

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued



FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Mémoire de fin d'étude

Présentée pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie civil

Option : matériaux en Génie civil

Présenté par

Messaoudi mohammed said

Bousbia brahim youcef

Djerioui seifeddine

Boubaker bali

Thème

INVESTIGATION EXPERIMENTALE

DU BETON A BASE DE SABLE DE DUNE DE

TAIBET

Devant le jury composé de :

L.BEDADI

Maître de Conférences Class B

U.ELOUED

Encadreur

F . MASMOUDI

Maître de Assistant Class A

U. ELOUED

Président

B.LABIOD

Maître de Conférences Class B

U.ELOUED

Examineur

2022-2023

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde et respectueuse gratitude à Monsieur **L. BEDADI** directeur de ce mémoire, pour avoir suivi attentivement et efficacement l'évolution de ce travail.

Mes vifs remerciements à Monsieur **F. MASMOUDI**, Maître de Assistant Class A à l'université Echahid Hama Lakhder Eloued , pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de juger ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur **B.LABIOD**, Maître de Conférence Class B à Echahid Hama Lakhder Eloued pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner mon travail et de faire partie du jury soutenance.

Que monsieur **SAID WALABI**, directeur du laboratoire "NIZOLAB" et monsieur **SALAH AAIATI** directeur du laboratoire privé à HASSANI ABDE ELKARIMM trouve ma reconnaissance pour m'avoir facilité la réalisation de ce travail

Je ne puis mentionner tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail que ceux qui m'ont aide d'un simple encouragement à un appui continu trouvent ici l'expression de ma reconnaissance très sincère.



بدأنا أكثر من يد و قاسينا أكثر من هم و عانينا الكثير من الصعوبات وها نحن اليوم
الحمد لله نطوي سهر الليالي وتعب الأيام و خلاصة مشوارنا في هذا العمل المتواضع
إلى منارة العلم و سيد الخلق , و إلى رسولنا الكريم سيدنا محمد صلى الله عليه و سلم
وإلى من سعى و تعب لأنعم بالراحة و الهناء , الذي لم يبخل بشيء من اجل دفعي في
طريق النجاح , الذي علمني أن أرتقي , إلى والدي العزيز
الينبوع الذي لا يمل من العطاء إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها إلى
والدتي العزيزة الغالية
إلى من حبهم يجري في عروقي ويلج بذكراهم فؤادي إلى أخواتي و إخواني إلى من
أحببناهم و أحببونا
إلى من سرنا سويا و نحن نشق الطريق معا نحو النجاح و إلى من تكاتفنا يدا بيد و نحن
نقطف زهرة تعلمنا إلى زملائي الأعزاء
إلى من علمونا حروفا من ذهب و كلمات و عبارات و إلى من صاغوا لنا علمهم , و
أفكارهم منارة تنير لنا مسيرة العلم و النجاح , إلى أساتذتنا الكرام و الأستاذ القدير
د. بدادي العيد
وإلى كل من ساهم في انجاز هذا العمل المتواضع

محمد سعيد مسعودي



إلى اليد الطاهرة التي أزلت من طريقنا الأشواك أبي الغالي والي من أغلي
من سكنت قلب وكان دعائها سر نجاحي وفلاحي والي من كانوا لي نعم
السند والعون في مواصلة تعليمي إلي“إخوتي وأخواتي ” إلى من يتجدد بهم
العطاء والأمل“ زملائي ” الذين تظل صورهم وأصواتهم من أجمل اللحظات
والأيام التي عشتها مع زملائي جميعا إلى جميع الي من علمونا حروفا من
ذهب وكلمات من درر و إلى من صاغوا لنا العلم حروف ومن فكرهم منارة
تشير لنا في الوجة الصحيحة للعلم والنجاح وإلى مدرسينا ومعلمينا الكرام
والى استاذنا المشرف الذي كان سارية لنا ومرشدا ماذا عساني أن اقول لكم
في مثل هذا الحدث الجليل الذي تتعطل فيه الحروف وتتجمد الكلمات هل
يسعني أن اشكركم جميعا هل يسعني أن اقول لكم شكر فشكرا لكم من أعماق
قلبي كل الكلمات اليوم تعجز عن شكركم وقلمي اليوم متعثر أمامكم ولأدري
كيف اوفيكم قدر كرمكم فلا أنسى أن أهدي تخرجي هذا إلي من احتضنتني في
جنباتها إلي جامعتي جامعه “حمه لخضر ” العزيزة نحن بالنسبه لك دفعه
ومرت وانتي بالنسبة لنا منارة شامخة وخلدت للأبد في ذاكرتنا.

بوصبيع ابراهيم يوسف



أشكر الله العلي القدير الذي أنعم عليّ بنعمة العقل والدين. القائل
في محكم التنزيل “وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ” سورة يوسف آية
76.... صدق الله العظيم . وقال رسول الله (صلي الله عليه
وسلم):”من صنع إليكم معروفاً فكافئوه, فإن لم تجدوا ما تكافئونه به
فادعوا له حتى تروا أنكم كافأتموه” (رواه أبو داود) . وأثني
ثناء حسنا على ... وأيضا وفاءً وتقديراً وإعترافاً مني بالجميل
أتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهداً في
مساعدتنا في مجال البحث العلمي، وأخص بالذكر الأستاذة الفاضلة:
.... على هذه الدراسة وصاحبة الفضل في توجيهي ومساعدتي في
تجميع المادة البحثية، فجزاها الله كل خير. ولا أنسي أن أتقدم بجزيل
الشكر.....” الذي قام بتوجيهنا طيلة هذه الدراسة , وأخيراً ,أتقدم
بجزيل شكري إلي كل من مدوا لي يد العون والمساعدة في إخراج
هذه الدراسة علي أكمل وجه.

جريوي سيف الدين



كفاني عزا أن تكون لي ربا وكفاني فخرا أن أكون لله عبدا , أنت لي كما أحب
فوفقتني إلى ما تحب.

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لا يأتي بعده وعلى آله وصحبه , لك
الحمد يا أرحم الراحمين لك الشكر حتى ترضى ولك الشكر إذا رضيت .
نحمد الله عز وجل العلي القدير الذي وفقنا على إنجاز وإتمام هذه الدراسة
المتواضعة والتي نتمنى ن تكون قد استوفت مكانتها من العناية والدقة .
كما نتقدم بالشكر الجزيل إلى من كان إشرافه فوق الظنون إلى من سهل ما كان
صعبا علينا وأعطانا يدى العون , فكان مرشد لنا بإنتقاداته وملاحظاته ,
الأستاذ الفاضل بدادي العيد

كما لا يفوتنا أن نبلغ جزيل الشكر إلى كل الاساتذة اللذين ساهموا في تكويننا
إلى جميع من شجعنا للوصول إلى هنا ولم يمتنع عن مقابله لنا وإمداد
يد العون من قريب أو من بعيد إلى كل هؤلاء أسمى عبارات الشكر
والتقدير.

بالي بوبكر

قسم الري والهندسة المدنية

Department of Hydraulics and Civil Engineering

الري والهندسة المدنية

RESUMES

Department of Hydraulics and Civil Engineering

Résumé -

Toutes les études menées dans le cadre des constructions en béton armé et sur la qualité du béton en général sont fait à base de sable normalisé de carrière, d'oued ou de plage à l'état naturel.

C'est un matériau indispensable, malheureusement, sa disponibilité se fait très rare et coûteuse.

Pendant vu la disponibilité du sable de dune à l'état naturel dans le sud en quantité très importante et a bas prix nous avons décidé d'étudier les différentes caractéristiques de ce matériau pour son utilisation dans le béton.

Vu sa granulométrie très fine nous suggérerons que l'étude soit faite avec un mélange de sable de dune plus un autre sable normalisé.

Pour permettre une bonne compacité du béton, la composition de celui-ci sera étudié avec une granulométrie de deux types de gravier (3/8) et (8/15)

L'objectif de l'étude consistera à valoriser ce sable de dune de zone de taibet dans la composition du béton qui permettra de réduire les coûts du mètre cube du béton et l'amélioration éventuelle de ces qualités mécaniques.

La composition du béton sera étudiée suivant les pourcentages suivants avec les différents sables utilisés.

- 100% sable de dune
- 100% sable alluvionnaire
- 20% sable de dune + 80 % sable alluvionnaire.

Qui est donne un bon résultat au niveau de la résistance et Retrait pour le béton et béton de sable de 100% sable alluvionnaire 20% sable de dune + 80 % sable alluvionnaire par rapport au 100% sable de dune.

ملخص

كل الدراسات المنجزة في إطار إنشاءات الخرسانة المسلحة ، تعتمد أساسا على الخرسانة المكونة بالرمل العادي الخاص للبناء و الذي يأتي عادة من المقالع ، الوديان أو شواطئ البحار. فهذه المادة ضرورية جدا في تكوين الخرسانة ، و لكن توفرها اصبح جد نادر و مكلف.

بينما و نظرا لتوفر رمال الكتبان ، في الطبيعة بالمناطق الجنوبية ، بكثرة و بأسعار جد منخفضة ،

قررنا إعداد دراسة تجريبية لخصائص هذه المادة قصد استعمالها في خليط الخرسانة.

نظرا لنعومة رمال الكتبان. استعملنا في خليط الخرسانة ، الرمل العادي المستعمل في البناء ، كما

استعملنا في هذا الخليط نوعين من الحصى، (3/8) و (8/15) و هذا من اجل الحصول على خرسانة مرصوفة.

الهدف من الدراسة ، هو إمكانية تأهيل رمال الكتبان بمنطقة الطيبات لاستعماله في خليط

الخرسانة وخرسانة الرمل و ذلك قصد التقليل من تكلفة المتر مكعب من هذه المادة و التحسين المحتمل لخصائصها الميكانيكية .

اتبعنا في هذه الدراسة إعداد خلانط الخرسانة المختلفة حسب النسب المئوية لكميات رمال الكتبان في

كل خليط و التي هي :

➤ 100 % رمل الكتبان

➤ 100 % رمل المقالع

➤ 20 % رمل الكتبان + 80 % رمل المقالع

والتي أعطت نتائج مرضية بالنسبة للمقاومة والانكماش في 100 % رمل المقالع و 80 % رمل

الكتبان + 80 % رمل المقالع مقارنة مع 100 % رمل الكتبان

Abstract

All studies led in the setting of constructions in reinforced concrete and on the quality of the concrete in general are made to basis of Sand normalise of career, owed or beach, to the Free State.

It is an indispensable material; unfortunately, its availability makes it very rare and expensive.

However seen the availability of the dune sand to the natural state in the South in very important quantity and has low price we decided to study the different features of this material for its use in the concrete.

Seen its very fine granulométrie we will suggest that the survey is made with a mixture of dune sand more another normalized sand.

To permit a good compactness of the concrete, the composition of this one will be studies with a granulométrie of two types of gravel (3/8) and (8/15).

The objective of the survey will consist in valorizing this sand of dune of taibet in the composition of the concrete that will permit to reduce costs of the meter cubes of the concrete and the possible improvement of theirs mechanical qualities.

The composition of the concrete will be studied according to different sand proportion next one used.

- 100% sand of dune
- 100% sand of curry
- 20% sand of dune + 80% sand of curry.

Which gives a good result in terms of strength and shrinkage for concrete and sand concrete of 100% alluvial sand 20% dune sand + 80% alluvial sand compared with 100% dune sand.

SOMMAIRE

Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued	1
Présentée pour l'obtention du diplôme de	1
Filière : Génie civil Option : matériaux en Génie civil	1
Djerioui seifeddine	1
Boubaker bali	1
CHAPITRE - I.....	5
PROPRIETE ESSENTIELLES DU BETON ET BETON DE SABLE.....	5
I.1 Introduction :.....	1
I.2 Béton de sable	1
I.2.1 Définition.....	1
I.2.2 Historique :	2
I.2.3 Domaines d'utilisations :	2
I.3 PROPRIETES DU BETON:.....	5
I.4 A L'ETAT FRAIS :	5
I.4.1 Maniabilité:.....	5
I.5 A L'ETAT DURCI :	7
I.5.1 RESISTANCE:	7
I.5.2 Introduction.....	7
I.5.3 RESISTANCE A LA COMPRESSION :	7
I.5.4 Résistance à la traction :.....	9
I.5.5 Retrait :.....	10
I.5.6 AUSCULTATION DYNAMIQUE :	13
I.5.7 DURABILITÉ :	14
I.6 Conclusion :	15
CHAPITRE - II	16
CARACTERISTIQUE DES GRANULATS ET LEURS INFLUENCES SUR LES BETONS	16
II.1 Introduction :.....	16
II.2 CARACTERISTIQUE DES GRANULATS:.....	17
- Caractéristiques de fabrication:.....	17
II.3 Propreté des granulats:.....	17
II.3.1 Propreté des sables :	18
II.3.2 Propreté superficielle des gravillons :	20
II.4 INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES GRANULAIRES SUR LES BETONS:.....	25

II.4.1	État de Surface des Granulats:.....	25
II.4.2	Forme et texture des granulats:	25
II.4.3	Propreté des granulats :.....	25
II.4.4	Influence de G/S:	26
II.4.5	Dimension Maximale « D »:.....	27
II.4.6	Rapport Granulat –Ciment:	28
II.4.7	Résistance des Granulats:.....	28
II.5	CONCLUSION:	29
CHAPITRE - III	31
III.1	INTRODUCTION:.....	30
III.2	GRAVIER:	30
III.2.1	Masse volumique apparente:.....	30
III.2.2	Masse volumique absolue:.....	31
III.2.3	Essai de propreté:	31
III.2.4	Coefficient d'absorption:.....	31
III.2.5	Analyse granulométrique (NF EN 933-2, 1996) :	32
III.3	SABLE:.....	32
III.3.1	Masse volumique:.....	33
III.3.2	Essai d'équivalent de sable (NF P 18-598, 1991):	34
III.3.3	Analyse granulométrique: (NF EN 933-1, 2012)	35
III.3.4	Module de finesse (NF P 18-304, 1990):	38
III.4	CIMENT :.....	40
III.4.1	Tempe de prise :	41
III.4.2	Surface spécifique de Ciment :	41
III.4.3	Caractéristique mécanique:.....	42
III.5	EAU DE GACHAGE:	42
III.5.1	L'importance de l'eau de gâchage:	42
III.5.2	La composition chimique de l'eau utilisée :	43
III.6	COMPOSITION DU BETON:.....	43
III.6.1	Méthode de formulation:.....	43
III.6.2	Présentation de la méthode (Dreux et Gorisse):	44
III.6.3	Dosage en ciment (C) :.....	44
III.6.4	Dosage en eau (E) :.....	45
III.6.5	Tracé de la courbe granulaire de référence	45

