في الطرق تم استخدامها أيضًا كمادة مصححة.

عملية السحق نجحت في تغيير وتصحيح مختلف العيوب ولكن استخداماتها في مادة الملاط أو الخرسانة الإسفلتية كانت مقبولة النتائج لكنها لم تكن ممتازة.

الكلمات المفتاحية: رمال الكثبان، مواد غضارية، الإسمنت، الخرسانة الإسفلتية، مادة الملاط.

Remercier

- **Tout d'abord nous rendons grâce à Dieu, lui qui nous a permis d'être bien portant afin d'effectuer ce travail du début jusqu'à la fin.**
- **Nous remercions nos parents respectifs pour leurs soutiens durant notre parcours de formation.**
- **Nous remercions notre superviseur, Prof. Dr. Boucherba Mohammed.**

Qui nous a bien guidé tout au long de ce modeste travail de recherche.

- **Nous pouvons également lui être reconnaissants, en lui souhaitant une santé et un bien-être continus.**
- **Nous remercions également tout le personnel du L.T.P.S pour l'accueil et la coopération dans la réussite de toutes les expériences de cette recherche.**
- **Nous remercions également les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait, à condition que l'évaluation de ce travail soit approuvée et partagée.**
- **Nous remercions tous les professeurs Université de Ghardaïa sur Contribuer à une bonne formation.**

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce document



DEDICACE

Je Dédie ce mémoire à :

- mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour , leur soutien et leurs encouragements.
- A tous mes frères et membres de ma famille petits et grands.
- Mon superviseur est le Dr Boucherba Mohamed, qui est sans sa méthodologie Ses conseils et conseils précieux n'allaient pas réussir.
- A mes amies et mes camarades.

sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur

Zabi Bachir

DEDICACE

Remercier dieu seul et la paix et bénédictions sur le aucun prophète au-delà Dieu merci , queu monseigneur bonnes œuvres, l'aide de a la présente note que demander de dieu pour être dan le solde de l'acceptation.

Et je me consacrer le résultant de cet effort pour ma mère de comassion et mon père le précieux rappelez-vous êtes dieu et que nous étions à moi aide et compagnon dans tout les cotes, avez apprécié et gratitude il consacrer aux member de la famille petite et grandes surtout mon frère **YACINE** et mon compagnon **BACHJR ZABI** Sans oublier tout les amis... et remerciement spéciaux

à admin **MOHAMMED BOUCHERBA** et stand avec nous sur tout les petites et les grandes et les étudiants du département.

de génie civil « structures » lot 2022 ,
Et à tout de défini par mon cœur et mot de stylo.

BOURROUROU SALAH

Sommaire :

INTRODUCTION GENERALE.....	12
CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES MATERIAUX DE CONSTRUCTIONS	
I.1 Introduction :	14
I.2 Béton Hydraulique:	14
I.2.1 Définition :	14
I.2.2 Type de béton :	15
I.2.3 Béton léger :	15
I.2.3.1 Béton lourd :	15
I.2.3.2 Béton fibre à ultra hautes performances (BFUP) :	15
I.2.3.3 Béton auto nivelant (BAN) et auto plaçant (BAP) :	16
I.3 Béton bitumineux :	16
I.3.1 Composition de béton bitumineux :	16
I.3.2 Liant Hydrocarbure :	16
I.3.3 Les Granulats :	16
I.3.4 Les Additif :	17
I.4 Matériaux granulaires non traité dans le domaine de construction :	17
I.5 Conclusion :	18
CHAPITRE II : UTILISATION DES SABLES DE DUNE DANS LE DOMAINE DE GENIE CIVIL	
II.1 Introduction :	20
II.2 Définition de sable de dune:	20
II.2.1 Sable :	20
II.2.2 Sable de dune :	21
II.3 Caractéristiques de sable de dune:	22
II.4 Types des dunes :	22
II.4.1 Les avant-dunes :	22
II.4.2 Les falaises dunaires :	22
II.4.3 Les dunes perchées :	22
II.4.4 Les cordons dunaires artificiels :	22
II.5 Synthèse bibliographique sur utilisation du sable de dune :	23
II.5.1 Béton à sable de dune :	23
II.5.2 Béton bitumineux à base des sables de dune :	23
II.6 Conclusion :	24

CHAPITRE III : MATERIAUX ET PROCEDURES EXPERIMENTALES

III.1	Introduction :	26
III.2	Procédure de broyage :	26
III.3	Effet de granularité du sable de dune :	29
III.4	Conclusion :	34

CHAPITRE IV : PRESENTATION DES RESULTATS

IV.1	Introduction :	36
IV.2	Application sur le mortier :	36
IV.2	Application sur enrobes :	39
IV.3	Conclusion :	42

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale	44
---------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques	46
-----------------------------	----

LES ANNEXES

ANNEXE 01 : Analyse sedimentometrique (Broyage à la charge 5 Kg)	48
ANNEXE 02 : Les tableau granulométriques des différents fillers broyés	52
ANNEXE 03 : caracteristiques du ciment utilise	53
ANNEXE04 : caracteristiques sur enrobes utilise	54

Liste des Tableaux:

Tableau III.1 : Les résultats des sables de dune	26
Tableau.IV.1: Les résistances à 7 jours et 28 jours des mortiers	37
Tableau IV.2 : Granulométrie de fuseau selon LCPC.	38

Liste des graphes :

Graphe III.1: Les courbes granulométriques des différents fillers broyés comparativement au sable de dune (après broyage)	30
Graphe III.2: Résultats de l'essai granulométrique avant et après broyage.....	31
Graphe III.3: Les résultats de coefficient Cu sur les quatre fillers	31
Graphe III.4: Les résultats de coefficient Cc sur les quatre fillers	32
Graphe IV.1: Résultats de l'indice d'activité des différents fillers	37
Graphe IV.2: Courbe granulométrique de mélange d'un béton bitumineux 0/14.	39
Graphe III.2.2: Résultats des Résistance à la Compression.....	40
Graphe III.2.2: Résultats des rapports d'immersion.....	40

Liste des photos :

Photo I.1 Classification GTR des sols	17
PhotoII.1 : Les sable	20
PhotoII.2 : Sable de dune.....	20
Photo III.1 : Broyeur à boulets à Europe	25
Photo III.1.2 : L'appareil MDE	26
Photo III.1.3 : Cylindre de l'appareil MDE avec le sable de dune avant broyage.....	26
Photo III.3 : Les sable d'dune	26
Photo III.4 : Sable de dune après l'essai de MDE a LTPS	28
Photo III.5 : Analyse granulométrique sur les différents fillers.	29
Photo.IV.1 : Les produits utilise les matériaux utilisés pour le mortier	35
Photo.IV.2.a : Echantillons de mortier	36
Photo.IV.2.b : Chambre climatique	36
Photo.IV.2.c : Appareil écrasement d'éprouvette.....	36
Photo.IV.3 : Echantillons de enrobes.....	39

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'histoire de la construction évolue à travers différentes directions au fil du temps en conjonction avec la croissance des villes et la croissance démographique qui sont parents des branches de la science technologique, histoire et architecture pour étudier la préservation des bâtiments et enregistrer leurs réalisations, mais les changements climatiques, sociaux ou économiques ont affecté cette zone.

Au 21^{ème} siècle, nous sommes toujours confrontés aux mêmes défis dans notre pays l'Algérie, en particulier dans la région du Sahara, où il est difficile de trouver des matériaux de construction adaptés aux exigences techniques des projets, qui nécessite le transport de matériaux de construction de plus loin et augmente le coût et le temps. L'un de ces défis est l'absence de sable à la mesure des exigences de la construction routière, bien que le désert soit riche en sable, mais le sable de dunes est inapproprié parce qu'il est caractérisé par une surface lisse qui l'empêche de former un lien fort avec les matériaux d'asphalte, et sa forme circulaire provoque une augmentation du rapport d'espaces, certaines recherches prouvent que sa facilité d'utilisation est seulement 20%, et les dunes de sable sont exemptes de composés de précision, nécessitant parfois l'utilisation de matériaux tels que le ciment Ou de la chaux pour faire face à ce problème qui fait monter les coûts des projets donc, à partir d'expériences antérieures, nous avons décidé d'introduire une nouvelle perspective pour l'utilisation du sable de dunes dans la construction en changeant sa structure... Conversion de matériaux de précision(filler) utiliser comme un matériant dans le enrobés ou addition minérale dans le béton. Pour étudier cette proposition, nous avons pris quatre dunes de différentes régions : Ouargla, Daïa, Menea et Adrar pour les fillers Étudier les changements et leur impact mortier ou enrobes.

CHAPITRE I :
***GENERALITE SUR LES MATERIAUX DE
CONSTRUCTIONS***

I.1 Introduction :

Le domaine de construction est riche en nombreux matériaux utilisés dans les bâtiments, les routes et différents travaux de terrassement par exemple, citons par exemple le béton armé pour les bâtiments et le béton bitumineux pour les routes, qui sont des matériaux composites, autre matériau tel que le tuf et sable calcaire dans les travaux de terrassement, dans ce chapitre, nous aborderons certains des matériaux de construction, leur utilisation et leurs caractéristiques.

I.2 Béton Hydraulique:

I.2.1 Définition :

Le béton Hydraulique est un matériau composite aggloméré, constitué de granulats durs de diverses dimensions collés entre eux par un liant, Le béton est un matériau composite constitué de granulats gros et fins (gravier ou pierre concassée, sable), de ciment et d'eau, Lorsque le ciment se trouve en présence d'eau, il fait prise, puis durcit progressivement. Un béton hydraulique est constitué :

- d'une pâte pure (ciment + eau)
- d'un mélange granulaire
- de produits additionnels (adjuvants, additions minérales, ...) [1]

*** Caractéristiques et leur rôle :**

a) ciment : Le ciment est un liant hydraulique qui se présente sous la forme d'une poudre minérale fine s'hydratant en présence d'eau. Il forme une pâte faisant prise qui durcit progressivement à l'air ou dans l'eau. C'est le constituant fondamental du béton puisqu'il permet la transformation d'un mélange sans cohésion en un corps solide.

b) Granulats : les granulats naturels en provenance de carrières, sablières et gravières et les granulats d'autres origines tels que des granulats recyclés, des sous-produits d'origine industrielle ou des granulats fabriqués pour un usage spécifique.

c) Les Adjuvants : Sont des produits chimiques incorporés au béton frais en faibles quantités (en général moins de 3% du poids de ciment, donc moins de 0.4% du poids du béton) afin

d'en améliorer certaines propriétés. Leur efficacité est liée à l'homogénéité de leur répartition dans la masse du béton.

Les principaux adjuvants sont [1] :

- Les plastifiants,
- Les retardateurs de prise du ciment,
- Les accélérateurs de prise et de durcissement,
- Les entraîneurs d'air.

d) L'eau de gâchage : L'eau de gâchage est la quantité d'eau totale ajoutée au mélange sec de béton l'eau d'hydratation est la quantité d'eau absorbée par le liant [2].

I.2.2 Type de béton :

Le béton a évolué à la cour de l'histoire et de nombreux types sont apparus, dont les plus populaires sont :

I.2.3 Béton léger :

Béton fabriqué à partir de granulats légers (laitier expansé, argile expansé, schiste expansé, mâchefer, ponce, perlite, vermiculite, polystyrène expansé) en général poreux dont la masse volumique est de l'ordre de 1800 kg/m³ [3].

I.2.3.1 Béton lourd :

Béton fabriqué à partir de granulats lourds (hématite, barytine, sulfate de baryum, minerai de fer, produits ferreux de récupération) dont la masse volumique est comprise entre 3000 et 5000 kg/m³. Les principales utilisations sont la réalisation d'écrans de protection contre les radiations, et les contrepoids [4].

I.2.3.2 Béton fibre à ultra hautes performances (BFUP) :

Béton composite additionné de fibres métalliques en vue d'obtenir un comportement ductile en traction et de s'affranchir de l'emploi d'armatures passives. Il possède des résistances en compression comprises entre 150 et 250 MPa [5].

I.2.3.3 Béton auto nivelant (BAN) et auto plaçant (BAP) :

Bétons très fluides ne nécessitant plus l'utilisation de la vibration pour l'optimisation de l'arrangement granulaire, grâce notamment à l'utilisation de super plastifiants [5].

I.3 Béton bitumineux :

Béton bitumineux est un matériaux composite riche en bitume constitué d'un mélange de granulats (sable, gravillons et fines), utilisé principalement pour les couches bitumineuses dans les routes, tels que la couche de roulement c'est-à-dire pour couche supérieures de la chaussée. Les bétons bitumineux se classent en fonction de leur granulométrie [6].

I.3.1 Composition de béton bitumineux :

Le béton bitumineux est composé de différents éléments :

- Gravillons,
- Sable,
- Filer,
- Bitume utilisé comme liant.

Le béton bitumineux crée généralement la couche supérieure des chaussées appelée couche de surface. [6]

I.3.2 Liant Hydrocarbure :

Ce liant obtenus par raffinage des pétroles bruts, on s'appelle le bitume, il présente des propriétés complexes, soit sur le plan de sa composition chimique ou soit sur sa réponse aux sollicitations mécanique.

Il possède un grand pouvoir adhésif pour agglomérer les granulats, et par conséquent une bonne stabilité lors de l'exploitation de la chaussée, sous sollicitation mécaniques, thermiques climatiques [7].

I.3.3 Les Granulats :

Le rôle des granulats dans un mélange de béton est de permettre de produire un matériau ayant une résistance et une durabilité appropriées avec le moindre coût possible. La

maniabilité (l'ouvrabilité) des bétons dépend grandement des caractéristiques des granulats dont les principales sont [8] :

- La granulométrie, la texture de surface des granulats et la forme des particules,
- La résistance mécanique (compression, traction et module),
- La densité relative, la masse volumique,
- L'absorption, la porosité et la teneur en humidité,
- La présence de matières nuisibles,
- La résistance aux cycles de gel et dégel,
- La résistance à l'abrasion et aux chocs.

I.3.4 Les Additif :

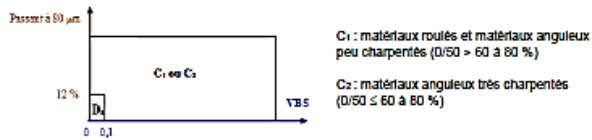
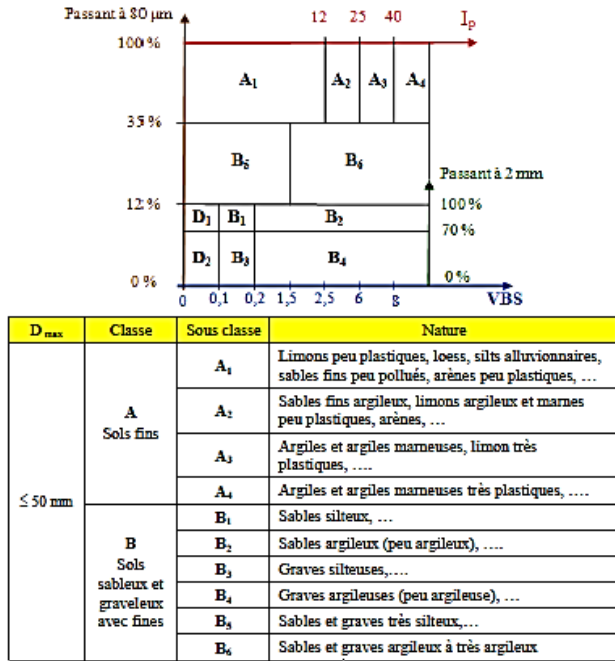
De nombreux ajouts peuvent être utilisés pour améliorer les propriétés du mélange d'asphalte, qui est résistant aux déformations et aux fissures, Les plus populaires de ces ajouts sont le SBS, EVA et poudrette de Caoutchouc. [8]

I.4 Matériaux granulaires non traité dans le domaine de construction :

Il y a nombreux des matériaux qui ne nécessite pas un traitement complexe, sont de matériaux non composites, utilise avec un traitement simple tels que l'ajout d'eau. On cite :

- a) **TUF** : Les tufs calcaires sont des matériaux à dominance calcaire de formation récente et de dureté très variable (roche dure à sol pulvérulent) qui se trouvent dans des régions semi-arides ou arides. Ces matériaux acquièrent une fort cohésion après séchage, lorsqu'ils ont été compactés en présence d'eau. Cette cohésion apparaît si le matériau est à nouveau saturé. [9]
- b) **GNT** : est un mélange à granularité continue de cailloux, de graviers et de sable, avec généralement une certaine proportion de particules plus fines. C'est le plus ancien des matériaux modernes. [9]
- c) **TVO** : dans ces deux catégories d'oued on trouve plusieurs matériaux, à savoir les tout-venants villafranchiens et leur stérile (roulé d'oued) et les dépôts de piémonts ainsi que le stérile d'extractions carrières (roches massives-mines). [9]

1. Classification des sols



D_{max}	Classe	Sous classe	Nature
> 50 mm	C Sols comportant des fines et des gros éléments	C ₁ A ₁	Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières, ...
		C ₁ B ₁	
		C ₂ A ₁	Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, biefs à silex, ...
		C ₂ B ₁	
≤ 50 mm	D Sols insensibles à l'eau	D ₁	Sables alluvionnaires propres, sables de dune, ...
		D ₂	Graves alluvionnaires propres, sables, ...
		D ₃	Graves alluvionnaires propres, ...

2. Classification des roches

Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craie	R ₁
		Calcaires rocheux divers : Calcaires grossiers, Travertins, Tufs et encroutements,	R ₂
	Roches argileuses	Marnes, Schistes sédimentaires, Argilites, pelites	R ₃
		Grès, Poudingues, Brèches	R ₄
Roches magmatiques et métamorphiques	Gypse, Sel gemme, Anhydrite	R ₅	
		Granite, basalte, trachyte, andésites, ... Gneiss, schistes métamorphiques, schistes ardoisiers, ...	R ₆

3. Classification des sols organiques et sous-produits industriels

Matériaux naturels renfermant des matières organiques : terres végétales, humus forestiers, vases, tourbes, ...	F ₁
Cendres volantes silico-alumineuses de centrales thermiques	F ₂
Schistes houillers	F ₃
Schistes des mines de potasse	F ₄
Phosphogypse	F ₅
Mâchefer d'incinération des ordures ménagères	F ₆
Matériaux de démolition	F ₇
Laitiers des hauts fourneaux	F ₈
Autres déchets et sous produits industriels	F ₉

Photo I.1 classification GTR des sols

Tous ces matériaux sont utilisés dans la construction routière où ils représentent des couches forme comme la couche de fondation dépend de TUF et TVO Essentiellement, les couches de base dépendent aussi de TUF ou GNT, même les couches inférieures els que couche de forme selon des recommandation et de guide comme le GTR de la norme /SO 14688. Dans notre pays le GTR c'est la plus reconnue et autre spécification mécanique tels que

I.5 Conclusion :

A travers ce chapitre, nous remarquons la diversité des matériaux de construction, y compris les composés et les matériaux naturels, mais un matériau comme le sable de dune que nous trouvons absent même s'il appartient à une classification granulats mais ses utilisations sont faibles, dans le chapitre suivant, nous aborderons plus avant ce matériau.

CHAPITRE II :

***Utilisation des sables de dune
dans le domaine de génie civil***

II.1 INTRODUCTION :

Le sable des dunes est l'un des matériaux les plus répandus dans notre pays, se répandant le long du désert dans différentes régions et avec des caractéristiques différentes mais limitant malheureusement son utilisation comme matériau de construction, de nombreux chercheurs ont donc cherché à étudier ce matériau et à travailler sur à inclure dans les systèmes de construction et si relativement, Dans ce chapitre, nous discuterons de cet article, de ses caractéristiques et de son utilisation.

II.2 Définition de sable de dune:

II.2.1 sable :

Le sable est un matériau granulaire naturel constitué de particules de roche fragmentées définies en taille comme le matériau avec des grains plus petits que le gravier et plus gros que le vert (limon). Le sable se trouve dans la nature dans plusieurs régions, telles que les plages, les baies, les grottes de sable et le désert. La composition du sable varie en fonction des sources et des conditions des constituants rocheux locaux, mais le composant le plus courant dans les régions côtières continentales intérieures et non tropicales est la silice (dioxyde de silicium, ou SiO_2) qui se présente généralement sous la forme de quartz, et le carbonate de calcium est le deuxième type de composant sableux le plus courant tel que le métal argon et qui s'est formé au cours du dernier demi-milliard d'années. Le sable est une ressource naturelle non renouvelable et est fréquemment utilisé dans la fabrication du béton

(PhotoII.1 : les sable) [9].

**PhotoII.1 : les Sable****II.2.2 sable de dune :**

Les dunes sont un ensemble de masses de sable qui sont entraînées par le vent ; elles se déplacent d'un endroit à un autre ; ce phénomène naturel se produit principalement dans les zones désertiques. Les dunes de sable sont le résultat de facteurs d'érosion ; les roches du désert interagissent avec des températures extrêmes et des rafales de vent continues, démantelant les roches et les brisant en granules de sable de différentes tailles et formes (PhotoII.2 : sable de dune) [9].

**PhotoII.2 : sable de dune**

II.3 Caractéristiques de sable de dune:

Les sables de dune sont constitués à 59% de grains de sable et les quelques ratios restants représentent des granules de cotes et certains résidus d'autres granulés de sable organiques varient en taille de 0.02 à 2,0 mm et sont chimiquement composés des mêmes composants. Les dunes sont homogènes ou hétérogènes et leur couleur est soit jaune clair en raison de la présence de métal quartz et l'absence de matière organique ou de structures rougeâtres pour la présence d'oxydes de fer [9].

II.4 Types des dunes :

II.4.1 Les avant-dunes :

Qui sont des bourrelets plus ou moins fixés par la végétation (oyats par exemples), parallèles au trait de côte et solidaire de la plage, c'est à dire échangeant du sable avec elle, dans un même système sédimentaire. À ne pas confondre avec une ancienne arrière dune en cours d'érosion, ou avec une dune formée par du sable venant de terre sur un secteur ou un avant-dûner active ne pourrait pas se former.