III.6.6	CONFECTION ET CURE DES ÉPROUVETTES :	51
III.7	FORMULATION DU BETON DE SABLE :	52
III.7.1	Caractéristiques du béton de sable :	52
III.8	CONFECTION ET CURE DES ÉPROUVETTES :	52
III.8.1	Moules pour éprouvettes :	52
III.8.2	Confection des éprouvettes :	52
III.8.3	Conservation des éprouvettes :	53
CHAPITRE - IV		54
IV.1	ESSAIS REALISES :	54
IV.2	Pour béton ordinaire :	54
IV.2.1	Essais sur béton frais :	54
IV.2.2	Essais sur béton durci :	55
IV.3	Pour béton de sable :	60
IV.3.1	Essai de traction par flexion:	60
IV.3.2	Essai de retrait :	62
CHAPITRE - V		63
V.1	INTRODUCTION:	63
V.2	Pour béton ordinaire :	63
V.2.1	Résultats des essais sur béton frais :	63
V.2.2	Résultats des essais sur béton durci:	65
V.2.3	Résultats d'essai de rupture de traction par flexion :	66
V.2.4	Résultats de retrait :	67
V.3	Résultats des essais sur béton de sable:	69
V.3.1	Résultats d'essai de traction par flexion:	69
V.3.2	Résultats de retrait :	70
-A-		i
-B-		i
-C-		ii
-D-		iii
-E-		iii
-F-		iii
-G-		iii
-H-		iv
-I-		iv

-J-	iv
-K-	iv
-L-	iv
-M-	v
-N-	v
-R-	vi
-S-	vii
-T-	vii
-U-	vii
-V-	viii
-W-	viii
-X-	viii
-Y-	viii
-Z-	viii

Department of Hydraulics and Civil Engineering



LISTE DE FIGURES

Figure I-1 / mélange sec du béton de sable	1
Figure I-2/ Schématisation de l'essai d'affaissement au cône d'Abrams.....	6
Figure I-3 / Classes de Consistance Mesurées au Cône d'Abrams	6
Figure I-4 / Moule cylindrique (16*32).....	7
Figure I-5 / Appareil pour Mesure la résistance de compression. annexe	8
Figure I-6 / les Essais du traction.....	9
Figure I-7 /Essai du traction pare fendage	9
Figure I-8 / Retrai chimique	11
Figure I-9 / l'fais du retrais thermique.....	11
Figure I-10 / Appareil pour Mesure la vitesse de son	13
Figure II-1 / Détermination de l'équivalent de sable.....	18
Figure II-2 / Dimensions d'un Grain de Granulat	21
Figure II-3/ Influence du Rapport G/C sur la Résistance du Béton (Neville Adam M, 2000).	28
Figure III-1/ courbe granulométrique de gravier (3/8) et (8/15)	32
Figure III-2 / sable de dune (taibet)	33
Figure III-3 / sable mélangé	33
Figure III-4 / sable alluvionnaire de (DJAMAA)	33
Figure III-5 / essai du Équivalents de Sable.....	34
Figure III-6 / les tamis de l'essai du granulométré	35
Figure III-7 / fuseaux préférentiel du béton	35
Figure III-8 / la courbe granulométrie pour sable alluvionnaire	36
Figure III-9 / la courbe granulométrie pour sable de dune.....	37
Figure III-10 / la courbe granulométrie pour sable mélang (SA +SD) ... Error! Bookmark not defined.	
Figure III-11 / la courbe granulométrie pour mélange de sable	37
Figure III-12 / Corps des constituions granulaire abasse de sable SA.....	39
Figure III-13 / Corps des constituions granulaire abasse de sable SD.....	39
Figure III-14 / Corps des constituions granulaire abasse de sable SM	40
Figure III-15 / le ciment utilisé.....	40
Figure III-16 // Courbe optimale type selon la méthode Dreux-Gorisse	45
Figure III-17 / Courbe granulométrique de référence (mm) (éch-log)/ pour SA	47

Figure III-18 / Courbe granulométrique de référence (mm) (éch-log) poure SD.....	48
Figure III-19 / Courbe granulométrique de référence (mm) (éch-log) poure SM.....	49
Figure IV-1 / Essai d'affaissement au cône d'Abrams	54
Figure IV-2 /échantillon cylindrique	56
Figure IV-3 / éprouvettes cylindriques (16 H32).....	56
Figure IV-4 / Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (4 points)	57
Figure IV-5 / essai du traction pare flexion.....	58
Figure IV-6 / Appareille du mesuré le retrait	59
Figure IV-7 / échantillon du mesuré le retrait	59
Figure IV-8 / Dispositif pour l'essai de traction par flexion (3 points).....	60
Figure IV-9 /essais du traction pare flexion – éprouvette(4*4*16).....	61
Figure IV-10 / le valeur de RC	61
Figure IV-11 / Appareillage pour la mesure du retrait (Rétractomètre).	62
Figure IV-12 / mesure du retrait du un échantillon prismatique	62
Figure V-1 / Variation de l'affaissement en fonction de type de béton.....	64
Figure V-2 / Variation de teneur en eau en fonction de type de béton.	64
Figure V-3 // Evolution de la résistance à la compression.....	65
Figure V-5 / Evolution de Retrait en fonction d'âge	Error! Bookmark not defined.

LISTE DES TABLEAUX

Table II- / les classe du maniabilité.....	5
Table I-2 / RC selon le type du béton	8
Table II-1 / Qualité du Sable en Fonction de le Valeur de l'ES.....	19
Table II-2/ Teneur en Fines (f) de le Fraction 0/4 mm	19
Table II-3 / Valeurs Spécifiées de (PS) et (VB)	20
Table II-4 / Valeurs Spécifiées Supérieures du Coefficient d'absorption d'eau	24
Table II-5 / Influence Qualitative des Paramètres d'État de Surface sur la Facilité de Mise en œuvre du Béton et l'Adhérence Pâte – Granulat	26
Table II-6/ Récapitulation des Principales Qualités des Bétons en Fonction de leur G/S et de leur Granularité Continue ou Discontinue	27
Table III-1/ La composition minéralogique du gravier (LTPS, 2005).....	30
Table III-2 / La masse volumique absolue et la masse volumique apparente de Gravier ...	31
Table III-3 / La masse volumique absolue et la masse volumique apparente des sable	33
Table III-4 / Équivalents de Sable	34
Table III-5 / Module de finesse des sables	38
Table III-6 /le Tempe de prise du ciment MATIN	41
Table III-7/ Résistance à la traction et à la compression Caractéristiques mécaniques du ciment (Fiche de Qualité, 2000).....	42
Table III-8 / composition chimique de l'eau.....	43
Table III-9 / les pourcentages des granulats	50
Table III-10 / Pourcentages massique des agrégats	51
Table III-11/Composition du béton de sable étudié.....	52
Table V-1 / Variation de l'affaissement et la teneur en eau en fonction de type de béton ..	64
Table V-2 / La différence des valeurs des résultats de résistance à la compression.....	65
Table V-3 / La différence des valeurs des résultats de résistance à la traction	Error!

Bookmark not defined.

المرى والهندسة
ة المدني

INTRODUCTION GENERALE

Department of
Civil Engineering

INTRODUCTION GENERAL

Le granulat est une matière première indispensable dans l'industrie du bâtiment et des travaux publics. Il est produit et utilisé en très grandes quantités, dans tous les pays du monde ; toutefois les ressources naturelles ne sont pas inépuisables et les lieux d'extraction ne cessent de s'éloigner des lieux de consommation.

Le sable de dune constitue en Algérie un gigantesque gisement, il couvre presque 60% de son Sahara. Cette quantité peut-être adoptée en tant que matériau de construction tel que dans la production de brique et/ou de verre.

Le béton est le matériau le plus utilisé dans le domaine de la construction, les granulats représentent presque 75% du volume du béton. Le taux de sable peut aller jusqu'à 40% de la masse totale du béton. A cet effet, il est intéressant d'étudier la possibilité de valorisation de sable de dune dans la composition du béton.

Objectif de la recherche :

L'objectif essentiel de ce travail est la possibilité d'intégrer le sable de dune dans la masse du béton et béton de sable, pour l'obtention d'un béton avec des caractéristiques satisfaisantes aux critères de construction.

- Pour avoir un bon jugement sur la qualité du béton à base de sable de dune, nous préparons les différents bétons étudiés suivant les normes habituelles, dans les conditions normales, sans aucun adjuvant ou amélioration.

Plan de travail :

Le présent travail de recherche basé sur étude expérimentale d'un béton de sable de dune pour la fabrication de béton et béton de sable, ce mémoire se compose de deux grandes parties :

Une recherche bibliographique et une étude expérimentale.

- **La première partie:** qui est destinée à la recherche bibliographique, se divise en trois chapitres.
- ◇ **Le premier chapitre :** correspondre à la propriété essentielle d'un béton ordinaire, à savoir, l'ouvrabilité, la résistance, le retrait.
- ◇ **Le deuxième chapitre :** Correspond à caractéristiques des granulats et leurs influences sur la propriété de béton.

- ◇ **Le troisième chapitre** : est consacré à la caractéristiques des matériaux utilisé dans les essais de convenue reconnus par les normes AFNOR ainsi que la composition du béton par méthode de - Dreux Gorise
- **La deuxième partie** : est dédiée à l'étude expérimentale ainsi qu'aux interprétations des résultats trouvés et leur comparaison avec ceux de la littérature. elle est présente par le chapitre suivant :
- ◇ **Quatrième chapitre** : caractéristiques des matériaux utilisés et composition des bétons.
- ◇ **Cinquième chapitre** : essais expérimentaux, résultats et interprétation

قسم الري والهيدروليك
الماء
Department of Hydraulics and Civil Engineering

مهندسة المدنية

PREMIÈRE PARTIE

RECHERCHE

BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE - I

*PROPRIETE
ESSENTIELLES DU
BETON ET BETON DE
SABLE*

1.1 Introduction :

Ce chapitre est consacré, aux recherches dans les propriétés essentielles d'un béton de construction, à savoir, l'ouvrabilité, la résistance, le retrait et la durabilité, et leur utilisation dans le domaine de fabrication de béton .

Généralement le béton est un matériau composite, formé de, ciment, eau, granulats (sable et gravier). L'incorporation de gravillons est possible tant que le rapport massique (gravillons/sable) reste inférieur à 0,7. La norme précise qu'on parle alors de béton de sable chargé. A l'inverse des bétons de sable, les bétons traditionnels emploient généralement des granulats (0/15) et (0/25) et comportent, selon l'utilisation envisagée, entre 250 et 450 kg de ciment par mètre cube de béton mais pour des raisons d'ouvrabilité, il ne convient pas de dépasser $G/S = 2$ à 2,2 pour des bétons courants (DREUX G. FESTA J, 1998). Pour ces derniers, et vu l'utilisation de granulats de diamètre maximal, il n'est pas nécessaire de rajouter d'autres fines à part le ciment qui peut à lui seul assurer au béton une compacité maximale.

Toutefois, si on cherche à diminuer la valeur du diamètre au dessous de 16 mm, dans ce cas, et pour garder une compacité maximale, il faut augmenter le dosage en fines (ciment). Ceci se traduit par la règle reproduite par (CHAUVIN J J. GRIMALDI G, 1988). Qui recommandent un dosage en ciment égale à $K/\sqrt{D5}$. Où "K" tient compte des environnements agressifs, variant entre 550 et 700, selon l'usage du béton

La qualité d'un béton dépend de ses constituant qui ont une influence sur son comportement à l'état frais (ouvrabilité), ses performances à l'état durci (résistance mécanique) et sa durabilité au cours du temps (retrait, etc.)

1.2 Béton de sable

1.2.1 Définition

Le béton de sable est un matériau composé de ciment, sable, fillers, eau et. Des gravillons peuvent être ajoutés à raison de G/S (Gravillon/Sable) $\leq 0,7$.

L'amélioration du comportement du matériau peut nécessiter parfois l'ajout de fines et de Fibres (BENAISSA I, 2015).

Les dosages en ciment et eau permettent de le distinguer des mortiers.



Figure I-1 / mélange sec du béton de sable

1.2.2 Historique :

Le matériau trouve son origine dans le « béton aggloméré » mis au point par F.Coignetvers la fin du 19ème siècle. Ce mélange était constitué de ciment, chaux, sable et eau. On retrouve cette technique dans l'édification de la tour de Port Saïd en Egypte (52 mètres). Cependant, le pays où il a été le plus utilisé est incontestablement l'ex URSS.

Après la fin du second conflit mondial, le professeur Rebinder reprit les travaux scientifiques, ce qui a rendu possible la construction de nombreux aérodromes. Le développement de ce béton a autorisé son utilisation à grande échelle jusqu'à des volumes de 1 million de m³ par an.

La pénurie de gros granulats et la disponibilité de grands gisements de sable, notamment dans le sud-ouest Français, autorisèrent l'usage de ce matériau. A cet effet, l'association (SABLOCRETE, 1994). a vu le jour en 1988 en France pour coordonner les travaux de recherche sur ce matériau.

1.2.3 Domaines d'utilisations :

1.2.3.1 Recherche menée dans le golfe d'Arabie:

Suivant le rapport de synthèse des travaux élaboré par (KOTZIAZ, 1971) a préparé un béton à partir du sable de dunes. Ce sable à un module de finesse de 1.5, donc sa granulométrie était en dehors de la limite du fuseau recommandé. Les mélanges proposés dans ce travail sont représentés dans le tableau.