II.4.2. Les falaises dunaires :

N'est pas une vraie dune mais un profil résultant de l'érosion marine d'une dune ancienne fixée par une pelouse ou un boisement qui ont été à l'origine de la formation d'une couche d'humus ou de sol sableux.

II.4.3 Les dunes perchées :

Qui apparaissent au sommet d'une falaise vive ; alimentée en sable par le vent à partir de l'estran, voire à partir du profil de pente, quand il s'agit d'une falaise dunaire.

II.4.4. Les cordons dunaires artificiels :

Qui sont construits de main d'homme, généralement comme élément de protection contre la mer ou d'une zone cultivée et/ou construite. Ils Nécessitent un entretien permanent, sans lequel ils se désintègrent en quelques décennies [10].

II.5 Synthèse bibliographique sur utilisation du sable de dune :

II.5.1 béton à sable de dune :

Les sable de dune dans le béton à travers la substitution d'une partie du sable d'oued par du sable de dune dans la composition du béton et qui a donnée des résistances mécaniques satisfaisantes surtout avec l'addition d'adjuvants et les autres ajouts telle que la fumée de silice, ils sont trouvés que :

- Le comportement d'un béton à sable de dune est similaire à celui d'un béton normal (Essai de compression, essai de traction par fendage, essai de flexion)
- Le béton à sable de dune a une résistance proche à celle d'un béton normal
- L'utilisation d'un superplastifiant améliore la résistance du béton à base de sable de dune de 13% de résistance supplémentaire.
- L'incorporation de fumée de silice participe à l'amélioration de la résistance à la Compression du béton à base de sable de dune ; le gain en résistance est de l'ordre de 30%
- La perméabilité et l'absorption d'eau en masse du béton à base de sable de dune est élevée par rapport à celle d'un béton normal [11].

II.5.2 Béton bitumineux à base des sables de dune :

L'utilisation des sables en techniques routières n'est pas nouvelle. A l'époque déjà, les ingénieurs avaient recours à l'utilisation du sable mélangé à un liant hydrocarboné en particulier pour les couches de roulement. (Ben Dhia,1998). Beaucoup d'études et des réalisations ont été faites. Les principales conclusions de sont les suivantes :

- Des ajouts stabilisateurs comme la chaux et le ciment ont un effet positif sur les performances mécaniques des mélanges à base de sable de dune pour l'utilisation en technique routière avec des pourcentages entre 2 et 10% pour le ciment et 2 et 4% pour la chaux.

- L'augmentation de la densité sèche maximale avec l'ajout du ciment est observée par les chercheurs, du fait de la plus forte densité absolue du ciment.
- La chaux a un effet positif sur l'amélioration de la résistance d'une façon moins importante que pour le cas du ciment. D'une manière générale l'augmentation de la teneur d'ajout conduit à une augmentation de la résistance au cisaillement.
- L'effet de l'origine du sable sur les caractéristiques physiques et mécaniques est très important.

Les chercheurs concluent finalement que l'utilisation des sables de dunes seules ne donne pas des résultats favorables, par contre la correction granulaire et l'ajout de stabilisants, comme le ciment, la chaux, la poussière de cimenterie, tuf volcanique et autres, peuvent donner une amélioration satisfaisante, à condition de faire le bon choix du stabilisant ainsi que la teneur adéquate, permettant de vérifier les essais de durabilité exigés par les normes [12].

II.6. Conclusion :

À la fin de ce chapitre nous pouvons voir que l'utilisation d'un sable de dune dans le domaine de la construction vient toujours avec quelques difficultés en raison de la nature de ce sable. Les différents chercheurs mentionnés dans ce chapitre ou d'autres ont été arrivés à une limite de la capacité d'utiliser ce matériau.

Sur la base de ce principe, dans le chapitre suivant, nous présentons une méthode

Comment utiliser les dunes de sable.

CHAPITRE III :
MATERIAUX ET PROCEDURES
EXPERIMENTALES

III.1. INTRODUCTION :

Après avoir discuté de diverses recherches sur les usages des dunes de sable dans construction, nous voulons offrir une nouvelle perspective, de son utilisation comme Un bon ajout, grâce à la modification de ses propriétés par le mécanisme de broyage mécanique qui en résulte Sur la base des forces de frottement.

III.2. Procédure de broyage :

Le mécanisme utiliser au but de change la forme et les dimensions des grains de sable de dune, nommé « broyage à boulet » qui existe dans différents types de machine (Photo III.1). Le principe de fonctionnement est que lorsque le cylindre tourne, les boulets/billes et le matériau installé dans le cylindre sont mise en rotation. À une certaine hauteur, les boulets tomberont et broyer le matériau.



Photo III.1 : broyeur à boulets à Europe

Ce système ou mécanisme présent dans laboratoire « LTPS » dans l'essai « Micro – deval », l'appareil « MDE » qui contient des cylindres pleins des billes et le matériau « généralement gravillons » applique des efforts de frottement sur ce dernier au but de mesurer la résistance à l'usure par un frottement entre les billes et les gravillons (Photo III.2).

**Photo III.1.2 : l'appareil MDE****Photo III.1.3 : cylindre de l'appareil MDE avec le sable de dune avant broyage**

Ce mécanisme nous permet de broyer le sable de dune avec les billes de « MDE » et étudier l'influence des efforts de frottement sur le sable de dune, nous prenons quatre sables de différentes provenances : Adrar , Ouargla, et Menia, et de ghardaia (Daia). (Photo III.3)

**Photo III.3 : Les sable d'dune**

Les quatres sable de dune soumis un ensembles des essais au but mesures les differents caractérisetiques, sont présentés dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Les résultats des sables de dune

	Dmax	Masse volumique apparente	Masse volumique absolue	Friabilité de sable	Équivalent de sable
Sable de dune "Daïa"	0.5 mm	1.46 g/cm ³	2.61 g/cm ³	10%	46%
Sable de dune "Ouargla"	0.63 mm	1.57 g/cm ³	2.61 g/cm ³	10%	82%
Sable de dune "Menea"	0.63 mm	1.50 g/cm ³	2.64 g/cm ³	11%	58%
Sable de dune "Adrar"	1.25 mm	1.62 g/cm ³	2.57 g/cm ³	8.40%	86%

Nous remarquons que chaque sable à un Dmax différents, le sable de Daïa c'est le plus fines et le sable d'Adrar c'est le plus grossier, les résistances mécaniques aussi bons (inférieure à 40%) et encore le sable de dune de Adrar c'est le plus résistants.

En terme de propreté, mesurer par l'essai équivalents de sable, les sables de Ouargla et Adrar sont plus propres, peut utiliser dans les travaux de bétons, contrairement le sable de dune de Menea et Daïa, malgré ça la propreté médiocre n'empêche pas à utiliser dans les travaux routiers (ES ≥ 45 %)

Chaque sable de dune a été broyé à quatre charges (Énergies) différents, qui nous exprimons par le rapport massique entre la charge en gramme et quantité de sable en gramme aussi, abrégée (C/Q). La quantité de sable est fixe dans tous les opérations de broyage à 500 g de sable de dune. Et les charges sont 1000g « C/Q = 2 », 2000g « C/Q = 4 », 3500g « C/Q = 7 » et 5000g « C/Q = 10 ». Ces charges composent par des billes MDE de diamètre 10 mm, appliqué pendant 12000 tours à une vitesse de 100 tr/min (2 heures), où nous remarquons un changement dans la structure granulaire de sable d'dune, et aussi dans la couleur des grains qui deviens grise pour certaine charge, ce sable de dune après l'essai de MDE devient très fine et change sa structure, ce denier utilise dans le chapitre suivant .

(Photo III.4)

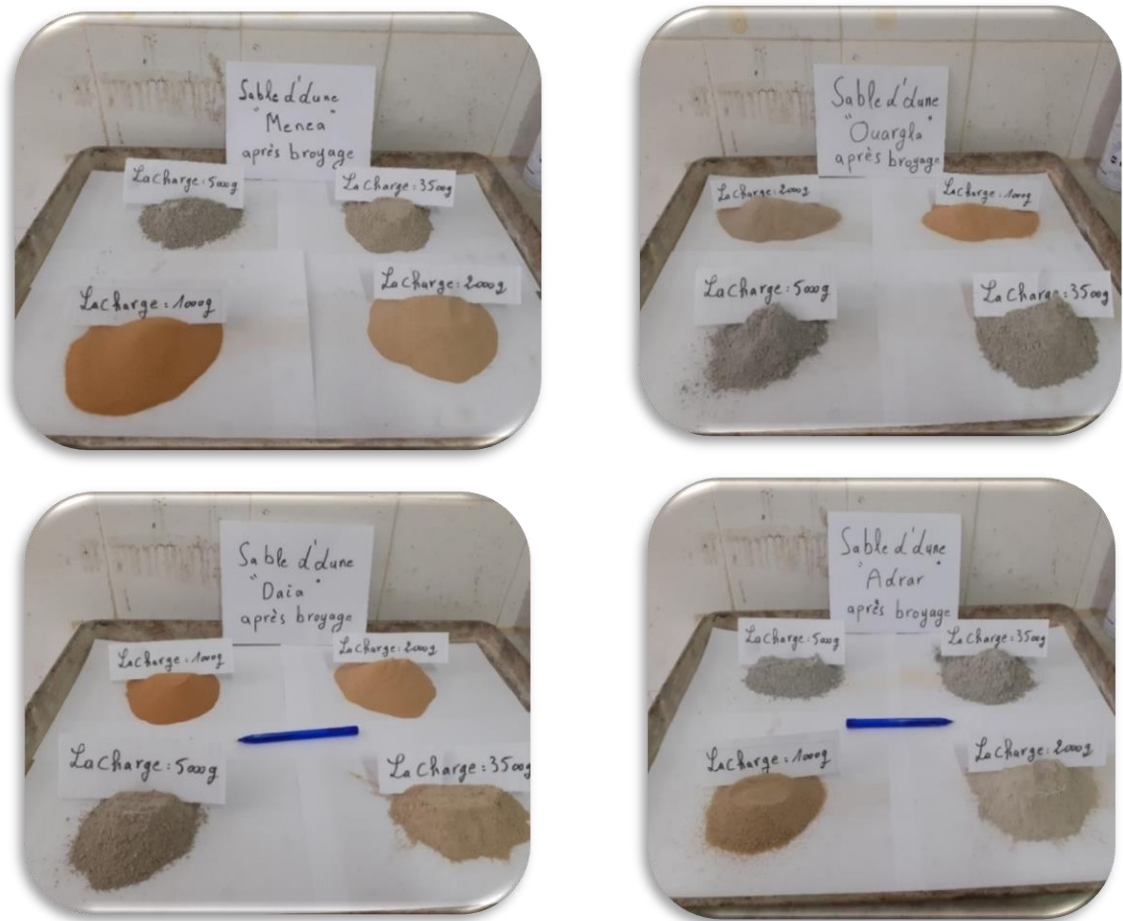


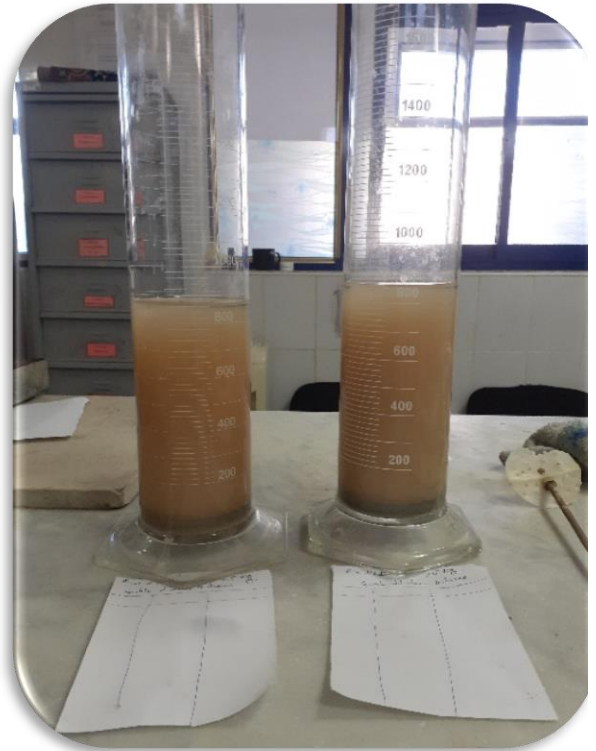
Photo III.4 : Sable de dune après l'essai de MDE a LTPS

III.3 Effet de granularité du sable de dune :

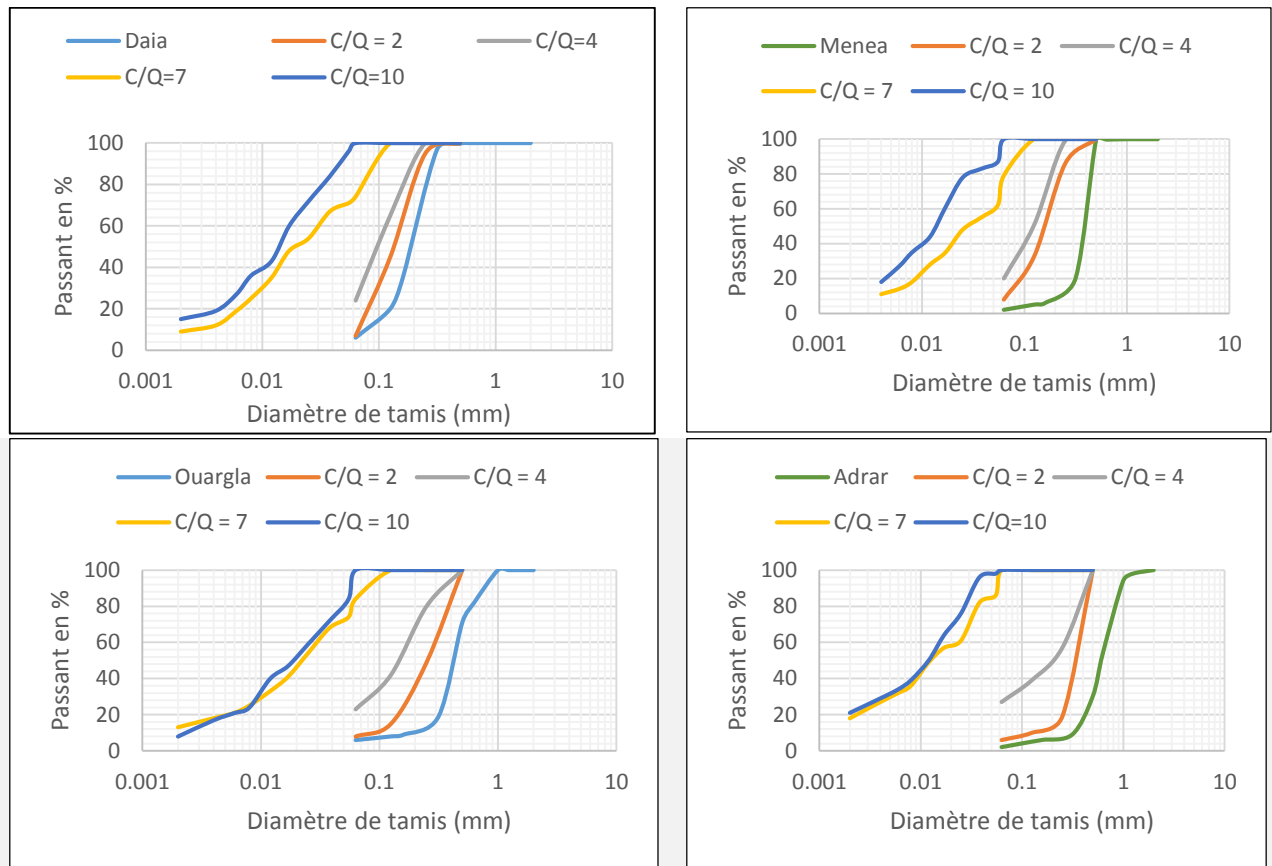
Après l'essai de MDE et le matériau sort a été prise pour étudier un changement dans sa composition granulaire à travers deux essais :

1. Analyse granulométrique par tamisage (NF EN 933 - 1)
2. Analyse granulométrique par sédimentant (NF P 94 - 057)

Obtenons la courbe de distribution granulaire après les changements pendant le processus de concassage.

**a) tamisage à sec (tamis)****b) tamisage sous l'eau (sédimentation)****Photo III.5 : Analyse granulométrique sur les différents fillers.**

Les résultats d'analyses expriment par un les courbes granulométriques présentent dans les figures ci-dessous

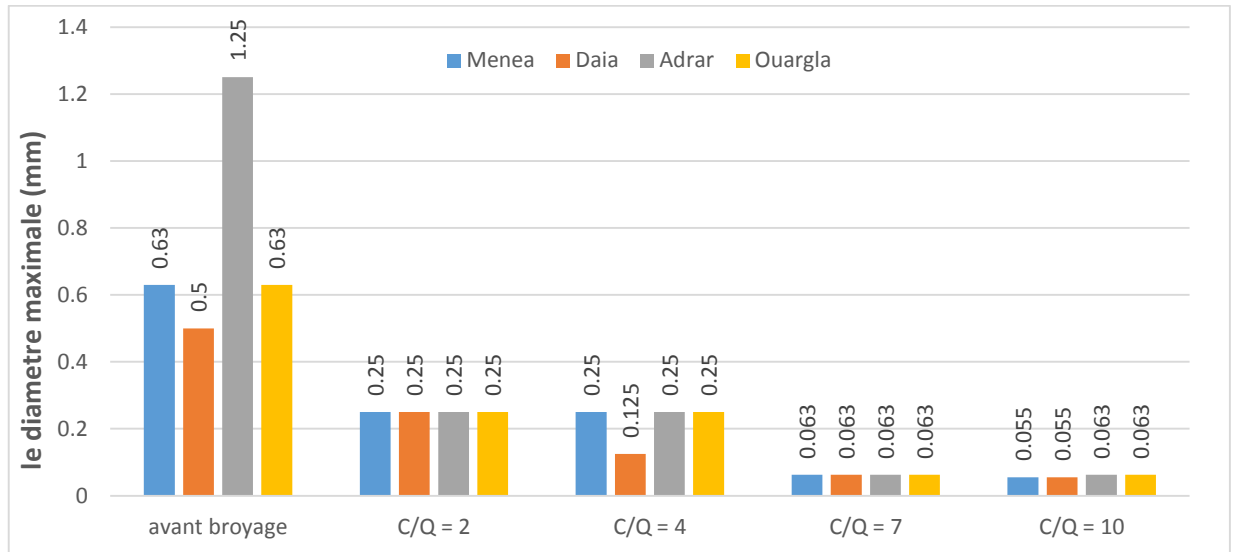


Graphe III.1. Les courbes granulométriques des différents fillers broyés comparativement au sable de dune (après broyage)

On remarque que la granularité a été modifiée après le broyage, le charge de $C/Q = 02$ et 04 ne change pas la forme des courbes d’une façon significative, la forme de courbe reste proche au courbes originaux mais le sable lui-même devenu plus filler. Cette remarque est présente dans la figure III.2 par les valeurs de diamètre maximale.

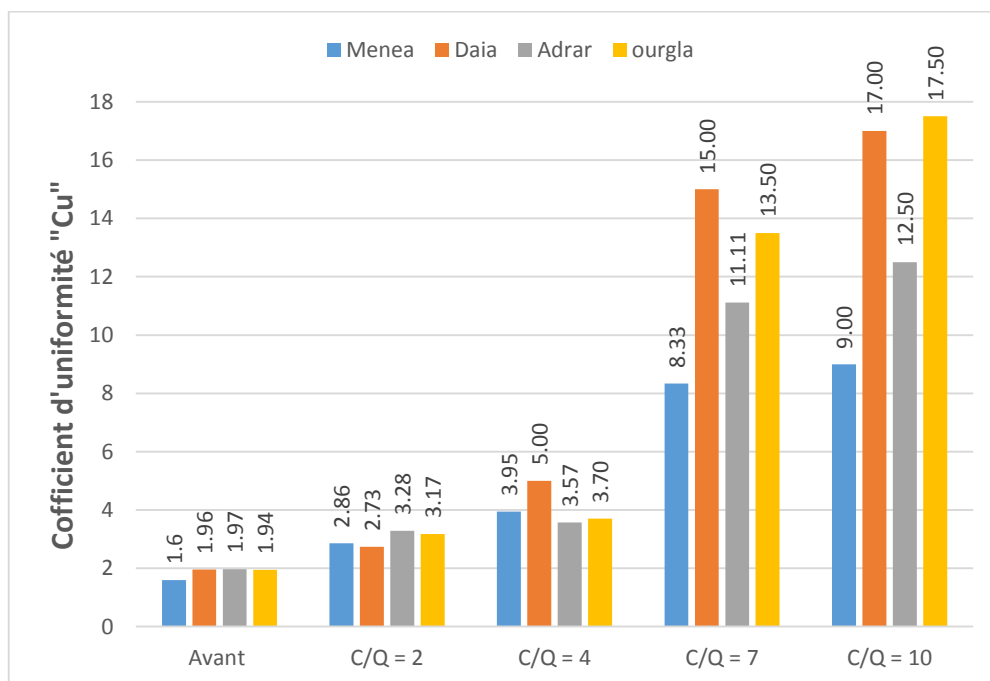
Dans le cas des charges de 07 fois la quantité broyés, nous remarquons que le produit résultant devient plus fin, les diamètres des grains originaux (supérieure à $63 \mu m$) ont complètement disparu et devenir inférieure à 0.125 mm , ce qui signifie qu’il s’agit des fillers, mais il y’a encore des discontinuités dans les courbes granulométriques des différents fillers (le sable après le broyage) qui exprime un manque de quelques diamètres des grains. Cette remarque devenue moins notable dans le cas de $C/Q = 10$, les courbes sont continués, étalée, et les diamètres des grains sont complètement inférieure à $63 \mu m$, exprime que cette charge produits 100% matériaux fines.