Tableau I-1 - Résultats de résistance obtenue par les mélanges proposés par Kotzias (KOTZIAZ, 1971)

Mélanges	Sable (kg/m ³)	Ciment (kg/m ³)	E/C	RC28 (MPa)
1	1350	460	0.65	12
2	1350	460	0.50	22

Les résultats obtenus dans ce travail sont toujours très insuffisants, et généralement ce béton est destiné aux fondations, murs de soutènement et pour les planchers.

1.2.3.2 Recherches menées en Afrique occidentale:

(TYLER R, 1961) dans son rapport il a collecté toutes les informations disponibles sur les bétons de sable.

En ce qui concerne les matériaux utilisés :

Le sable a une qualité qui varie beaucoup, d'une région à une autre mais généralement il se caractérise par une granulométrie fine. Le module de finesse est de l'ordre de 1.6

Le ciment utilisé, est conforme aux normes britanniques BS12

Pour la composition recommandée c'est : **(1 volume)** de ciment avec **(6 volumes)** du sable.

L'utilisation de cette composition se manifeste dans les blocs des murs. Les résistances en compression de ces blocs, ne dépassaient pas 4.5 Mpa

Dans la même région une autre recherche a été effectuée par (UZOMAKA O J, 1977), au Nigeria dont le but était l'analyse des quelques facteurs comme l'effet de la dimension des particules du sable, qui affecte la résistance des blocs.

(UZOMAKA O J, 1977) a utilisé deux sables différents, un sable de dune très fin, et autre grossier, les résultats obtenus montrent que la résistance augmente avec le sable grossier, ce qui n'est pas le cas pour le sable de dune.

Il apparaît évident, quand il s'agit de sable de dune pour obtenir une résistance égale à celle du matériau coulé avec du sable grossier, on est obligé d'utiliser une grande quantité de ciment.

I.2.3.3 Recherches menées en Algérie:

Dans ce cadre, les premières études ont été lancées par le CNERIB d'où une série de travaux de recherche ont été engagés pour la valorisation de ce matériau dans la masse de béton.

(CHELGOUM F. LOUATI M, 1985). La première étude avait été menée sur un sable apporté de Djelfa vers l'année 1985, ce sable présente une porosité de 45% et classe granulaire de 0/0,63 mm

L'étude consiste en première phase à une recherche d'une formule à dosage optimum en ciment pour le sable utilisé.

- Le dosage en ciment varie de 300, 330 et 350kg/m³
- La granulométrie du sable a été corrigée par l'incorporation des fillers en trois types différents, calcaire, siliceuses et chaux aérienne, les résultats des essais de résistance obtenus lors de cette étude n'ont pas dépassés de 100 bars.

En revanche, la mesure de retrait malgré qu'elle ne dépasse pas le 21 jours, a donné de fortes valeurs, ce qui révèle la médiocrité de ces résultats, si l'on envisage les confections d'un béton de sable structurel à base de sable de dune.

Après quelques années plus tard, une étude apportée par (AHMED-CHAOUICHE A, 1993) consolide les premiers pas dans ce sens.

Cette étude vise principalement, l'étude des propriétés physiques de béton du sable de dune. (AHMED-CHAOUCHE A, 1993) a traité en première étape l'effet du rapport E/C et le dosage en filler calcaire sur la maniabilité de ce béton, ainsi il a pris un aperçu sur l'influence de ces deux paramètres sur la résistance du béton, pour le retrait et le fluage.

Le sable utilisé c'est le sable de dune provenant de la région d'EL Golea, qui présente une granulométrie très fine avec un module de finesse de l'ordre de 1,5.

La composition minéralogique de ce sable, quartzeuse et très peu de portion de feldspath et le gypse.

Pour le ciment c'est le CPA 325

L'étude a commencé par la formulation d'une composition sur la base de maniabilité.

5 valeurs ont été prises pour le rapport E/C : 0,4- 0,5- 0,6- 0,7 et 0,8; Chaque valeur est accompagnée par une variation croissante de concentration en ciment et en sable.

En 2^{ème} étape d'autres séries d'essais ont été effectuées avec l'incorporation des filler et des adjuvants pour le but d'améliorer les propriétés du béton de sable de dune avec le minimum de dosage en ciment. Les compositions obtenues ont subi des essais mécaniques, à savoir les essais de compression et de traction.

Tableau I-2 / La composition optimum aboutie dans l'étude de (AHMED-CHAOUCHE A, 1993)

Mélanges	Sable (kg/m ³)	Ciment (kg/m ³)	Eau (l/m ³)	E/C	Filler (kg/m ³)	Adjuvant (%)
Quantité	1160	400	240	0.6	300	2,8

Par ailleurs les résultats des essais pour cette composition sont:

Tableau I-3/ Résultats des essais de résistance 7 et 28 jours

Mélanges	Compression (bar)	Traction (bar)
7jours	149,18	13,67
28jours	206,00	19,33

Pour les essais de retrait opérés sur cette composition montrent que le béton de sable de dune a une grande valeur de retrait que celle de béton ordinaire, où cette valeur atteint jusqu'à 2,5 mm/m, ces valeurs approuvent fortement avec le dosage en eau et ciment.

En ce qui concerne le phénomène du fluage de béton de sable de dune, et d'après cette recherche, les déformations dépendent toujours de l'état de chargement.

I.3 PROPRIETES DU BETON:

I.4 A L'ETAT FRAIS :

I.4.1 Maniabilité:

L'ouvrabilité est une qualité essentielle du béton, elle peut se définir comme la facilité offerte à la mise en œuvre du béton pour :

- Le remplissage parfait du coffrage,
- L'enrobage des aciers,

Et l'obtention d'un parement brut de belle apparence

La Maniabilité peut s'apprécier de diverses façons et en particulier par des mesures de plasticité. En pratique, on considère qu'un béton est ouvrable s'il a la consistance requise pour les conditions de mise en œuvre considérée.

La Maniabilité peut, en général, être appréciée à partir des tests de consistance par affaissement au **cône d'Abrams**. Elle doit être mesurée et ajustée avant toute opération de bétonnage.

Le Tableau (I-1) suivant indique les quatre classes de consistance, en fonction de l'affaissement mesuré, définies selon les classes de la norme ENV 206 et les notations de la norme NF P18 305 .

Table I-1 / les classe du maniabilité

Classes	Consistance du Béton	Note	Affaissement au Cône (cm)
C1	Ferme	F	4
C2	Plastique	P	5 à 9
C3	Très Plastique	TP	10 à 15
C4	Fluide	FL	16

La Maniabilité dépend de nombreux facteurs, plus particulièrement :

- Granulométrie, surtout pour les éléments fins,
- Angularité des constituants ; granulats concassés ou non,
- Dosage en ciment,
- Emploi d'un plastifiant,
- Dosage en eau.

Cependant, il ne faut pas :

- Augmenté le dosage en eau au-delà d'une certaine valeur dans le seul but d'améliorer l'ouvrabilité.
- Trop augmenter la cohésion du béton qui rend difficile la pénétration de celui-ci dans les moules.

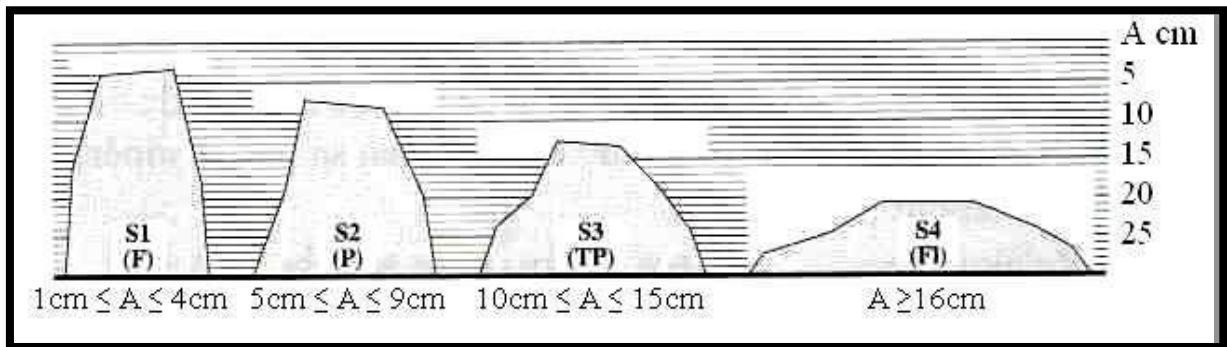


Figure I-2/ Schématisation de l'essai d'affaissement au cône d'Abrams

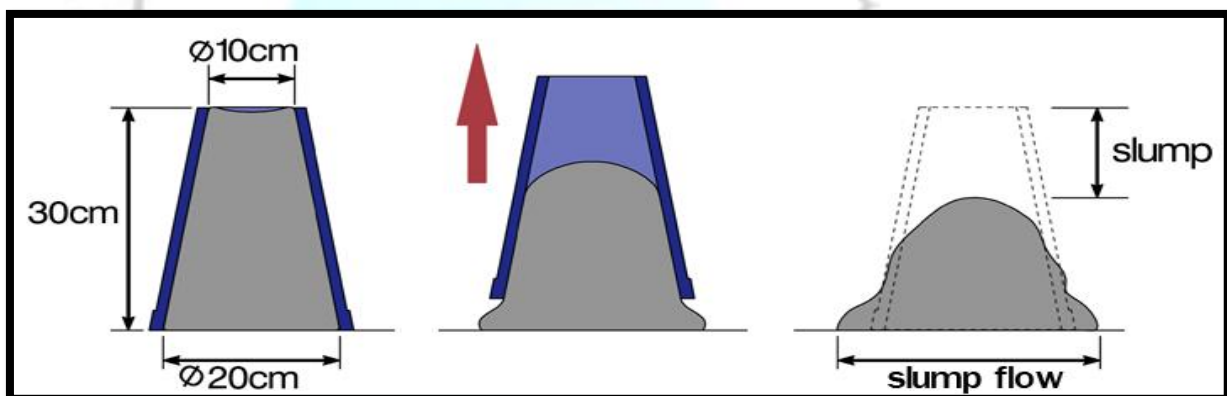


Figure I-3 / Classes de Consistance Mesurées au Cône d'Abrams

Les bétons de sable nécessitent un volume de mouillage important par rapport aux bétons ordinaires et donc, un rapport E/C plus élevé (supérieur à 0,5) que l'on peut réduire en ajoutant des additions en fines, des fluidifiants et des super-plastifiants.

A noter que la quantité d'eau dépend aussi de la granulométrie du sable : plus ce dernier contient beaucoup d'éléments grossiers, plus la maniabilité augmente. Ceci se traduit par une relation entre module de finesse et maniabilité (CASANOVA P, 1996).

I.5 A L'ETAT DURCI :

I.5.1 RESISTANCE:

I.5.2 Introduction

Ouvrabilité et résistance sont des qualités à rechercher de pair pour un béton, car elles sont étroitement liées l'une de l'autre et d'autant plus qu'elles varient en sens inverse en fonction de certains facteurs essentiels de la composition du béton.

Depuis l'origine, le matériau béton est caractérisé essentiellement par sa résistance mécanique, mesurée en général à 28 jours d'âge et contrôlée par des essais destructifs ou non destructifs.

La résistance du béton se présente sous deux aspects essentiels : résistance à la compression et résistance à la traction.

I.5.3 RESISTANCE A LA COMPRESSION :

La résistance en compression est généralement considérée comme la propriété la plus importante du béton, car elle projette généralement une image globale de sa qualité puisqu'elle est directement liée à la structure de la pâte de ciment hydraté

La résistance en compression, désignée par (f_c28), est définie par des essais de compression simple, à 28 jours d'âge, sur des cylindres droits de révolution et d'une hauteur double de leur diamètre.

Le cylindre de $\varnothing = 16$ cm de $H = 32$ cm, est le plus couramment employé. Le diamètre du moule ou de l'éprouvette cylindrique, ne doit pas être inférieur à $4D$. Selon la norme européenne NF EN12390 -1. il convient que la dimension de base du moule « a » soit au moins trois fois et demie supérieure à la dimension maximale des granulats « D » du béton, quel 'éprouvette soit cubique, cylindrique ou prismatique Enfin, le choix du format des moules est Conditionné par la dimension D du granulat.



Figure I-4 / Moule cylindrique
(16*32)

(BENCHAA B. et al, 2012) est un recherche récente qui est étudié Propriétés physico mécaniques et durabilité .des mortiers à base du sable de dunes, les résistances en compression, des mortiers à base de sable mélange (alluvionnaire dunaire) se développe rapidement. Par contre les mortiers à base de sables de dunes, se développe lentement. Les gains de résistances obtenus pour les mortiers à base de sable mélange semblent être directement liés aux propriétés particulières des sables et en particulier le sable alluvionnaire, qui améliore la compacité des mortiers et par la suite la résistance. Nous notons de fortes résistances à la compression pour le mortier MSAD à base du sable mélange par rapport à ceux des mortiers à base de sable de dunes.

A une valeur fixe du rapport E/C, Malgré que le volume de la pâte du ciment est inférieur dans la formulation du béton du sable alluvionnaire, les valeurs de (BOUAZIZ A. et al, 2013)

ce qu'il a trouvé, montrent que le sable alluvionnaire, conduit à des résistances meilleures (gain de 30%) par rapport au sable de dune. La substitution d'une partie de ciment par son équivalence massique en filler calcaire et en sable alluvionnaire peut donner des résultats satisfaisants correspondants à la résistance en compression.

Le rajout de particules fines (sable de dune) n'améliore pas les résistances. L'excès de fines

dans les sables exige le rajout de plus de ciment pour revêtir la surface des granulats (ALBAGHDADIH M. et al, 2010), (WESTERHOLM M. et al, 2008).



Figure I-5 / Appareil pour Mesure la résistance de compression. annexe

Table I-2 / RC selon le type du béton

Dosage (Kg/cm ²)	C.P. (C.P.A) Béton normal				C.P.H.R. (H.R.I) Béton à haute résistance			
	3jours	7jours	28jours	90jours	3jours	7jours	28jours	90jours
150	31.5	49	70	80.5	/	/	/	/
200	49.5	77	110	126.5	/	/	/	/
250	72	112	160	184	99	154	220	253
300	99	154	220	253	130	210	300	345
350	126	196	280	323	171	266	380	438

I.5.4 Résistance à la traction :

La résistance en traction à 28 jours est désignée par f_{t28} . Elle est contrôlée, actuellement, par trois techniques d'essais différentes.

- par traction directe
- par fendage
- par flexion

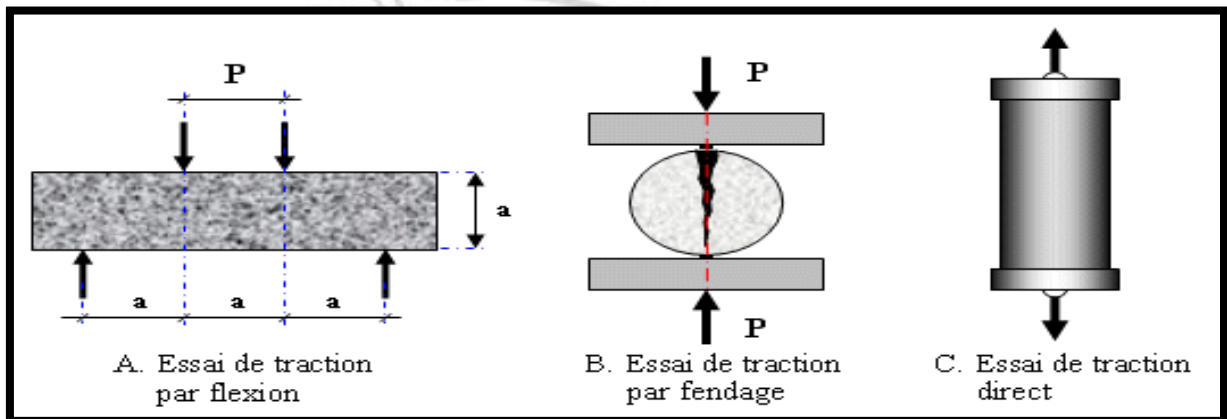


Figure I-6 / les Essais du traction

I.5.4.1 Essais de traction directe :

Cet essai s'effectue par mise en traction de l'éprouvette cylindrique mais l'essai est assez délicat à réaliser car il nécessite, après sciage des extrémités, le collage de têtes de traction parfaitement centrées, l'opération devant avoir lieu sans aucun effort de flexion parasite (DREUX G. FESTA J, 1998).

On obtient alors directement :

$$f_t = F/S \text{ (enMPa)}$$

Avec :

F : La charge appliquée ;

S : La section de l'éprouvette

I.5.4.2 Essais de traction pare fendage :

L'essai, dit « Essai Brésilien », consiste à écraser un cylindre de béton entre les deux plateaux d'une presse de compression suivant deux génératrices opposées.

« L'éprouvette se rompt suivant un plan diamétral sous l'influence des contraintes de traction qui se développent normalement à la direction de la compression. On obtient ainsi, à la rupture, deux demi-cylindres.



Figure I-7 /Essai du traction pare fendage

Si P est la charge décompression maximale produisant l'éclatement du cylindre(en kg), la résistance en traction sera:

$$f_t = 2.P / \pi.L.\varnothing \text{ (en kg/cm}^2\text{)}$$

Avec :

P : charge lue au moment de la rupture,

Ø: Diamètre de l'éprouvette

I.5.4.3 Essais de traction pare flexion :

C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre une éprouvette prismatique, de cote (a) et de longueur (4a), par application d'un moment de flexion constant ($M = (P.a)/2$) entre les deux points d'application de la charge totale de rupture P(en newton).

La contrainte de rupture en traction par flexion est:

$$f_t = 1,8.P/a^2 \text{ (enMPa)}$$

Ceci suppose que la contrainte de traction correspondant sur la fibre inférieur, calculé par la formule de l'élasticité, ($f_t = (M.V)/I$) est affectée d'un coefficient (0,6) dont il valable en moyenne pour le prisme (7x7x28 cm), mais ne l'est plus pour les autres prismes.

- Remarque :

(GUETTALA S. et al, 2013), On a remarqué i que la résistance à la traction est environ 10fois plus faible que la résistance à la compression, de plus, la résistance à la traction s'annule même complètement si des fissures de retrait se sont développées (VIMANEPHOUMMAVONG).

I.5.5 Retrait :

I.5.5.1 Introduction :

Au cours de son évolution, le matériau béton est l'objet de modifications Physicochimiques qui entraînent des variations dimensionnelles (Fiches Techniques, 1997).

En l'absence de toute charge appliquée, le béton se déforme spontanément. Ces déformations sont liées à l'humidité du milieu de conservation (Bentata A, 2004) Dans l'eau se produit une absorption accompagnée d'une augmentation de volume. Ce phénomène porte le nom de gonflement. Dans l'air non saturé, il se produit toujours une perte d'eau suivie d'une diminution des dimensions initiales. Ce phénomène porte le nom de retrait. (Brahma A, 1996).

I.5.5.2 Différentes types de retrait :

En cas de départ rapide d'une partie de l'eau de gâchage, soit par évaporation (rapport surface –volume de pièces élevé, très faible hygrométrie du milieu ambiant, temps chaud,

vent violent), soit par absorption (coffrage, granulats poreux), une contraction importante du béton frais, avant et en cours de prise, peut se produire et causer un retrait rapide du béton qui perturbe également l'hydratation du ciment. Ce retrait sera limité par une bonne 12

1.5.5.2.1 *Retrait chimique :*

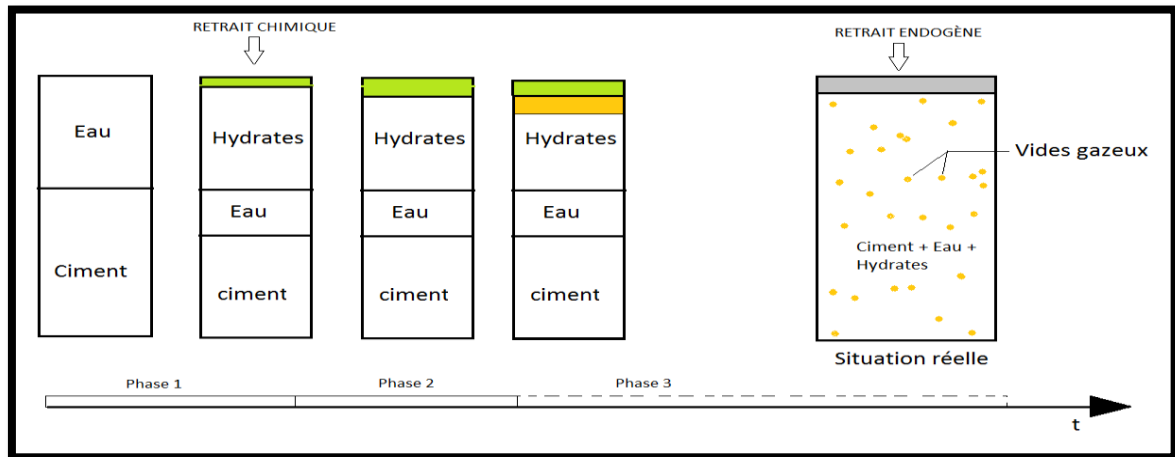


Figure I-8 / Retrait chimique

L'amplitude de la contraction chimique dépend uniquement de la nature du ciment et de la vitesse d'hydratation (fonction par exemple de la température). Le retrait chimique influe sur le retrait endogène [(Turcry Philippe, 2004)].

1.5.5.2.2 *Retrait thermique :*

La prise puis le durcissement du béton s'accompagne toujours d'un dégagement de la chaleur de prise du ciment. Il est donc bien évident que lors du refroidissement le matériau subira une contraction ; ceci dans des proportions non négligeables, surtout pour les ouvrages en grandes masses (GORISSE F, 1978).



Figure I-9 / l'fais du retrais thermique

1.5.5.2.3 *Retrait hydraulique :*

Le retrait hydraulique qui est divisé par deux types.

- **Retrait endogène :** c'est la diminution de volume de la pâte

liante provoquée par son assèchement interne du fait de la consommation de l'eau pour l'hydratation du ciment non encore hydraté; on dit aussi retrait d'auto dessiccation ou retrait d'hydratation.

- **Retrait exogène :** C'est la diminution de volume de la pâte liante, d'un béton conservé dans l'air non saturé, provoquée par l'évaporation de l'eau libre; on dit aussi retrait de dessiccation ou retrait de séchage (GORISSE F, 1978).

Il existe dans la littérature des formules permettant d'estimer le taux d'évaporation en fonction des conditions extérieures (UNO P J, 1998).

Le retrait hydraulique est désigné, la plupart du temps, sans précision, sous le seul nom de: retrait.

La déformation due au retrait que l'on mesure expérimentalement inclut donc une composante relative aux processus physico-chimiques liés aux réactions d'hydratation du ciment (déformations endogènes), et une composante liée au séchage exogène que subit le matériau (De Larrard F, 2002).

Parmi les facteurs agissant sur le retrait sont :

- La nature du ciment : certains ciments sont plus sensibles que d'autres à la dessiccation (ciment à forte proportion de laitier par exemple), La finesse de mouture du ciment : cela nécessite une plus grande quantité d'eau de mouillage. Le retrait d'un béton grandit avec l'augmentation de la finesse de ciment,
- Le dosage en ciment : le retrait augmente avec le dosage en ciment, La quantité d'eau de gâchage: le retrait de la pâte de ciment hydraté est d'autant plus élevé que le rapport eau -ciment est plus élevé, Les vides d'air: l'évaporation de l'eau est facilitée par une forte perméabilité du béton,
- La présence d'éléments fins: proviennent en général de l'emploi de granulats argileux ou de granulats de broyage non dépoussiérés,
- La nature et la granulométrie du granulat : A même granulométrie, les granulats concassés provoquent un retrait plus élevé que le matériaux roulés,
- L'hygrométrie de l'ambiance: Le retrait croît quand l'humidité relative diminue (Brahma A,1996), (KEDJOUR N, 1993)

I.5.5.3 MESURE DU RETRAIT :

Le retrait est un phénomène physico-chimique qui existe de façon systématique au sein du béton et qui se développe sous diverses formes depuis la prise du béton jusqu'à son vieillissement. Il correspond à l'action du départ de l'eau excédentaire du béton vers l'extérieur de l'élément de structure. Le symptôme caractéristique de l'action du retrait sur un ouvrage est la fissuration qui peut être soit orientée, soit multidirectionnelle (El Houssain R, 2004).

Les différents types de fissures de retrait peuvent être classés, suivant leur ordre chronologique d'apparition, en trois types (CALGARO J. et al, 1997).

- **Fissures apparaissant une ou deux heures après le bétonnage** : ces fissures sont provoquées par le tassement du béton frais. Elles sont relativement profondes et

ouvertes et affectent les surfaces horizontales provoquant un gradient vertical de l'ensemble des caractéristiques physiques et mécaniques.

- **Fissures apparaissant juste après le décoffrage** : ces fissures affectent aussi bien les surfaces horizontales que les parements verticaux. Ces fissures sont généralement fines et peu profondes, mais elles peuvent être plus ouvertes lorsque le retrait thermique en est la cause.
- **Fissures apparaissant plusieurs jours ou plusieurs mois après le décoffrage** : ces fissures sont créées par le retrait à long terme. Ce retrait résulte du départ de l'eau en raison de la mise en équilibre hygrométrique de la structure en béton avec son milieu extérieur

I.5.6 AUSCULTATION DYNAMIQUE :

Cette technique est basée sur la vitesse de propagation de son dans les éprouvettes étudiées. Nous dirons, pour simplifier qu'on mesure la vitesse de son en fait se déplacent deux ondes l'une longitudinale, l'autre transversale. On mesure aussi la masse volumique du béton.

La méthode consiste à mesurer la vitesse de propagation des ultrasons traversant le béton à l'aide d'un générateur et d'un récepteur voir figure (). Les essais peuvent être effectués sur des éprouvettes au laboratoire ou sur des ouvrages. De nombreux facteurs influent sur les résultats ; la surface et la maturité du béton et la porosité la, distance de parcours de l'onde, la présence d'armatures (Lin Y. et al, 2003).

Les ultrasons sont une méthode simple et relativement peu coûteuse pour déterminer l'homogénéité d'un béton. Elle peut être utilisée dans le cadre d'un suivi de contrôle de qualité de la production qu'en auscultation d'ouvrage altéré. Cependant elle nécessite un étalonnage rigoureux, les corrélations sont souvent délicates (Malhotra V M. et al, 1991).

Les méthodes normalisées utilisées pour évaluer la qualité du béton dans les structures en béton ne permettent de prendre en compte que des essais destructifs sur des (HANNACHI S. et al, 2011).

La vitesse de son est le rapport de distance d'éprouvette par le temps de propagation d'ondes.

On obtient alors directement: $V=d/t$



Figure I-10 / Appareil pour Mesure la vitesse de son

V: la vitesse de son.

d : la distance entre l'émetteur et récepteur.

t : le temps propagation d'onde.

I.5.7 DURABILITÉ :

Le béton est un matériau durable. Ce qui est essentiel que chaque structure en béton puisse conserver sa résistance et continuer de remplir sa fonction tout au long de sa durée de vie utile. Il en résulte que le béton doit être en mesure de résister aux agressions auxquelles il peut être exposé (Neville Adam M, 2000).

La durabilité des matériaux de construction est un problème très important qui dépend en grande partie de leur exposition à différentes conditions climatiques. Les recherches sur le comportement au stress des matériaux individuels constituent une bonne base d'évaluation de la durée de vie d'ouvrages comme les routes, les ponts, les tunnels et les édifices civils en général.

Le facteur de porosité est influé sur la durabilité, les pores sont des cavités vides ou remplies d'eau dans le béton durci. La porosité C'est le rapport entre le volume de vides (V_v) et le volume total (V_t) d'un corps. La porosité est une propriété volumétrique représentant le contenu des pores qui ne sont pas nécessairement interconnectés, alors que la perméabilité est une propriété d'écoulement qui caractérise la facilité avec laquelle un matériau poreux se laisse traverser par un fluide (AZZOUZ H, 2009).

(FAGERLUND GORAN, 1973) a déterminé la courbe représentant la résistance en fonction de la porosité pour des différents mortiers et béton il trouva les courbes obtenues entre la résistance du béton et la porosité du béton et mortier ont les mêmes formes que celles de la résistance de la pâte de ciment.