Pour confirmer ces résultats par le diamètre maximal « Dmax » et on a calculé les coefficients liés à l'essai granulométrique :



Graph III.2. Résultats de l'essai granulométrique avant et après proyage.

Le Graph III.2 montre clairement le changement de diamètre maximal en fonction la charge des billes appliquée, et nous constons la diminution des diamètres des grains d'un façon importants dans les charges qui compose des poids de billes de 7 fois et 10 fois la quantité de matériaux, le matériau est changes deviens complètement fins ($D_{max} \leq 0.063$ mm)



Graph III.3 les résultats de coefficient Cu sur les quatre fillers

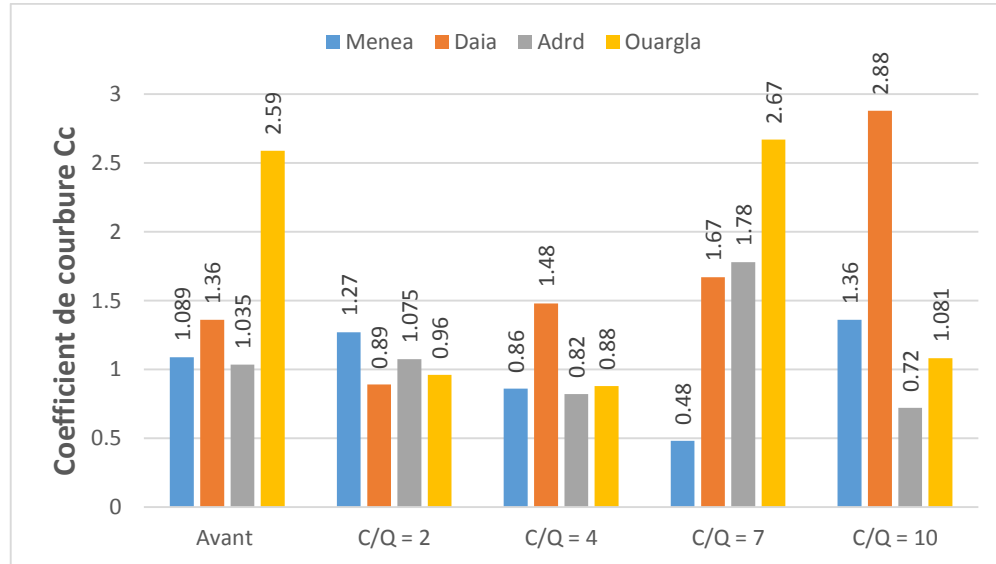
La graphe III.3, montre la valeur de coefficient d'uniformité « Cu » calculé sur la base d'essai analyse granulométrique, les valeurs avant le broyage sont inférieures à 2, d'où il exprime la nature serrée des courbes granulométriques des différents sables de dune qui ne compose pas une variété des diamètres des grains.

L'applications d'une d'un coefficient $C/Q = 2$ arrive à améliorer la qualité du courbe vers une courbes un peu étalée d'où les valeurs sont supérieures à 2.

L'augmentation de la charge par l'augmentation du poids des billes a donné plus de dimensions fines et des courbes granulométriques bien étalée où la moyenne de Cu est de l'ordre 4. Mais quand applique des charges avec $C/Q = 7$ et 10 nous pouvons remarquer la grande augmentation dans la valeur de Cu, qui est d'ordre de 15 qui signifie une grande variété de dimensions.

La qualité des courbes est également importante, les valeurs de Cu ne sont pas suffisantes pour décider si la production de granulats fins par la méthode de broyage est atteinte ou non, et c'est pourquoi nous avons calculé le coefficient de courbure « Cu » par la loi suivante :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad [13]$$



Graphe III.4 les résultats de coefficient Cc sur les quatre fillers

Tout d'abord, on remarque que les sables des dunes ont des coefficient compris entre 1 et 3, ce qui signifie que les courbes sont bien graduées (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de coupure ou

manque de certaines dimensions). d'après ces résultats de coefficient C_c montrent a complètement changé après le broyage, la plupart des cas le coefficient est moins de 1.

Le Coefficient d'uniformité a été calculé selon la loi suivante : $C_c = \frac{(D_{30})(D_{30})}{(D_{60})(D_{10})}$ [13]

III.4 Conclusion :

Le procédé proposé dans ce chapitre pour modifier la granulométrie du sable des dunes afin d'ouvrir une nouvelle possibilité de l'utiliser dans le domaine de la construction, obtenir des nouveaux matériaux les fillers.

Même que le sable des dunes a une bonne résistance aux charges mécaniques telles que la fragmentation, mais le frottement entre les billes et le sable des dunes dans ce processus pourrait modifier profondément ce matériau et en faire un tout nouveau matériau de construction appelé "Fillers"

Ce type de matériau (Filler) est connu, généralement utilisé pour certaines corrections de matériaux composés tels que l'enrobé, ou comme une d'addition minérale dans le béton. La plupart des types de filler sont importées ou une autre alternative utilisée comme le ciment, la chaux.

La production de ce filler à l'aide de sable de dune est une nouvelle voie que nous pensons meilleure puisque notre Sahara est riche de ce type de sable.

CHAPITRE IV :
Présentation Des Résultats

IV.1. Introduction :

L'application des charges de 07 fois et 10 fois la quantité de matériaux sable de dune dans l'appareille MDE, utiliser un mécanisme de broyage à bille produits des fillers siliceux, ces fillers réponds aux exigences et les normes de béton et enrobes que nous permet d'utiliser comme une addition minérale dans le cas de béton et mortier et comme une addition correctrice de béton bitumineux.

IV.2. Application sur le mortier :

Au but d'évaluer l'influence de filler sur le mortier, nous visons de mesurer l'indice d'activité, dans ce sens nous prenons les 04 fillers produits par l'application de charge dix fois la quantités ($C/Q=10$) et nous étudions leurs influences sur un mortier normalise selon NF EN 196-1, par le remplacement partiel de ciment par 10% de fillers on but de mesurer l'indice d'activité selon NF EN 13263 – 1. Les composants du mortier sont :

- Ciment CEM I 32.5 N (Photo IV.1.a).
- Sable normalise conformément à NF EN 196-1 (photo IV.1.b).
- Adjuvants superplastifiant/réducteur d'eau : Sica viscocrete 522 RMX (photo IV.1.c).



Photo.IV.1.a Adjuvant



Photo.IV.1.b sable normalise



Photo.IV.1.c ciment

Photo.IV.1.les produits utilise les matériaux utilisés pour le mortier

Selon la norme NF EN 196 – 1, nous mesurant la résistance à la compression sur les 05 mortiers :

- Mortier normale sans adjuvants (témoin).
- Préparation des mortiers a 10% de fillers pour les 4regions (Adrar, Menia, Daïa, Ouargla).

Le processus de préparation de le mortier a été réalisé à travers les étapes suivantes:

- Préparez un mortier en utilisant les instructions de la norme NF EN 196 – 1 (photo.IV.2.a)
- Remplissez les échantillons dans les moules, après 24h on démoulons les éprouvettes et entrez-les dans la chambre climatique à 20 °C et une humidité ≥ 95 % (Photo.IV.2.b)
- Après 7 jours et 28 jours, les échantillons ont été extraits et placés dans un appareil écrasement d'éprouvette en béton (Photo.IV.2.c)



Photo.IV.2.a : échantillons de mortier



Photo.IV.2.b : chambre climatique



Photo.IV.2.c : appareil écrasement d'éprouvette

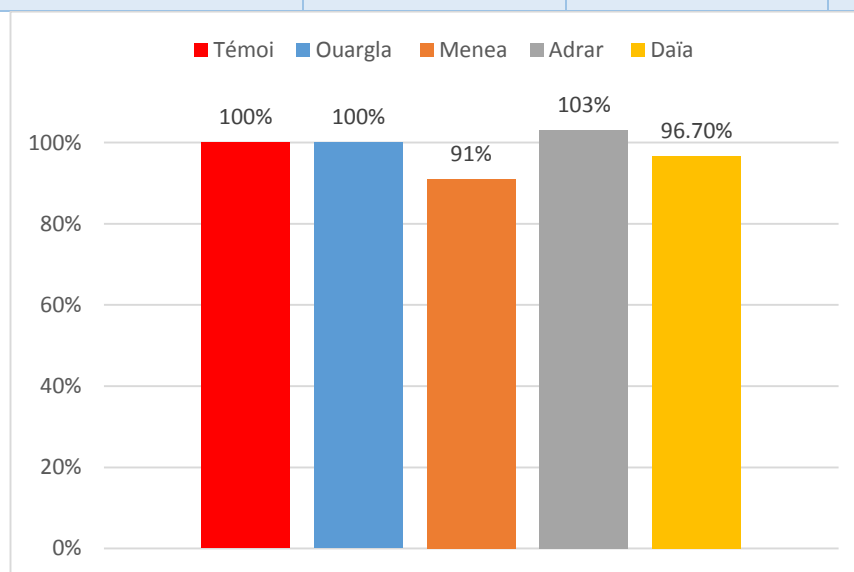
- l'indice d'activité a été calculé selon la loi suivante :

$$I_c = \frac{\text{RC de mortier d'un ciment + Filler}}{\text{RC mortier normalisé}} \times 100$$

Les résultats trouvés présents dans le tableau suivant

Tableau.IV.1 Les résistances à 7 jours et 28 jours des mortiers.

Mortier	Résistance à 07 jours	Résistance à 28 jours	Indice d'activité
100 % Ciment + Sable	28 MPa	33 MPa	-
90 % Ciment + 10 % Filler Ouargla + Sable + Adjuvant	27 MPa	33 MPa	100 %
90 % Ciment + 10 % Filler Menea + Sable + Adjuvant	23 MPa	30 MPa	91 %
90 % Ciment + 10 % Filler Adrar + Sable + Adjuvant	25 MPa	34 MPa	103 %
90 % Ciment + 10 % Filler Daïa + Sable + Adjuvant	26 MPa	32 MPa	96.7



Graphe IV.1 résultats de l'indice d'activité des différents fillers

Les résultats d'indice d'activité sont supérieurs aux exigences demandées par spécification européenne qui est 75%, les indices d'activité sont excellents et même une amélioration est notée dans le cas des fillers de sable de dune d'Adrar.