La porosité est une caractéristique importante des matériaux cimentaires qui lui confèrent plusieurs caractéristiques telles que sa perméabilité, sa résistance, sa durabilité et son comportement rhéologique. On distingue les pores contenus dans les granulats de ceux se trouvant dans la pâte de ciment. La taille et le volume des pores situés à l'intérieur des granulats n'évoluent pas avec le temps et influent sur la résistance du béton à la corrosion.

Plus la porosité diminue, plus les propriétés mécaniques augmentent et plus la perméabilité Diminue.

Les bétons faiblement poreux sont en général plus durables puisque leur faible perméabilité retarde la pénétration de l'eau, et des autres agents potentiellement agressifs (sulfate de sodium Na_2SO_4 , acide chlorhydrique HCl . etc....).

1.6 Conclusion :

En conclusion, une bonne résistance à la compression est la qualité bien souvent recherchée pour le béton durci. Cette bonne résistance est généralement liée à une bonne compacité, ce qui est favorable à la durabilité du béton.

La résistance d'un béton dépend d'un certain nombre de paramètres, en particulier la classe et le dosage du ciment, la porosité du béton et le rapport du dosage en eau au dosage en ciment (Fiches Techniques, 1997).

La prise puis le durcissement du béton s'accompagne toujours d'un dégagement de la chaleur de prise du ciment. Il est donc bien évident que lors du refroidissement le matériau subira une contraction ; ceci dans des proportions non négligeables, surtout pour les ouvrages en grandes masses (GORISSE F, 1978).

CHAPITRE - II

CARACTERISTIQUE DES GRANULATS ET LEURS INFLUENCES SUR LES BETONS

ciment

Sable

Gravie



II.1 Introduction :

On appelle granulats tout matériau inerte provenant de l'érosion des roches ou de leur concassage et qui entre dans la composition de mortiers et de béton.

Le granulats est un composant important intervenant dans la fabrication du béton. On donnera le nom de granulats à un ensemble de grains inertes destinés à être agglomérés par un liant et à former un agrégat. Le terme agrégat, utilisé pour désigner les granulats, est donc impropre. En effet, un agrégat est un assemblage hétérogène de substances ou éléments qui adhèrent solidement entre eux (le mortier ou le béton par exemple).

Les granulats sont dits « courants » lorsque leur masse volumique réelle est supérieure ou égale à 2t/m^3 . Ils sont dits « légers » dans le cas contraire.

Ils sont désignés par d/D, où d et D représentent la plus petite et la plus Grande dimension du produit.

La dimension des granulats ne peut être quelconque. Elle doit être calibrée et répondre à des critères granulométriques précis qui dépendent de leur utilisation. En effet, le calibrage est une fourchette plus ou moins large obtenue à l'aide des opérations de concassage et de criblage qu'on appelle « classe granulaire », désignée par l'intervalle d – D

La norme française (XP P 18-540, 1997) indique la terminologie usuelle des classes granulaires suivantes selon leurs dimensions :

- Filler 0/D pour $\ll D \gg < 2\text{mm}$ et ayant au moins 70% de grains passant au tamis de 0,63mm;
- Sablon 0/D pour $\ll D \gg \leq 1\text{mm}$ et avec moins 70% de grains passant au tamis de 0,63mm;
- Sable 0/D lorsque $\ll D \gg$ est tel que : $1\text{mm} < D \leq 6,3\text{mm}$;
- Gravier 0/D lorsque $\ll D \gg > 6,3\text{mm}$;
- Gravillons d/D lorsque $\ll d \gg \geq 1\text{mm}$ et $\ll D \gg \leq 125\text{mm}$;
- Ballast d/D lorsque $\ll d \gg \geq 25\text{mm}$ et $\ll D \gg \leq 50\text{mm}$;

Les granulats destinés aux bétons hydrauliques sont classés en plusieurs catégories avec des spécifications particulières pour chacune d'elles :

- La catégorie « A » correspond aux granulats destinés à la confection de béton de qualité (ouvrages d'art ou bâtiments pour lesquels la résistance caractéristique $R_c \geq 35\text{ MPa}$).

- La catégorie « B » correspond aux granulats destinés à de bons bétons, à la condition que leur coefficient d'absorption respecte les spécifications imposées aux granulats de catégorie « A ».

- Pour les bétons courants, les granulats de catégorie « C » conviennent, ainsi que les granulats dont deux caractéristiques au plus sont de catégorie « D » et que les autres correspondent à celles de catégories supérieures, faute de quoi ils ne doivent pas être utilisés dans la confection de bétons courants (DREUX G. FESTA J, 1998).

La classe des granulats est définie par tamisage au travers d'une série de tamis. Les normes (NF EN 933-2, 1996) préconise pour d'étude granulométrique, les tamis dont les mailles sont les dimensions suivantes en mm: (0,63 - 0,125 - 0,25 - 0,50 - 1 - 2 - 4 - 8 - 12 - 31,5 - 63 - 125).

II.2 CARACTERISTIQUE DES GRANULATS:

Les granulats se caractérisent par un certain nombre de propriétés, quel que soit leur usage : en béton hydraulique, en chaussées ou encore en préfabrication. Ces propriétés dépendent :

- De l'origine des granulats : ce sont des caractéristiques liées à la roche ou au produit constituant les grains qu'on appelle « caractéristiques intrinsèques » ;

- Du traitement qu'ils ont subi entre leur extraction et leur passage à l'état de produits finis dans l'usine de traitement : ce sont les caractéristiques liées à l'élaboration des granulats qu'on appelle « caractéristiques de fabrication ». Ces caractéristiques sont mesurées par des essais le plus souvent normalisés (Maillot R, 2001).

- **Caractéristiques de fabrication:**

Il est évident que les granulats occupent la majorité dans la constitution du béton, ce qui révèle l'importance de l'influence des caractéristiques des granulats sur la qualité du béton. La norme expérimentale (XP P 18-540, 1997) définit les caractéristiques des granulats pouvant être utilisés pour la confection de béton hydraulique.

II.3 Propreté des granulats:

L'utilisation des granulats pollués, présence d'argile à la surface des granulats ou autres impuretés, provoquant une baisse des résistances mécaniques et une augmentation du retrait,

sans oublier l'incidence de l'excès d'eau sur les caractéristiques du béton (DREUX G. FESTA J, 1998).

Il est impératif donc, que la propreté des granulats doit être toujours vérifiée, que ce soit, celle des sables ou des gravillons.

II.3.1 Propreté des sables :

Est contrôlée en mesurant l'importance des pollutions argileuses dans les sables par l'essai dit « Équivalent de sable » et l'essai dit « Bleu de méthylène » :

➤ **Équivalent de sable « ES » :**

l'essai consiste à séparer par agitation, dans une éprouvette, au moyen d'une solution lavant, les sables, qui décantent, et les éléments fins qui restent en suspension, comme la figure suivante.

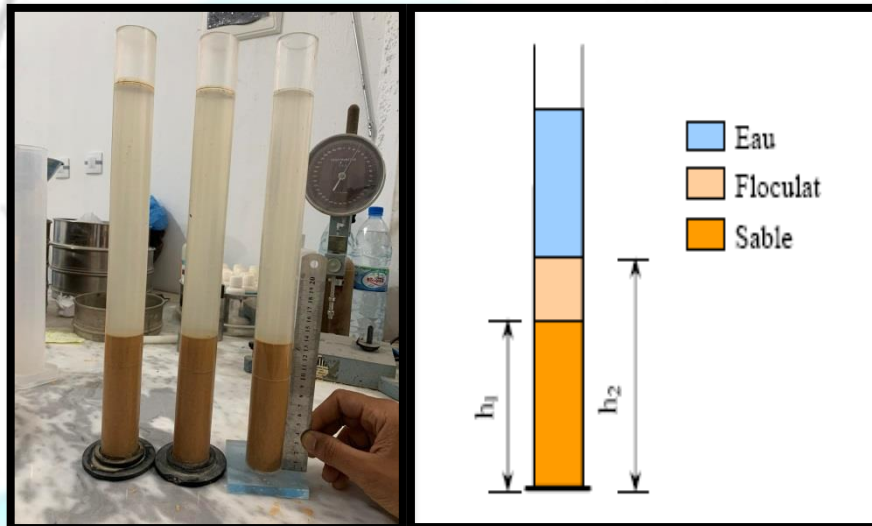


Figure II-1 / Détermination de l'équivalent de sable

On détermine ainsi un « équivalent de sable » dont la valeur est d'autant plus élevée que le sable est exempt d'impuretés argileuses. Dans le cas des sables, le degré de propreté est fourni par l'essai appelé "Équivalent de sable ES"

$$\frac{h_1}{h_2} \times 100 = ES$$

Table II-1 / Qualité du Sable en Fonction de la Valeur de l'ES

ES À VUE	ES PISTON	RENSEIGNEMENT SUR LA QUALITE DU SABLE EN FONCTION DE LA VALEUR DE L'ES.
ESV < 65	ESP < 60	Sable argileux d'où risque de retrait ou de gonflement ; ne doit pas être utilisé dans la confection de bétons de qualité
$75 \leq \text{ESV} \leq 85$	$70 \leq \text{ESP} \leq 80$	Sable propre ; un ESV > 75 permet en fait d'obtenir des bétons de résistance relativement élevée, mais le fascicule 65A spécifie un $\text{ESV} \geq 80$ pour les bétons de résistance > 30 MPa.
$65 \leq \text{ESV} \leq 75$	$60 \leq \text{ESP} \leq 70$	Sable légèrement argileux ; peut être admis à la confection de bétons de qualité courante risquant de présenter un retrait plus important, à moins que l'essai au bleu ne donne une valeur VB ≤ 1.
ESV ≥ 85	ESP ≥ 80	Sable très propre ; la très faible teneur en fines argileuses peut entraîner un défaut de plasticité que l'emploi d'un adjuvant plastifiant doit compenser.

La teneur en fines d'un granulat est définie par le passant à 0,08mm, d'après la norme (XP P 18-540, 1997). La dite norme indique la teneur maximale en fines (Limite supérieure) dans les sables, mesurée sur la fraction 0/4 mm en fonction de la catégorie des granulats. Le tableau II-2 donne la fraction en fines (f) de la fraction 0/4mm.

Table II-2/ Teneur en Fines (f) de la Fraction 0/4 mm

Catégorie	Passant (%) au tamis de 0.08mm
A	Ls 12
B	Ls 15
C	Ls 18
D	Pas de Spécifications

Dans Les cas où la teneur en fines « f » est supérieure à 10%, la propreté des sables est déterminée, sur la fraction 0/2 mm, limitée à 10% de fines, et selon l'essai d'Équivalent de

sable à 10% de fines. Dans Les cas où la teneur en fines « f » est supérieure à 10%, la propreté des sables est déterminée, sur la fraction 0/2 mm, limitée à 10% de fines, et selon l'essai d'équivalent de sable à 10% de fines.

➤ **Essai au bleu de méthylène « VB » :**

Dans les sables concassés ou broyés, le pourcentage des fines peut être important. Elles peuvent avoir une nocivité grande lorsqu'elles contiennent des matières argileuses d'où la nécessité de vérifier au moyen de l'essai au bleu de méthylènes elles sont ou non nocives (DREUX G. FESTA J, 1998).

La norme (XP P 18-540, 1997) indique les valeurs limites d'Équivalent de sable à 10% de fines « PS » ainsi que la valeur spécifiée supérieure de l'Essai au bleu de méthylène «VB » en fonction de la catégorie des granulats. La conformité est obtenue si au moins l'une des valeurs spécifiées de PS ou de VB est respectée :

Table II-3 / Valeurs Spécifiées de (PS) et (VB)

Categories	PS(%)		Ou VB0/D(g)
	Sable d'extraction alluvionnaire	Autre sable	
A	Vsi 65	Vsi 60	Vss1
B,CetD	Vsi 60	Vsi 50	

II.3.2 Propreté superficielle des gravillons :

La présence des impuretés, en particulier, de la gangue argileuse ou des poussières autour des grains dans les bétons, risque de compromettre l'adhérence pâte – granulats et en conséquence diminution de la résistance (DREUX G. FESTA J, 1998).

La propreté superficielle est définie comme étant le pourcentage pondéral de particules inférieures à 0,5 mm, que ces particules soient simplement mélangées ou adhérentes à la surface des granulats supérieurs à 2 mm (NF P18-591, 1990).

La propreté superficielle « P », c'est-à-dire le pourcentage de matières prohibées, vase et argile, éliminées lors de l'essai doit être $\leq 1,5\%$ dans le cas de gravillons n'ayant pas subi de concassage, valeur portée à 3 pour les gravillons de roches massives ou provenant d'extraction alluvionnaire ou marine d'indice de concassage « IC » ≥ 50 si $VB 10 F \leq F VB$ étant la valeur de bleu sur le 0/ 0,125 exprimé en g/kg (l'indice de concassage « IC » est le pourcentage d'éléments $>$ au « D » du granulat élaboré contenu dans le matériau d'origine soumis au concassage) (DREUX G. FESTA J, 1998).

II.3.2.1 *Forme de granulat et coefficient d'aplatissement A:*

La forme d'un granulat est définie par trois dimensions principales :

- Longueur **L** : distance maximale séparent deux plans parallèles,
- Épaisseur **E** : distance minimale séparent deux plans parallèles,
- Grosseur **G** : côté du plus petit tamis laissant passer le granulat.

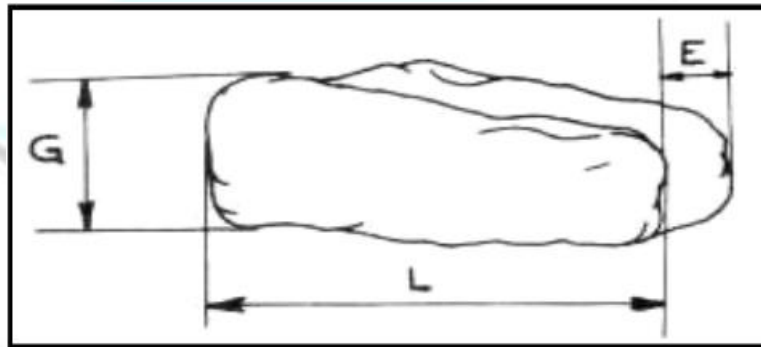


Figure II-2 / Dimensions d'un Grain de Granulat

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

$$G / E > 1.58$$

II.3.2.2 *Granularité :*

La granularité est la distribution par dimension des grains des granulats. Elle permet de déterminer la grosseur e les pourcentages pondéraux respectifs des différentes classes granulaires constituant l'échantillon. Et elle s'applique à tous les granulats dont la dimension nominale est au plus égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers (GORISSE F, 1978).

Elle est déterminée par l'essai d'analyse granulométrique. Cet essai consiste à tamiser la granulats sur une série de tamis à maille carré et peser les refus sur chaque tamis on trace en suite la courbe granulométrique.

La courbe granulométrique traduit la distribution pondérale des grains composant un granulats donné (d/D).

Les résultats sont reportés sur un diagramme semi-logarithmique. L'analyse granulométrique s'effectue en deux temps. Une première étape s'effectue par un tamisage mécanique à l'aide d'une colonne montée sur une source vibrante durant un temps déterminé. La seconde phase (finition) se fait manuellement au niveau de chaque tamis de la série afin d'affiner l'analyse granulométrique (CASSAGNABERE Franck, 2007).

Les courbes granulométriques sont tracées en coordonnées semi logarithmiques. En ordonnée on porte le pourcentage, en poids, des tamisés sous les tamis dont les mailles sont indiquées en abscisse selon une graduation logarithmique.

II.3.2.3 *Module de finesse:*

La finesse du sable est quantifiée par le calcul de son module de finesse à partir de l'analyse granulométrique. Plus le module est faible et plus le sable est riche en éléments fins (GORISSE F, 1978).

Le module de finesse d'un granulats est égale au 1/100 de la somme des refus, exprimés en pourcentages sur les différents tamis de la série suivante :

(0.16 – 0.315 - 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5 – 10 – 20 – 40 – et 80mm)

Le module de finesse étant presque exclusivement vérifié sur les sables, les tamis concernent sont : (0.16 – 0.315 - 0.63 – 1.25 – 2.5 et 5mm.)

Le module de finesse, c'est une caractéristique intéressante qui donne des indications sur le comportement probable d'un mélange de béton fabriqué avec un sable d'une granulométrique donnée. Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse d'environ 2.2 à

2.8 ; au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau ; au-dessus, le sable manque de fines et le béton y perd en ouvrabilité.

La norme XP P 18 - 540 indique une limite inférieure $L_i = 1,8$ et une limite supérieure $L_s = 3,2$ pour les sables de catégories A et B.

II.3.2.4 *Caractéristiques intrinsèques:*

Elles sont liées en général à la qualité de la roche exploitée. A savoir masse volumique réelle, Porosité, absorption d'eau, etc.

II.3.2.5 *Masses volumiques:*

a) La masse volumique apparente d'un granulat est la masse du granulat occupant l'unité de volume, tous vides compris « volume apparent ».

Elle est utile à connaître pour le dosage volumétrique des granulats. Elle varie en fonction de la teneur en eau, notamment pour le sable qui foisonne.

Pour les granulats naturels courants, la masse volumique apparente varie de 1300 à 1600 kg/m³ suivant la nature minéralogique et la teneur en eau .

Par contre, pour les granulats minéraux légers en terre cuite et autres matériaux légers concassés, elle varie de 900 à 1000 kg/m³ pour les gravillons des classes (5/15) à (10/20) et de 1100 à 1300 pour les sables de classe (0/5).

b) La masse volumique réelle d'un granulat est la masse du granulat sec occupant l'unité de volume, vides inter granulaires exclus « volume réel ».

c) La masse volumique absolue d'un granulat est le rapport de sa masse sèche par le volume de matière solide sans aucun vide contenu dans les grains « volume absolu ».

Elle varie assez peu pour la plupart des granulats naturels courants: en moyenne de 2450 à 2650 kg/m³. Sa détermination est nécessaire pour le dosage pondéral des granulats.

II.3.2.6 *Porosité de granulat:*

La porosité des granulats contribue à la porosité globale du béton, vu qu'ils représentent environ les trois quarts du volume du béton.

La porosité est le rapport du volume des vides contenus dans les grains et accessibles à l'eau, au volume réel de l'échantillon : porosité ouverte (NF P 18-554, 1990).

Selon la norme française (NF P 18-557, 1990). la porosité ne se détermine que pour les classes de grains supérieures à 4mm. En dessous de cette dimension, la porosité tend vers zéro et joue un rôle moins important dans l'ensemble du granulat.

D'après René Lesage, la méthode de détermination de la porosité n'est guère applicable aux sables à cause des difficultés expérimentales. Par ailleurs, la porosité qu'il faut prendre en compte dans les études de formulation de béton, est généralement très faible dans

les cas des sables. Le seul cas particulier est celui des sables de granulats légers, pour lesquels on est tenu de prendre en compte la porosité totale. La porosité des granulats exprimée en % est le rapport du volume de vide contenu dans le grain au volume absolu des grains.

Pratiquement on le détermine en multipliant par 100 la différence entre les volumes des grains à l'état saturé sans vide et l'état sec.

II.3.2.7 Coefficient d'absorption:

La plupart des granulats stockés dans une atmosphère sèche pendant un certain temps, peuvent par la suite absorber de l'eau. Le processus par lequel le liquide pénètre dans la roche et l'augmentation de poids qui en résulte est appelé absorption.

L'absorption peut varier dans de très larges mesures suivant la nature du granulat. Elle peut varier de 0 à plus de 30 % du poids sec pour granulat léger.

Le coefficient d'absorption d'eau «A b » est défini comme étant le rapport de l'augmentation de masse de l'échantillon entraînée par une imbibition partielle en eau pendant 24 h, à la masse sèche de l'échantillon (NF P 18-555, 1990). En effet, il permet de mesurer le volume des pores accessibles à l'eau. Plus sa valeur est élevée, moins la Durabilité du béton est assurée dans un milieu agressif .

La norme (XP P 18-540, 1997) indique les valeurs spécifiées supérieures du coefficient d'absorption d'eau «Ab » en fonction de la catégorie des granulats, tableau (...)

Table II-4 / Valeurs Spécifiées Supérieures du Coefficient d'absorption d'eau

CATEGORIE	VSS en %
A	2,5
B	5
C	6
D	Pas de specification

En general, les granulats naturels utilisés pour la confection du béton sont peu poreux et n'absorbent pratiquement pas d'eau lorsqu'ils sont gâchés avec le ciment et l'eau. Par contre, des granulats artificiel, tels le LECA (Light expanded cla aggregate = agrégats légers expansés d'argile), sont poreux. Il faut alors tenir compte de l'absorption de l'eau par les granulats lorsque l'on détermine la quantité d'eau requise pour fabriquer le béton.

II.4 INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES GRANULAIRES SUR LES BETONS:

II.4.1 État de Surface des Granulats:

L'état de surface d'un granulats (forme, rugosité, angularité et propreté) n'influe pas que sur l'adhérence pâte – granulats, il influe également sur l'aptitude du béton à être mis en œuvre c'est-à-dire à être malaxé, transporté, mis en place (ATHIL, 1998).

II.4.2 Forme et texture des granulats:

L'état de surface d'un granulats (forme, rugosité, angularité et propreté) n'influe pas que sur l'adhérence pâte – granulats, il influe également sur l'aptitude du béton à être mis en œuvre c'est-à-dire à être malaxé, transporté, mis en place.

La forme des granulats influence surtout sur les propriétés du béton frais. Pour une maniabilité donnée, la forme la plus souhaitable se rapprochant de la sphère.

En effet, la mise en place d'un béton exige un excès d'eau pour lubrifier les grains du mélange de façon à atteindre une ouvrabilité normale. Cet excès d'eau sera d'autant plus faible que les grains seront plus arrondis ou cubiques. Une mauvaise forme (aiguilles, plats) nécessite une quantité d'eau plus élevée et peut provoquer des défauts d'aspect (DREUX G. FESTA J, 1998) et (Figoli, 1985).

La rugosité de la surface des granulats influe sur la résistance des bétons. Les granulats concassés ont une surface rugueuse et de forme angulaire, ce qui assure une meilleure adhérence pâte de ciment – granulats, et par conséquent une meilleure résistance du béton fabriqué avec les granulats concassés (KOMAR A, 1978).

II.4.3 Propreté des granulats :

Les granulats enrobés d'impuretés telles que la gangue argileuse ou des poussières fines risquent, d'une part, de rendre la mise en œuvre du béton beaucoup plus difficile, d'autre part, de compromettre leur adhérence avec la pâte de ciment.

Le Tableau suivant, présente l'influence qualitative des paramètres d'état de surface sur la facilité de mise en œuvre du béton et l'adhérence pâte – granulats (ATHIL, 1998).

Table II-5 / Influence Qualitative des Paramètres d'État de Surface sur la Facilité de Mise en œuvre du Béton et l'Adhérence Pâte – Granulat

Caractéristique du granulat	Mise en œuvre	Adhérence
Mal propreté du granulat	Défavorable	Très défavorable
Granulé roulé (angularité faible ou nulle)	Favorable	Défavorable
Granulé concassé (angularité maximale)	Défavorable	Favorable
	/	/
Forme mauvaise (granulats roulés)	-	Défavorable
Forme mauvaise (granulats concassés)	Défavorable (lentilles d'eau sous les grains)	Très défavorable (lentilles d'eau sous les grains)
Rugosité des faces des grains	-	Très favorable

II.4.4 Influence de G/S:

Le rapport G/S exprime le rapport volumique entre le dosage en gravier (G) et le dosage en sable (S).

Selon Dreux et Festa, l'influence de la composition granulométrique sur la composition des bétons est relativement faible, tant en ce qui concerne les proportions relatives de sable et de gravillon (rapport G/S) que la continuité ou la discontinuité de la courbe granulométrique.

En effet, l'influence du rapport G/S est relativement faible pour des $G/S \leq 2$ (valeurs les plus courantes), tandis que la résistance augmente plus sensiblement pour des valeurs plus élevées de G/S surtout pour les bétons fermes ; mais pour des raisons d'ouvrabilité, il ne convient pas de dépasser $G/S = 2.0$ à 2.2 pour les bétons courants, sauf à prendre des précautions particulières à la mise en œuvre.

Le Tableau III-6 ci-après récapitule les principales qualités des bétons en fonction de leur G/S et de leur granularité continue ou discontinue

Table II-6/ Récapitulation des Principales Qualités des Bétons en Fonction de leur G/S et de leur Granularité Continue ou Discontinue

CARACTERISTIQUES	APPRECIATIONS CONCERNANT LES BETONS	
	avec G/S élevé par rapport à ceux à G/S faible	avec granularité discontinue par rapport à ceux à granularité continue
Ouvrabilité	Moins bon surtout pour $G/S > 2,2$	Moins bon surtout si $G/S > 2,2$
Résistance en compression	Meilleure, surtout pour $G/S \geq 2,2$	Très légèrement supérieure
Résistance en traction	Sans corrélation apparent	Très légèrement inférieure
Module d'élasticité	Sans corrélation très nette sauf pour le module statique un peu plus élevé en fonction de G/S	Un peu plus élevé
Vitesse du son	Sans corrélation très nette	Légèrement supérieure
Indice sclérométrique	Un peu supérieur	Très légèrement supérieur
Retrait	Sans corrélation très nette	Moins élevé surtout si $G/S > 2,2$
Compacité, densité	Légèrement plus élevée pour $G/S > 2,2$	Un peu plus élevée

II.4.5 Dimension Maximale « D » :

Un béton tire du granulat une bonne part de sa résistance et plus particulièrement du gros granulat. La contrainte de rupture à partir de laquelle se développent les fissures dépend en grande partie des propriétés de gros granulat.

En effet, l'adhérence pâte – granulat est influencée par les propriétés de surface et, à un certain degré, par la forme des gros granulats. D'où la nécessité d'employer des granulats de qualité, et de dimension maximale, celle-ci devant rester compatible avec une bonne facilité de mise en œuvre.

Par ailleurs, la dimension « D » du granulat se trouve limitée par différentes considérations concernant l'ouvrage à bétonner. À savoir l'épaisseur de la pièce, l'espacement

des armatures, la densité du ferrailage, la complexité du coffrage, la possibilité et l'efficacité du serrage à la mise en œuvre, risque de ségrégation, etc.

II.4.6 Rapport Granulat –Ciment:

L'augmentation de la teneur en ciment (rapport G/C faible) affecte la résistance de tous les bétons de moyennes ou hautes résistances, c'est-à-dire, dépassant environ 35 MPa. Le rapport G/C est un facteur moins important quant à la résistance, mais, pour un rapport eau/ciment constant, il a été démontré qu'un béton plus faiblement dosé en ciment était plus résistant.

D'après Neville, l'explication la plus probable provient toutefois du fait que la teneur totale en eau du béton est plus faible dans un béton faiblement dosé en ciment que dans un béton fortement dosé.

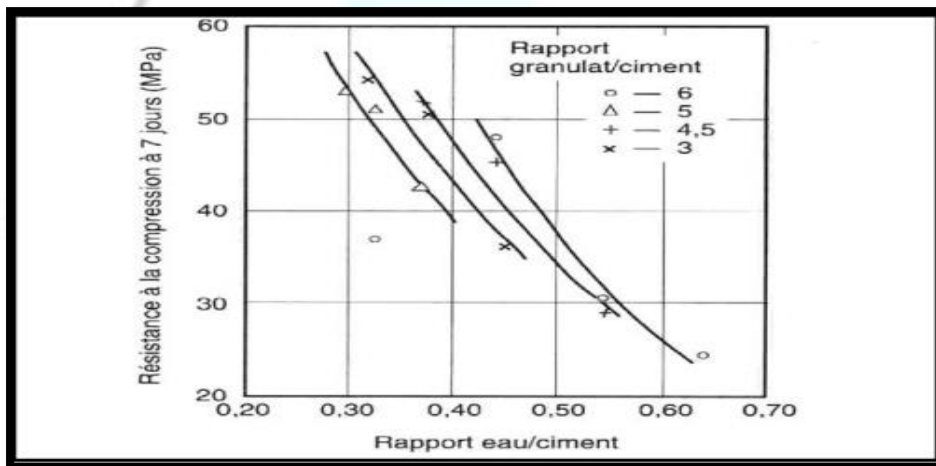


Figure II-3/ Influence du Rapport G/C sur la Résistance du Béton (Neville Adam M, 2000).