IV.2 Application sur enrobés:

Afin d'étudier l'effet de filler comme addition correcteur dans les enrobés, nous avons menée l'essai DURIEZ sur 04 béton bitumineux composite de :

- Sable de dune de wilaya d'Adrar
- Sable concassé (0/3) de carrière Alco-Gaz – W.Ghardaïa
- Gravillons (3/8 de carrière Alco-Gaz – W.Ghardaïa
- Gravillons (8/15) de carrière Alco-Gaz – W.Ghardaïa

De plus, chaque béton contient l'un des matériaux les plus fins:

- E1 : filler de sable de dune d'Adrar
- E2 : filler de sable de dune d'Ouargla
- E3 : filler de sable de dune de Menea
- E4 : filler de sable de dune de Daïa

Afin de déterminer le taux de chaque composant, nous avons effectué un processus mathématique selon la méthode de DURIEZ, qui vise de composer un courbe de mélange qui réponds aux exigences granulométriques mentionné dans le tableau IV.2.1

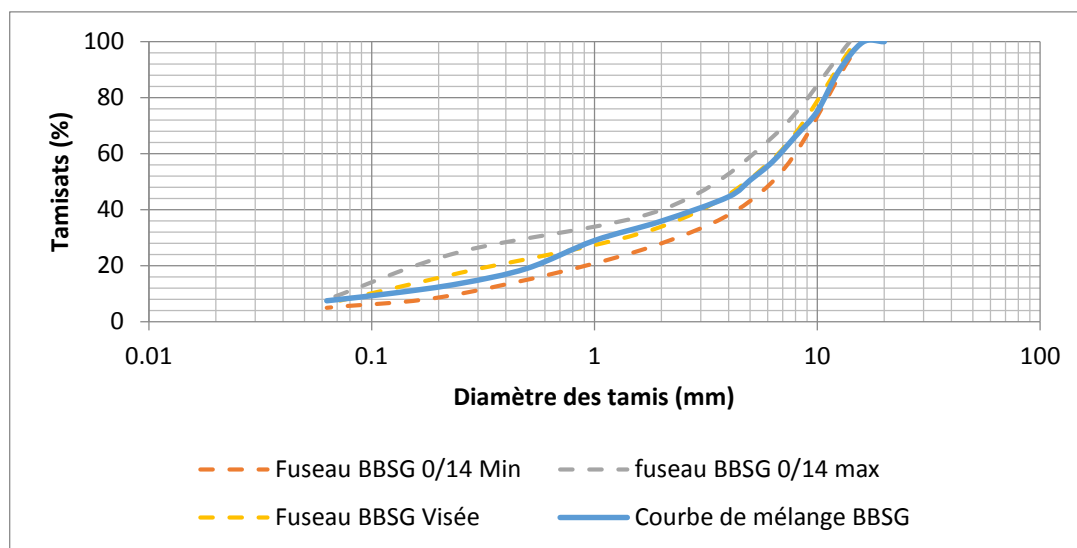
Tableau IV.2 : Granulométrie de fuseau selon LCPC.

Tamis (mm)	Béton		
	Bitumineux 0/14		
	Min	Milieu	Max
14	94	97	100
6.3	50	58	66
2	28	34	40
0.25	10	17.5	25
0.063	5	6.5	8

On obtient les pourcentages suivants :

- 2% de filler.
- 10% sable de dune Adrar.

- 25% Sable concassé (0/3) de carrière Alco – Gaz – W.Ghardaïa
- 27% 3/8 Gravillons (3/8) de carrière Alco – Gaz – W.Ghardaïa.
- 36% Gravillons (8/15) de carrière Alco – Gaz – W.Ghardaïa.



Graphe IV.2 Courbe granulométrique de mélange d'un béton bitumineux 0/14.

Concernant la proportion de liant bitumineux, elle a été déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{Teneur en liant} = K \times \alpha \times \sqrt[5]{\Sigma}$$

D'où :

- **K** : Module de richesse : exprime l'épaisseur d'enrobage
- **α** : Coefficient correcteur des masses volumiques
- **Σ** : Surface Spécifique

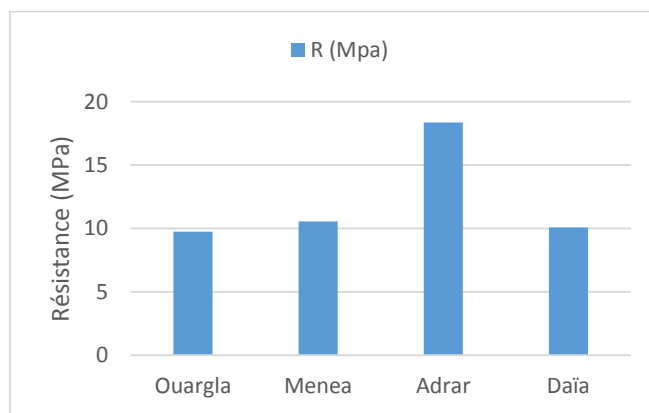
En choisissant le coefficient de $k=3.2$, et en conséquence, nous avons obtenu un pourcentage béton bitumineux estimé à 5,4% (Photo IV.03)

..



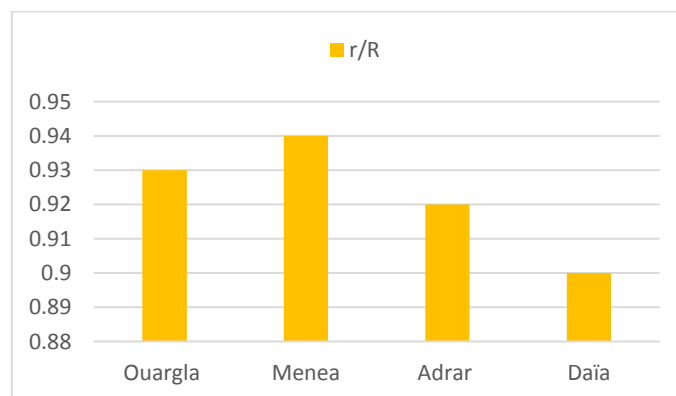
Photo.IV.3 : échantillons de enrobés

Et après avoir mené les essais, nous avons obtenu les résultats suivants :



Graphe III.2.2 : Résultats des Résistance à la Compression

On remarque que tous les enrobés qui compose le filler, donne des résistances répondent aux exigences de la norme ($R \geq 7$ MPa), même que ces enrobés à des sables de dune avec une forme ronds et un état de surface lisse. Dans le cas des enrobés qui contient des fillers de sable de dune de wilaya d'Adrar, les résultats sont excellents et dépasse les résultats usuels.



Graphe III.2.2 : Résultats des rapports d'immersion.

D'après l'essai de duriez le résistance de compression donnent les résultats suivant :

($r/R \geq 0.75$).

IV.3 conclusion :

Les résultats des différentes analyses soient dans le cas de mortier, ou enrobé montre que les fillers du sable de dune à partir le sable de dune quel que soit leur provenance peut être une moyenne de correction, utilisable dans le domaine de BTP, mais l'amélioration des performances Mais et l'augmentation des performances n'ont été constatées au cours de cette recherche que dans un cas, qui est le cas des filler broyé depuis les sable des dunes de Adrar, ce qui nous indice à chercher plus loin dans ce produit.



Conclusion Générale

Conclusion Générale

A fin de cette étude, nous avons conclus, nous pourrions dire que cette nouvelle proposition d'utiliser le sable de dune broyés et de corriger les différents problèmes qui empêchent le sable de dune d'être utilisé dans le BTP, devient possible. Nous pourrions conclure ce projet dans les points suivants :

- Le broyage à billes est une bonne méthode pour broyer les différents matériaux minéraux, même les plus durs comme les dunes de sable.
- Les caractéristiques géométriques, physiques ou mécaniques originales du sable des dunes n'ont pas de relation ou d'effet sur les fillers produit après broyage.
- Le broyage du sable nécessite une énergie importante, le poids des billes nécessaire pour obtenir un produit acceptable pour le BTP est 7 fois le poids de sable de dune, et peut aller jusqu'à 10 fois.
- Le filler produit après broyage avec une énergie importante donne un impact acceptable sur le béton bitumineux et les mortiers, mais ces fillers ne sont pas des produits d'amélioration.
- Le broyage à l'aide de billes à charge importante change la couleur du sable des dunes, qui est passée du jaunâtre ou blanchâtre au gris.

Le travail n'est pas encore terminé avec cette recherche, puisque c'est encore le début et dans ce sens nous donnons quelques perspectives pour des recherches futures :

- Une recherche technique et énergétique sur le broyage du sable de dune, et l'impact de nombre de rotation, le diamètre des billes, de la vitesse de rotation, au but de quantifier l'énergie nécessaire pour produire ces fillers.
- Une recherche de nouvelles possibilités d'utilisation de ces fillers dans le BTP, telles que des essais sur le béton ou le béton autoplaçan



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] : www.univ-bouira.dz « LE BETON ET SES CONSTITUANTS »
- [2] : www.univ-setif.dz « Eau De Gâchage »
Technologie du béton, Edition 1994, Groupement Belge du Béton
- [3] : M. CONTANT : « Confection de bétons légers la fabrication d'éléments architecturaux ». Projet d'application présenté à L'école de technologie supérieure. Ecole de technologie supérieure L'université du Québec Édition. Montréal 14 Avril 2000
- [4] : Richard et Cheyrezy.M 1995.Les bétons de poudres réactives, Annales ITBTP. Série béton 320
- [5] : Jean-Paul Ray et Jean- Luk Blin – Lacroix 2011. Le dictionnaire professionnel du BTP
- [6] : Bitume Québec, (2008) : « Guide de bonne pratique : la mise en oeuvre des enrobes », Bitume Québec, Québec, Canada
- [7] : Steven H. Kosmatka ... et al. : « Dosage et contrôle des mélanges de béton ». 8e éd. Association canadienne du ciment Portland, ISBN : 978-1-896553-22-1
- [8] : www.GenieCivilPDF.com « recueil de spécifications pour matériaux routiers »
- [9] : Dr. Sobhy Derhab « جمهورية مصر العربية 2003 -الكتبان الرملية- »
- [10] : H. Azouz 2009 « Etude de bétons à base des sables de dune » Mémoire de Magister, université Mohamed Kheider Biskra.
- [11] : MÉMOIRE DE MAGISTER. Présenté par AZZOUZ Hocine « Etude des bétons à base des sables de dune ».
- [12] : MÉMOIRE DE MAGISTER. Présenté par CHENINA Fatima Zohra Nacira KHAINECH Ouidad « Utilisation de la poudrette de sable de dune en remplacement partiel du ciment dans la production d'un béton hydraulique ».
- [13] : <https://zied-benghazi.weebly.com>(Chapitre II: Les granulats - Zied BENGHAZI).



Les Annexes

Annexe 01 : Analyse sedimentometrique (Broyage à la charge 5 Kg)

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

**ANALYSE
SEDIMENTOMETRIQUE**

NFP 94 – 057 Mai 1992

Structure : **U/G**

Lieu de travail : **S^{CE} ID**

N° Dossier interne : **PROJET FIN D'ETUDE**

Date : **2022/03/15**

Échantillon : **SABLE DE DUNE ADRAR**

Opérateur : **BOUROURO/ZAABI**

Équipements utilisés : **BALANCE/ETUVE**

N° D'inventaire: **L21.09.15/L49.01.91**

Température ° C	Temps	Durée de chute	R'=R -1000 R : lecture au densimètre	Correction (C)	Lecture corrigée R1=R'+C Ou R1=R'-C	Diamètre (D)	% des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon
24C°	8h13	30 "	24	+0.780	24.780	0.075	100
24C°	8h14	01'	23.5	+0.780	24.280	0.055	98
24C°	8h15	02'	23	+0.780	23.780	0.038	96
24C°	8h18	05'	18	+0.780	18.780	0.025	76
24C°	8h23	10'	15	+0.780	15.780	0.017	64
23.4C°	8h23	20'	12	+0.460	12.460	0.012	50
22.6C°	8h53	40'	09	+0.500	9.500	0.008	38
21.8C°	9h33	80'	08	+0.342	8.342	0.006	34
21C°	10h53	160'	6.5	+0.190	6.790	0.004	27
20.4C°	13h33	320'	05	+0.108	5.180	0.003	21
18.4C°	24 h	1440'	04	-0.440	4.440	0.002	18
-	48h	-				0.001	-

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ANALYSE SEDIMENTOMETRIQUE

NFP 94 – 057 Mai 1992

Structure : **U/G**

Lieu de travail : **S^{CE} ID**

N° Dossier interne : **PROJET FIN D'ETUDE**

Date : **2022/03/15**

Échantillon : **SABLE DE DUNE
OUARGLA**

Opérateur : **BOUROURO/ZAABI**

Équipements utilisés : **BALANCE/ETUVE**

N° D'inventaire: **L21.09.15/L49.01.91**

Température ° C	Temps	Durée de chute	R'=R -1000 R : lecture au densimètre	Correction (C)	Lecture corrigée R1=R'+C Ou R1=R'-C	Diamètre (D)	% des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon
19.4C°	8h13	30 "	25	-0.282	24.718	0.075	100
19.4C°	8h14	01'	23	-0.282	22.718	0.055	92
19.4C°	8h15	02'	21	-0.282	20.718	0.038	84
19.4C°	8h18	05'	18	-0.282	17.718	0.025	72
19.4C°	8h23	10'	15	-0.282	14.718	0.017	60
19.4C°	8h23	20'	12	-0.282	11.718	0.012	47
19.6C°	8h53	40'	10	-0.072	9.928	0.008	40
19.8C°	9h33	80'	8	-0.036	7.964	0.006	32
20.8C°	10h53	160'	5	+0.152	4.848	0.004	20
20.8	13h33	320'	4	+0.152	3.848	0.003	16
20C°	24 h	1440'	02	0000	2.000	0.002	08

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ANALYSE SEDIMENTOMETRIQUE

NFP 94 – 057 Mai 1992

Structure : **U/G**

Lieu de travail : **S^{CE} ID**

N° Dossier interne : **PROJET FIN D'ETUDE**

Date : **2022/03/15**

Échantillon : **SABLE DE DUNE MENEA**

Opérateur : **BOUROURO/ZAABI**

Équipements utilisés : **BALANCE/ETUVE**

N° D'inventaire: **L21.09.15/L49.01.91**

Température ° C	Temps	Durée de chute	R'=R -1000 R : lecture au densimètre	Correction (C)	Lecture corrigée R1=R'+C Ou R1=R'-C	Diamètre (D)	% des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon
20.8C°	8h13	30 "	23	+0.150	23.150	0.075	100
20.8C°	8h14	01'	20	+0.150	20.150	0.055	87
20.8C°	8h15	02'	19	+0.150	19.150	0.038	82
20.8C°	8h18	05'	18	+0.150	18.150	0.025	78
20.8C°	8h23	10'	14	+0.150	14.150	0.017	61
20.8C°	8h23	20'	10	+0.150	10.150	0.012	44
20.8C°	8h53	40'	08	+0.150	8.150	0.008	35
20.8C°	9h33	80'	06	+0.150	6.150	0.006	27
20.8C°	10h53	160'	04	+0.150	4.150	0.004	18
20.8C°	13h33	320'	02	+0.150	2.150	0.003	09
20C°	24 h	1440'	01	0000	1.000	0.002	04

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ANALYSE SEDIMENTOMETRIQUE

NFP 94 – 057 Mai 1992

Structure : **U/G**

Lieu de travail : **S^{CE} ID**

N° Dossier interne : **PROJET FIN D'ETUDE**

Date : **2022/03/15**

Échantillon : **SABLE DE DUNE DAÏA**

Opérateur : **BOUROURO/ZAABI**

Équipements utilisés : **BALANCE/ETUVE**

N° D'inventaire: **L21.09.15/L49.01.91**

Température ° C	Temps	Durée de chute	R'=R -1000 R : lecture au densimètre	Correction (C)	Lecture corrigée R1=R'+C Ou R1=R'-C	Diamètre (D)	% des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon
18.8C°	8h13	30 "	25	-0.214	24.786	0.075	100
18.8C°	8h14	01'	24	-0.214	23.786	0.055	96
18.8C°	8h15	02'	21	-0.214	20.786	0.038	84
18.8C°	8h18	05'	18	-0.214	17.786	0.025	72
18.8C°	8h23	10'	15	-0.214	14.786	0.017	60
18.8C°	8h23	20'	12	-0.214	11.786	0.012	48
19C°	8h53	40'	09	-0.180	8.820	0.008	36
19C°	9h33	80'	07	-0.180	6.820	0.006	28
18.6C°	10h53	160'	05	-0.248	4.752	0.004	19
18.6C°	13h33	320'	04	-0.248	3.752	0.003	15
19.2C°	24 h	1440'	02	-0.144	1.856	0.002	07

Annexe 02 : Les tableau granulométriques des différents fillers broyés

comparativement au sable de dune (après le broyage)

sable de dune	les charges	D 60	D 30	D 10	Cu	Cd
	Avant	0.4	0.33	0.25	1.6	1.089
Menea	C/Q = 2	0.18	0.12	0.063	2.86	1.27
	C/Q = 4	0.15	0.07	0.038	3.95	0.86
	C/Q = 7	0.05	0.012	0.006	8.33	0.48
	C/Q = 10	0.018	0.007	0.002	9.00	1.36
	Avant	0.18	0.15	0.092	1.96	1.36
Daia	C/Q = 2	0.175	0.1	0.064	2.73	0.89
	C/Q = 4	0.125	0.068	0.025	5.00	1.48
	C/Q = 7	0.03	0.01	0.002	15.00	1.67
	C/Q = 10	0.017	0.007	0.001	17.00	2.88
	avant	0.69	0.5	0.35	1.97	1.035
Adrar	C/Q = 2	0.21	0.12	0.064	3.28	1.075
	C/Q = 4	0.125	0.06	0.035	3.57	0.82
	C/Q = 7	0.02	0.008	0.0018	11.11	1.78
	C/Q = 10	0.025	0.006	0.002	12.50	0.72
	Avant	0.35	0.4	0.18	1.94	2.59
Ouargla	C/Q = 2	0.2	0.11	0.063	3.17	0.96
	C/Q = 4	0.185	0.09	0.05	3.70	0.88
	C/Q = 7	0.027	0.012	0.002	13.50	2.67
	C/Q = 10	0.035	0.0087	0.002	17.50	1.081

Annexe 03 : caractéristiques du ciment utilisée



50kg

شامل
CHAMIL

ALGÉRIE



Ciment portland au Calcaire

NA442 CEM II/B-L 32,5 N

CHAMIL Ciment gris pour bétons courants et tous travaux de maçonnerie ; destiné à la construction de votre Maison

CHAMIL
NA442 CEM II/B-L 32,5 N

CHAMIL est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 – 2013) et européenne (EN 197-1)

AVANTAGES PRODUIT

- Un ciment « tout en un » pour construire votre maison : permet de réaliser toutes les étapes de construction
- Un bon comportement pour les travaux de maçonnerie : dressage et talochage
- Un temps de prise étudié pour un usage confortable.
- Un ingrédient idéal pour la composition des mortiers de finition.



APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction de maisons individuelles.
- Tous travaux de maçonnerie.



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment	Sable (sec)	Gravillons (sec)	Eau (litres)
Dosage pour béton	X 1	X 7	X 8	25 L
Mortier de briquetage	X 1	X 6	X 9	35 L
Mortier de finition	X 1	X 9	X 9	35 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Analyses chimiques	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	13,0±2
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2,5±0,5
Teneur en oxyde de magnésium (MgO) (%)	1,7±0,5
Teneur en Chlorures (NA5042) (%)	0,02±0,04

Temps de prise à 20° (NA 230)	Valeur
Début de prise (min)	150±30
Fin de prise (min)	250±50

Composition minéralogique du Clinker (Bogue)	Valeur
C3S (%)	60±3
C2S (%)	7,5±1

Résistance à la compression	Valeur
7 jours (MPa)	≥ 16,0
28 jours (MPa)	≥ 32,5

Propriétés physiques	Valeur
Consistance Normale (%)	27±2,0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	4 300 - 5 500
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	≤ 3,0

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

1- **PROTÉGEZ VOTRE PEAU** : Portez les équipements adaptés dans vos chantiers: casques, lunettes, gants, genouillères, chaussures et vêtements de sécurité.

2- **MANUTENTION** : levez le sac en pliant les genoux et en gardant le dos droit.



Conditionnement: Sac et vrac

LAFARGE ALGÉRIE
Bureau n°02, 16ème étage, tour Geneva,
les Pins maritimes, Mohammadia, Alger.
Tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
de.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
Tél: 021 98 55 55



Annexe04 : caracteristiques sur enrobes utilise

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ESSAI SENSIBILITE A L'EAU DURIEZ SUR MELANGES HYDROCARBONÉS NA 5226 | NF P 98 - 251 - 1

Structure : Unité Ghardaia
N° Dossier interne : SB-MAS-2022
Type de Liant : Ouargla
Presse DURIEZ N°.Inv : L069.15.S.006
ETUVE N°.Inv : L039.15.S.008

Lieu de travail : S^{cc} Hydrocarbones
Date : 16/05/2022
Opérateur : Bellaouar / Boubtima
BALANCE N°.Inv : L022.06.S.002
Enciente N°.Inv : L144.15.S.001

Rapport d'imbibition à J+8	Résistance à la compression à l'air	Rapport d'immersion
$\omega_{(j+8)}$: 0,03	R : 97,43	r/R : 0,933

COMPOSITION		%
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Additif		
Filler		
Liant		

	Date	Heure
Type de malaxeur	/	/
Température de référence du liant	/	/
Milieu d'immersion	EAU + AIR	
Température de conservation	18°	
Date de confection de l'enrobé	15/05/2022	
Date de confection des éprouvettes	15/05/2022	
Heure début de compactage	10h00	
Date et Heure d'immersion	16/05/2022	09h00
Date et Heure d'écrasement	22/05/2022	09h00

F-5-5u.05

I - RAPPORT D'IMBIBITION DES EPROUVETTES

N° Eprouvettes N°	01	02	03	04	05
1/ Poids Eprouvettes Sec					
2 Poids humide					
$\frac{2-1}{1} \times 100$ Rapport d'imbibition	$\omega_{(j+03)} =$				
Rapport d'imbibition moyenne					
2 Poids humide					
$\frac{2-1}{1} \times 100$ Rapport d'imbibition	$\omega_{(j+05)} =$				
Rapport d'imbibition moyenne					
2 Poids humide					
$\frac{2-1}{1} \times 100$ Rapport d'imbibition	$\omega_{(j+08)} =$				
Rapport d'imbibition moyenne					