II.4.7 Résistance des Granulats:

La résistance du béton n'est pas sensiblement influencée par la résistance des granulats tant que cette dernière est supérieure à la classe de résistance prévue par le projet.

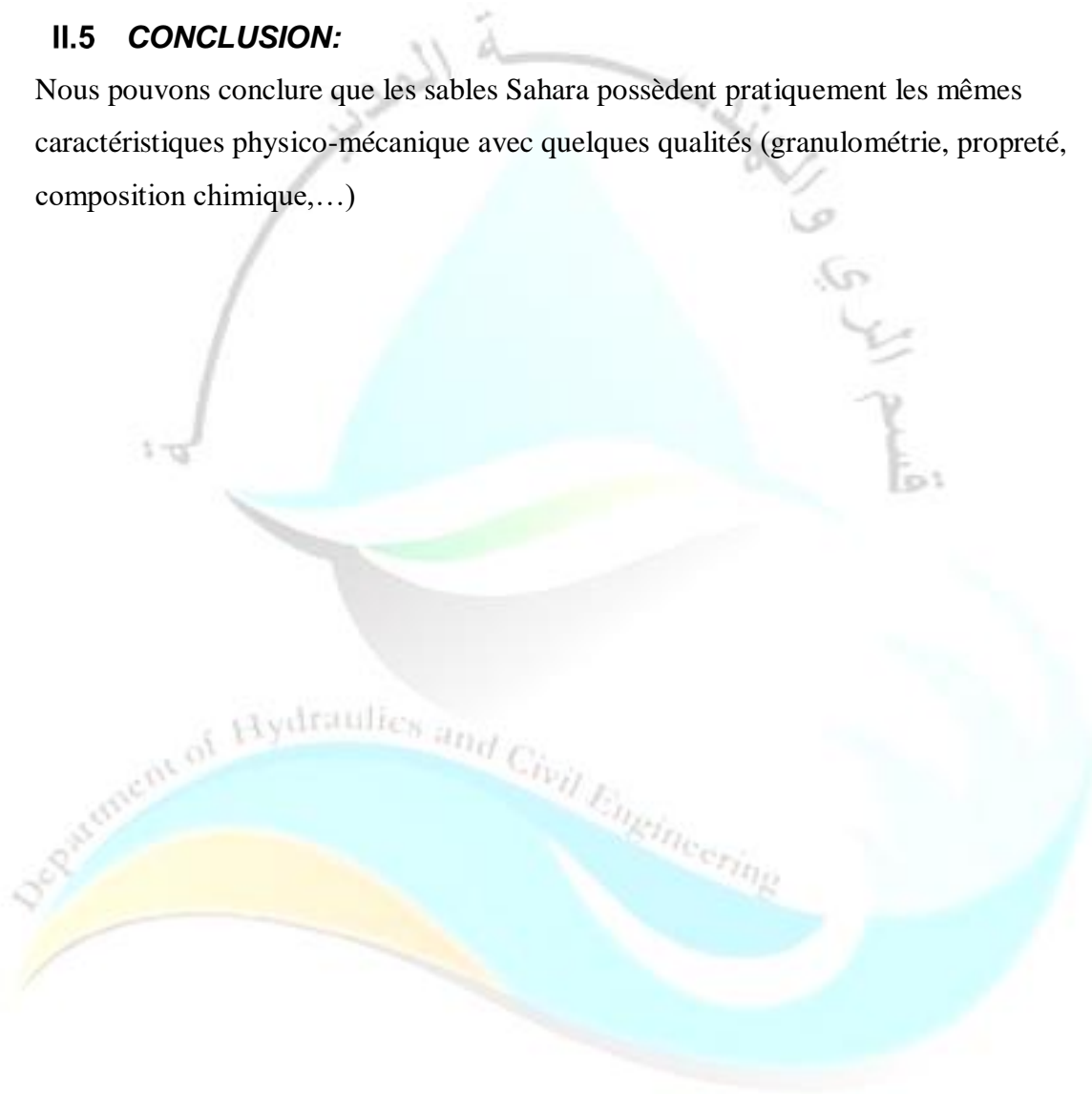
L'utilisation de granulats de faible résistance, inférieure à la classe de résistance nécessaire peut diminuer fortement la résistance du béton. D'où la nécessité d'un dosage en ciment plus élevé (KOMAR A, 1978).

Par ailleurs, la résistance du béton (surtout en traction) est fonction de la plus ou moins bonne adhérence pâte – granulat. Cette qualité peut être considérée plus importante que la résistance et la dureté du gravillon lui-même. Cas par exemple du gravillon calcaire qui donne une résistance en traction nettement plus élevée, malgré la qualité de dureté du silex bien supérieure à celle du calcaire.

Pour qu'un granulats puisse être un bon constituant du béton, il faut : Qu'il joue bien son rôle de « produit de remplissage » : pour cela, ses caractéristiques géométriques et physico-mécaniques doivent être appropriées à la destination du béton, ce qui implique des spécifications bien adaptées ; il serait peu économique d'exiger systématiquement « le meilleur banc de la meilleure carrière » (BARKAT A, 2006).

II.5 CONCLUSION:

Nous pouvons conclure que les sables Sahara possèdent pratiquement les mêmes caractéristiques physico-mécanique avec quelques qualités (granulométrie, propreté, composition chimique,...)



مهندسة المدنية

DEUXIEME PARTIE

**ETUDE
EXPERIMENTALE**

CHAPITRE - III

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX UTILISES ET FORMULATION DU BETON



III.1 INTRODUCTION:

A l'origine, Le béton est un terme générique qui désigne un matériau fabriqué à partir de trois composants principaux : du sable et des gravillons agglomérés par un liant. Le mélange sable et liant est appelé mortier. Le coulis est un mortier très fluide. Dans le langage courant, ce liant est un ciment qui fait prise par hydratation, c'est un liant hydraulique.

La réaction chimique qui permet au béton de ciment de faire prise est lente : à peine 50% de la résistance finale au bout de 7 jours.

La valeur prise comme référence dans les calculs est celle obtenue à 28 jours (80% de la résistance finale). Dans ce chapitre nous allons étudier les caractéristiques des constituants du béton, On opère par des essais d'identifications suivant les normes AFNOR.

Les matériaux utilisés, sont ceux disponible au niveau local à savoir: sable de dune de TAIBET, sable alluvionnaire de DJAMAA .et Gravier de HAOUD ELHAMRA, et le ciment de AINTOUTA (Matin) vois Anexe (figure 24-25).

III.2 GRAVIER:

Le gravier utilisé provenant de la carrière de HAOUD EL-HAMRA est constitué de calcaire compact.

Dans notre étude deux classes de gravier ont été utilisées.

- Gravier G1 (3/8)
- Gravier G2 (8/15)

Le tableau suivant donne la composition chimique du gravier

Table III-1/ La composition minéralogique du gravier (LTPS, 2005)

Calcite CaCO_3	Sulfate $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Les Insolubles
55à70%	0à5%	Lereste

De ce tableau , on peut constater que la teneur en sulfate de calcium dans le gravier est faible. Mais cette quantité, elle va augmenter le risque d'agressivité vis à vis du béton.

III.2.1 Masse volumique apparente:

La masse volumique apparente du gravier est la masse volumique d'un mètre cube du gravier pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule

ainsi que les vides entre particules. Elle est donnée par la formule suivante (NF EN 933-2, 1996), (GOUA M S, 2001).

M_t = la masse totale de gravier

V_t = le volume totale de gravier

$$\rho_a = M_t / V_t$$

III.2.2 Masse volumique absolue:

C'est la masse d'un mètre cube de ce matériau, déduction faite de tous les vides, aussi bien des vides entre les grains que des vides à l'intérieur des grains (GORCHAKOV G I, 1988)

M_s = la masse des grains solides

V_s = le volume des grains solides

$$\rho_s = M_s / V_s$$

Table III-2 / La masse volumique absolue et la masse volumique apparente de Gravier

Class de Gravies	Gravier G1(3/8)(kg/m ³)	Gravier G2(8/15)(kg/m ³)
ρ_a	1218,66	1149,72
ρ_s	2500	2500

III.2.3 Essai de propreté:

On lave un échantillon de gravier sur le tamis de 0,5mm, le pourcentage des passants est appelé degré des impuretés, ce pourcentage est calculé par la formule:

$$IA = (M_1 - M_2) / M_2 \times 100\%$$

M_1 = la masse de l'échantillon avant lavage

M_2 = la masse de l'échantillon après lavage préconise

Donc le résultat d'essai on trouve

G1 (3/8) IA=0,502

G2 (8/15)..... IA=0,605

Selon la norme (NE 18-301) préconise un pourcentage $IA < 5\%$ (NFP18-301). Donc la propreté du gravier est admissible

III.2.4 Coefficient d'absorption:

La plupart des granulats stockés dans une atmosphère sèche pendant un certain temps, peuvent par la suite absorber de l'eau.

En générale le coefficient d'absorption en donne par la formule suivante:

$$CA = (M_1 - M_2) / M_2 \times 100$$

M1= la masse de l'échantillon à l'état de saturation

M2= la masse de l'échantillon à l'état sec

Les résultats obtenus pour les deux classes de gravier sont:

G1 (3/8) CA=0.150

G2 (8/15)..... CA=0.202

CA<2,5% (NFP18-555).

Donc le gravier utiliser est leur d'absorption d'eau normale.

III.2.5 Analyse granulométrique (NF EN 933-2, 1996) :

Le gravier utilisé pour la confection du béton est un gravier des classes 3/8 et 8/15 prélevés de la station de concassage situé HAUD EL-HAMRA, Hassi-Messaoud, Ouargla.

Pour les deux classes de gravier, les analyses granulométriques effectuées sont données dans la figure

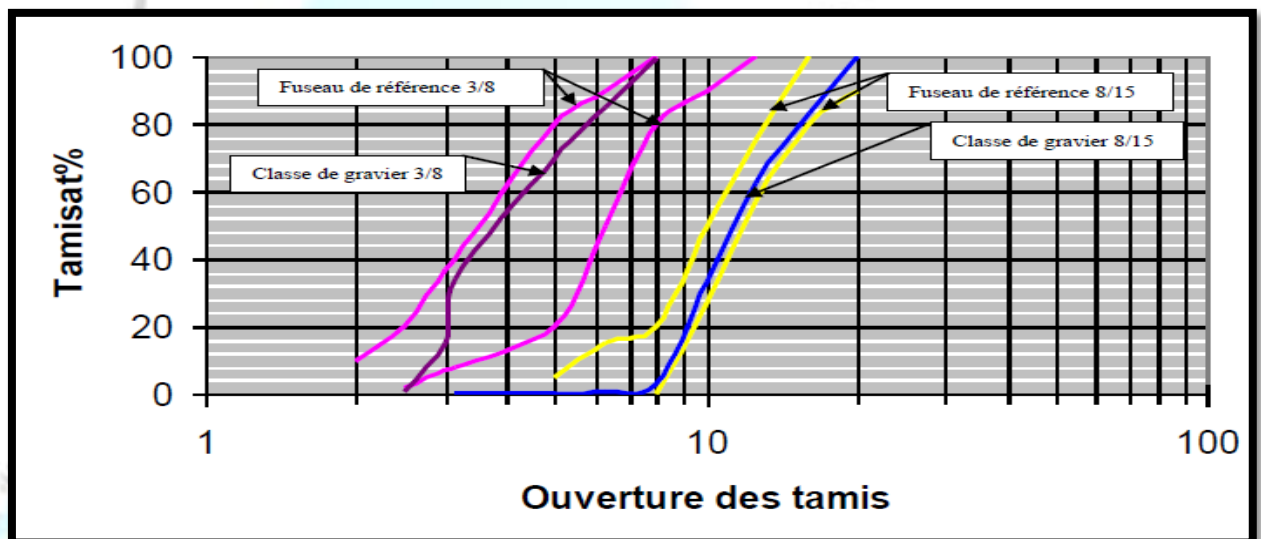


Figure III-1/ courbe granulométrique de gravier (3/8) et (8/15)

III.3 SABLE:

On a étudié le sable de dune de Taïbet(TOUGGOURT) . et comparé les résultats par le sable alluvionnaire de DJAMAA (EL MGHIER).

On a opéré les essais d'identification aussi pour les autres compositions de sables, qui sont les résultats du mélange des deux sables.

SA : sable alluvionnaire

SD : sable de dune (taïbet)

SM : mélange de sable (SM = SA+SD)



Figure III-4 / sable alluvionnaire de (DJAMAA)



Figure III-2 / sable de dune (taibet)



Figure III-3 / sable mélangé (SM = SA+SD)

- On propose un mélange de sable SM de module de finesse ($Mf_3 = 2.4$) qui est donne un pourcentage selon les formules suivant(correction de sable) .

$$SA = Mf_1 = 2.71$$

$$SD = Mf_2 = 1.2.$$

$$SA = \frac{Mf - Mf_2}{Mf_1 - Mf_2} \quad SD = \frac{Mf - Mf_1}{Mf_1 - Mf_2}$$

$$SA = \frac{2.4 - 1.2}{2.71 - 1.2} = 0.79 \approx 0.8 = 80\%$$

$$SD = \frac{2.4 - 2.71}{2.71 - 1.2} = -0.20 = 20\%.$$

III.3.1 Masse volumique:

Le résultat obtenu de la masse volumique apparente et la masse volumique absolue de sable de dune et sable alluvionnaire sont donnees dans le tableau suivant :

Table III-3 / La masse volumique absolue et la masse volumique apparente des sable

Type de sable	Sable alluvionnaire (kg/m ³)	Sable de dune(SD) (kg/m ³)	Sable Mélange (SM) (kg/m ³)
ρ_a	1714.28	1666	1621.62
ρ_s	2586.20	2500	2608.69

L'analyse du Tableau nous fait soulever les remarques suivantes :

- Les valeurs des masses volumiques apparentes sont respectivement les plus faibles. Par contre, celles des masses volumiques absolues sont respectivement les plus grandes pour l'ensemble des types de sable, ce qui est logique.