II - ECRASEMENT & RESISTANCES

N° Eprouvettes		EAU					AIR						
		01	02	03	04	05	01	02	03	04	05		
Poids Eprouvettes	(g)		1026,00	1025,00	1027,00			1000,00	1000,00	1000,00			
Moyenne des hauteurs (H)	(mm)	90,00					90,00						
Moyenne des diamètre des éprouvettes (D)	(mm)	80,00					80,00						
Volume des éprouvettes : (J D ² . H/4)	(cm ³)		452,16	452,16	452,16			452,16	452,16	452,16			
Masse volumique apparente des éprouvettes des par Mesure géométrique (méthode D de NA 5238)	(g/cm ³)		2,27	2,27	2,27			2,21	2,21	2,21			
Masse volumique apparente des éprouvettes selon la norme NA 5238		Méthode : C					Valeur moyenne : 2,22						
Charge totale « F »	Kn		43,79	44,86	45,62			46,81	47,43	49,72			
Résistance à la Compression	Bars		88,90	91,08	92,62			95,04	96,29	100,94			
Résistance à la Compression Moyenne	Bars	r	90,87					R	97,43				
Tenue à l'eau / Rapport d'immersion	/	r/R =						0,933					

L'Opérateur

[Signature]

81 Visa du Responsable



[Signature]

F-5-5u.05

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

**ESSAI SENSIBILITE A L'EAU
DURIEZ SUR MÉLANGES HYDROCARBONÉS
NA 5226 | NF P 98 – 251 – 1**

Structure : Unité Ghardaia
N° Dossier interne : SB-MAS-2022
Type de Liant : Menea
Presse DURIEZ N°.Inv : L069.15.S.006
ETUVE N°. Inv : L039.15.S.008

Lieu de travail : S^{ce} Hydrocarbones
Date : 22/05/2022
Opérateur : Bellaouar / Boubtima
BALANCE N°.Inv : L022.06.S.002
Enciente N°.Inv : L144.15.S.001

Rapport d'imbibition à J+8	Résistance à la compression à l'air	Rapport d'immersion
$\omega_{(j+8)}$: 0,02	R : 105,66	r/R : 0,940

COMPOSITION	%
Fraction	
Fraction	
Fraction	
Fraction	
Additif	
Filler	
Liant	

	Date	Heure
Type de malaxeur	/	
Température de référence du liant	/	
Milieu d'immersion	EAU + AIR	
Température de conservation	18°	
Date de confection de l'enrobé	15/05/2022	
Date de confection des éprouvettes	15/05/2022	
Heure début de compactage	10h00	
Date et Heure d'immersion	16/05/2022	09h00
Date et Heure d'écrasement	22/05/2022	09h00

I – RAPPORT D'IMBIBITION DES EPROUVETTES

N° Eprouvettes N°		01	02	03	04	05
1/ Poids Eprouvettes Sec						
J+03	2					
	$\frac{2-1}{2} \times 100$	Rapport d'imbibition $\omega_{(j+03)} =$				
		Rapport d'imbibition moyenne				
J+05	2					
	$\frac{2-1}{2} \times 100$	Rapport d'imbibition $\omega_{(j+05)} =$				
		Rapport d'imbibition moyenne				
J+08	2					
	$\frac{2-1}{2} \times 100$	Rapport d'imbibition $\omega_{(j+08)} =$				
		Rapport d'imbibition moyenne				

II – ECRASEMENT & RESISTANCES

N° Eprouvettes		EAU					AIR				
		01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
Poids Eprouvettes	(g)		1019,00	1022,00	1020,00			1000,00	1000,00	1000,00	
Moyenne des hauteurs (H)	(mm)	89,00					89,00				
Moyenne des diamètres des éprouvettes (D)	(mm)	80,00					80,00				
Volume des éprouvettes : ($\pi D^2 \cdot H/4$)	(cm ³)		447,14	447,14	447,14		447,14	447,14	447,14		
Masse volumique apparente des éprouvettes des par Mesure géométrique (méthode D de NA 5238)	(g/cm ³)		2,28	2,28	2,28		2,24	2,24	2,24		
Masse volumique apparente des éprouvettes selon la norme NA 5238		2,26					2,24				
Charge totale « F »	Kn		49,17	48,39	49,23		52,02	53,27	50,84		
Résistance à la Compression	Bars		99,83	98,24	99,95		105,61	108,15	103,22		
Résistance à la Compression Moyenne	Bars		99,34				R = 105,66				
Tenue à l'eau / Rapport d'immersion	/		r / R =				0,940				

L'Opérateur

[Signature]

2/2

Visa du Responsable

[Stamp and Signature]

F-5-5u.05

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

**ESSAI SENSIBILITE A L'EAU
DURIEZ SUR MELANGES HYDROCARBONÉS
NA 5226 | NF P 98 - 251 - 1**

Structure : Unité Gharadaia
N° Dossier interne : SB-MAS-2022
Type de Liant : Adrar
Presse DURIEZ N°.Inv : L069.15.S.006
ETUVE N°. Inv : L039.15.S.008

Lieu de travail : S^{ce} Hydrocarbones
Date : 22/05/2022
Opérateur : Bellaouar / Boubtima
BALANCE N°.Inv : L022.06.S.002
Enciente N°.Inv : L144.15.S.001

Rapport d'imbibition à J+8 $\omega_{(j+8)}$: 0,02	Résistance à la compression à l'air R : 183,72	Rapport d'immersion r/R : 0,923
---	--	---

COMPOSITION		%
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Additif		
Filler		
Liant		

	Date	Heure
Type de malaxeur	/	/
Température de référence du liant	/	/
Milieu d'immersion	EAU + AIR	
Température de conservation	18°	
Date de confection de l'enrobé	15/05/2022	
Date de confection des éprouvettes	15/05/2022	
Heure début de compactage	10h00	
Date et Heure d'immersion	16/05/2022	09h00
Date et Heure d'écrasement	22/05/2022	09h00

I - RAPPORT D'IMBIBITION DES EPROUVETTES

N° Eprouvettes N°		01	02	03	04	05
1/ Poids Eprouvettes Sec						
J+03	2	Poids humide				
	$\frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$	Rapport d'imbibition	$\omega_{(j+03)} =$			
		Rapport d'imbibition moyenne				
J+05	2	Poids humide				
	$\frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$	Rapport d'imbibition	$\omega_{(j+05)} =$			
		Rapport d'imbibition moyenne				
J+08	2	Poids humide				
	$\frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$	Rapport d'imbibition	$\omega_{(j+08)} =$			
		Rapport d'imbibition moyenne				

II - ECRASEMENT & RESISTANCES

N° Eprouvettes		EAU					AIR				
		01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
Poids Eprouvettes	(g)		1024,00	1023,00	1022,00			1000,00	1000,00	1000,00	
Moyenne des hauteurs (H)	(mm)			90,00					90,00		
Moyenne des diamètre des éprouvettes (D)	(mm)			80,00					80,00		
Volume des éprouvettes : ($\frac{\pi D^2}{4} \cdot H$)	(cm ³)		452,16	452,16	452,16			452,16	452,16	452,16	
Masse volumique apparente des éprouvettes des par Mesure géométrique (méthode D de NA 5238)	(g/cm ³)		2,26	2,26	2,26			2,21	2,21	2,21	
Masse volumique apparente des éprouvettes selon la norme NA 5238								2,24			
Charge totale « F »	Kn		83,69	84,29	82,73			90,76	89,63	91,09	
Résistance à la Compression	Bars		169,91	171,13	167,96			184,27	181,97	184,94	
Résistance à la Compression Moyenne	Bars	r		169,67			R =		183,72		
Tenue à l'eau / Rapport d'immersion	/		r/R =								

L'Opérateur





 0323
 Visa du Responsable
 رئيس دائرة البحوث
 ومختبر صيانة الطرق

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ESSAI SENSIBILITE A L'EAU DURIEZ SUR MÉLANGES HYDROCARBONÉS NA 5226 | NF P 98 – 251 – 1

Structure : Unité Gharadaia

N° Dossier interne : SB-MAS-2022

Type de Liant :

Daia

Presse DURIEZ N°.Inv : L069.15.S.006

ETUVE N°. Inv : L039.15.S.008

Lieu de travail : S^{co} Hydrocarbonés

Date : 22/05/2022

Opérateur : Bellaouar / Boubtima

BALANCE N°.Inv : L022.06.S.002

Enciente N°.Inv : L144.15.S.001

Rapport d'imbibition à J+8	Résistance à la compression à l'air	Rapport d'immersion
$\omega_{(j+8)}$: 0,03	R : 100,84	r/R : 0,901

COMPOSITION	%
Fraction	
Fraction	
Fraction	
Fraction	
Additif	
Filler	
Liant	

	Date	Heure
Type de malaxeur	/	
Température de référence du liant	/	
Milieu d'immersion	EAU + AIR	
Température de conservation	18°	
Date de confection de l'enrobé	15/05/2022	
Date de confection des éprouvettes	15/05/2022	
Heure début de compactage	10h00	
Date et Heure d'immersion	16/05/2022	09h00
Date et Heure d'écrasement	22/05/2022	09h00

1/2

F-5-5u.05

I – RAPPORT D'IMBIBITION DES EPROUVETTES

N° Eprouvettes N°		01	02	03	04	05
1/ Poids Eprouvettes Sec						
J+03	2					
	$\frac{2-1}{1} \times 100$	Rapport d'imbibition $\omega_{(j+03)} =$				
		Rapport d'imbibition moyenne				
J+05	2					
	$\frac{2-1}{1} \times 100$	Rapport d'imbibition $\omega_{(j+05)} =$				
		Rapport d'imbibition moyenne				
J+08	2					
	$\frac{2-1}{1} \times 100$	Rapport d'imbibition $\omega_{(j+08)} =$				
		Rapport d'imbibition moyenne				

II – ECRASEMENT & RESISTANCES

	EAU					AIR						
	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05		
N° Eprouvettes												
Poids Eprouvettes (g)		1027,00	1030,00	1028,00			1000,00	1000,00	1000,00			
Moyenne des hauteurs (H) (mm)		90,00						90,00				
Moyenne des diamètres des éprouvettes (D) (mm)		80,00						80,00				
Volume des éprouvettes : ($\frac{\pi}{4} D^2 \cdot H/4$) (cm ³)		452,16	452,16	452,16			452,16	452,16	452,16			
Masse volumique apparente des éprouvettes des par Mesure géométrique (méthode D de NA 5238) (g/cm ³)		2,27	2,27	2,27			2,21	2,21	2,21			
Masse volumique apparente des éprouvettes selon la norme NA 5238		2,24						2,22				
Charge totale « F » (Kn)		43,84	45,62	44,79			48,42	49,66	50,92			
Résistance à la Compression (Bars)		89,01	92,62	90,94			98,30	100,82	103,38			
Résistance à la Compression Moyenne (Bars)	r	90,85					R =	100,84				
Tenue à l'eau / Rapport d'immersion (/)		r/R =					0,901					

L'Opérateur

Visa du Responsable

F-5-5u.05