- La masse volumique absolue de sable de dune est plus faible par rapport des autres sables(SA , SM). ce qui représente la porosité et le volume de vide très grand. donc on peut dire qu'il est de « granulat léger »et un avantage l'absence des poussière et les grains très fines.

III.3.2 Essai d'équivalent de sable (NF P 18-598, 1991):

Cet essai est un essai de propreté, la valeur de l' E.S exprime le pourcentage de fines contenue dans le sable. L'absence de fines ne permet pas d'obtenir un béton compact L'excès de fines est défavorable dans la mesure ou il augmente la demande en eau, donc le rapport E/C donne une faible valeur de résistance .Cet essai consiste à plonger un poids défini de sable dans une solution floculant. Après agitation, on laisse décanter le mélange pendant 20 minutes, ensuite on mesure la hauteur dans l'éprouvette normalisée du sédiment (H1) et de sédiment +floculant (H2). L'équivalent de sable est donné par:

$$ES=(H1/H2)\times 100$$



Figure III-5 / essai du Équivalents de Sable

Pour notre essai nous avons trouvé les résultats dans le tableau suivante:

Table III-4 / Équivalents de Sable

Equivalent De sable(%)	Sable alluvionnaire	Sable de dune	Sable(SM)
(ESV)	74.32	94.6	82.46

La propreté des granulats est désignée par leur teneur en fines ou d'autres particules(les scories, les particules végétales, argile, ...) qui doivent avoir une valeur limitée.

III.3.3 Analyse granulométrique: (NF EN 933-1, 2012)

Elle consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant l'échantillon en utilisant des tamis emboîtés les un des autres dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers les bas (TEST SOCIETE BERA, 2005).

Après avoir calculé les pourcentages des tamis cumulés un repère D : ouvertures des tamis , nous traçons la courbe granulométrique.

Pour les sables on peut définir trois fuseaux A, B, C, dans lesquels la courbe granulométrique de l'échantillon analysé doit se trouver. Si elle s'en écarte il convient alors de modifier l'étalement du sable, en lui apportant les grains manquants.

Le fuseau **A** est le fuseau préférentiel :

$$(2,20 \leq M_f \leq 2,80)$$

Le fuseau **B** correspond à un sable un peu trop fin :

$$(1,80 \leq M_f \leq 2,20)$$

Le fuseau **C** correspond à un sable un peu trop grossier :

$$(2,80 \leq M_f \leq 3,20)$$

La figure suivante est dirigée les différents fuseaux qui est les fuseaux préférentiels du sable

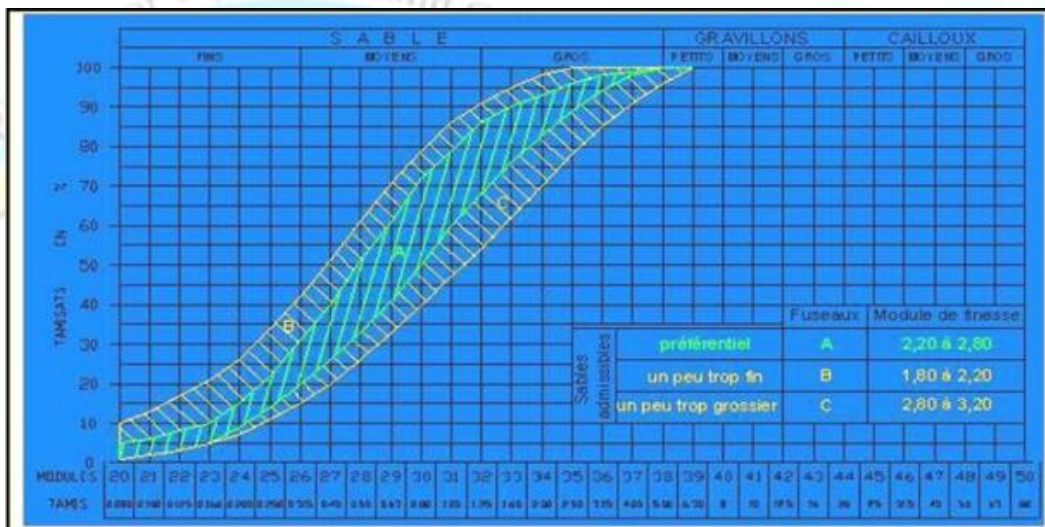


Figure III-7 / fuseaux préférentiel du béton

Les sables utilisés pour la confection du béton sont le sable alluvionnaire de djamaa et le sable de dune de taibet (tougourt)

Les figures suivantes présentes la courbe granulométrie pour les deux sables successivement

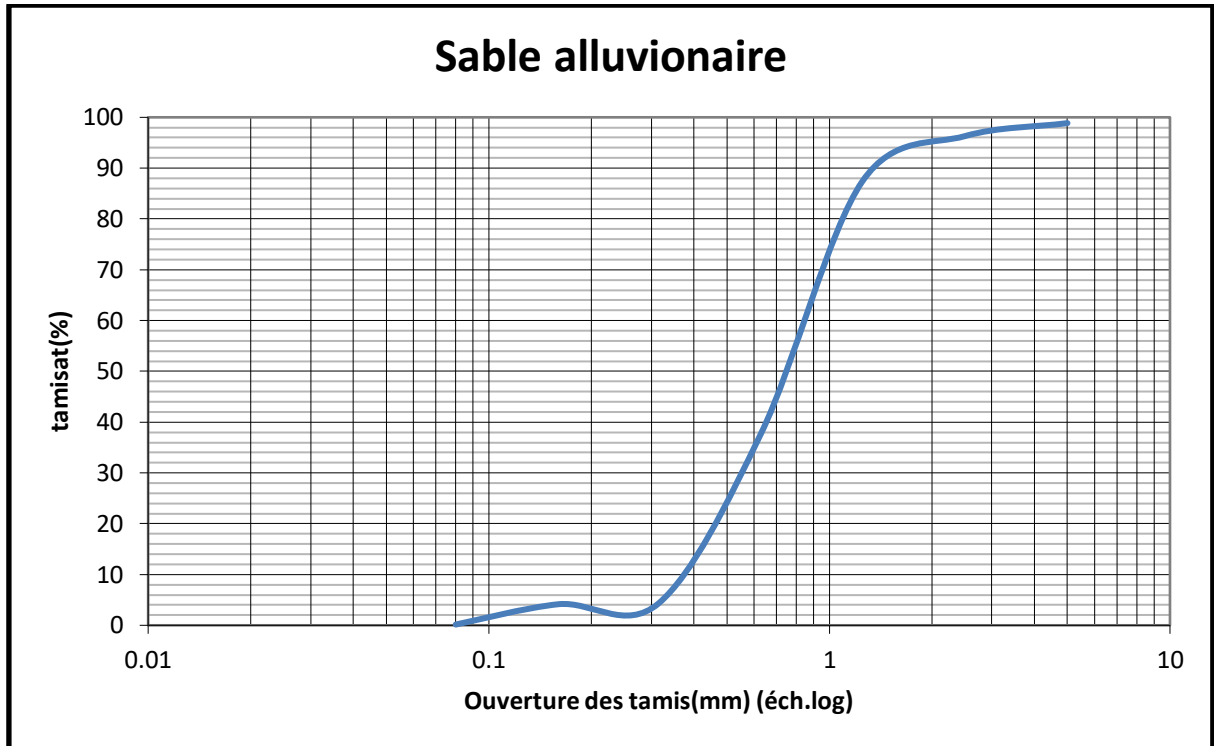


Figure III-8 / la courbe granulométrie pour sable alluvionnaire

Department of Hydraulics and Civil Engineering

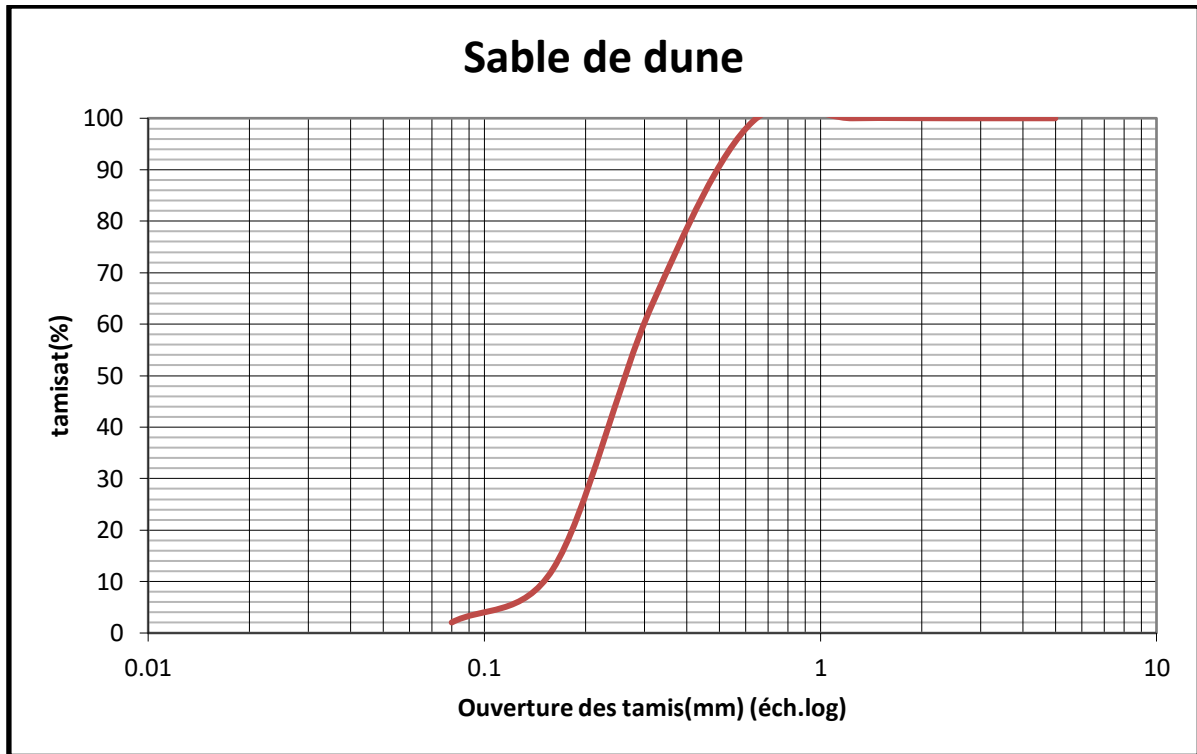


Figure III-9 / la courbe granulométrique pour sable de dune

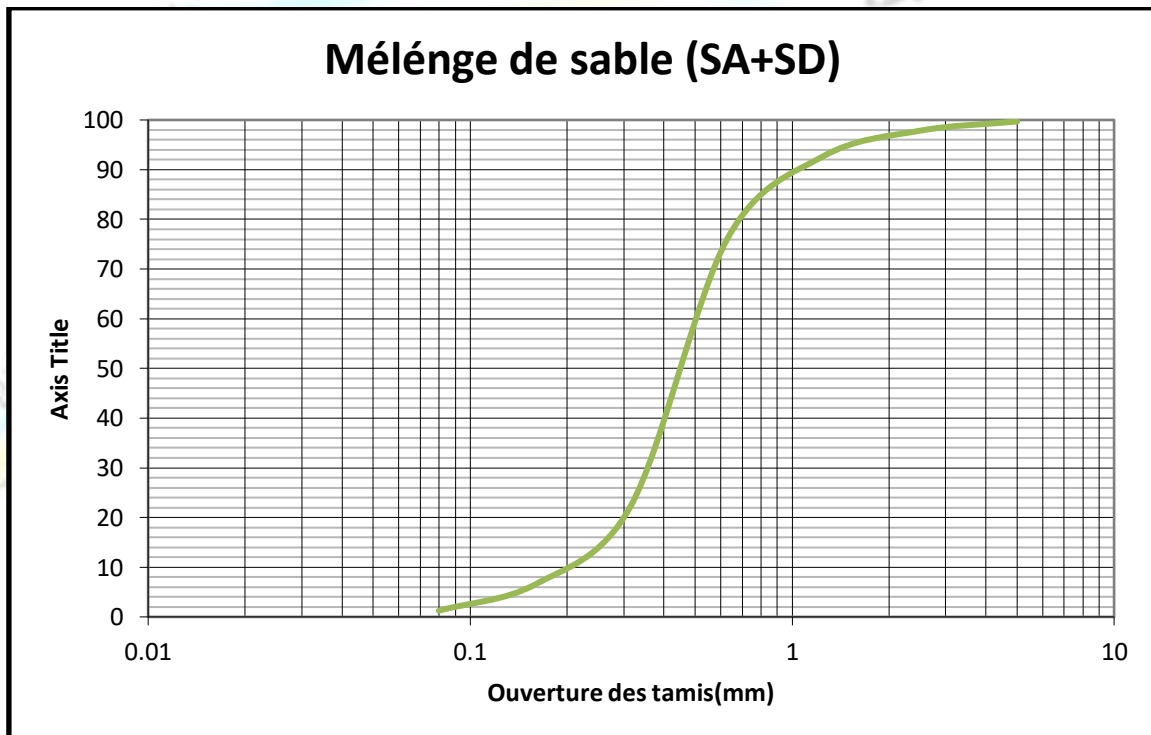


Figure III-10 / la courbe granulométrique pour mélange de sable

Ce mélange des sable il contient de « 80% SA + 20% SD »

Les normes préconisent pour un bon sable à béton le module de finesse doit être de l'ordre de 2,2 à 2,8. fuseau (A), (CHERAIT Y . et al, 2007).

III.3.4 Module de finesse (NF P 18-304, 1990):

Le caractère plus au moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul le module de finesse **MF** celui-ci correspond a la somme de pourcentage de refus cumulé.

$$Mf = \frac{\sum \% \text{refus}}{100}$$

Le module de finesse de sable est égal à 1/100°de la somme des refus exprimés en Pourcentage sur les différents tamis de la série suivante: (0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 –5mm).

On conclut la courbe granulaire est importante car elle apporte les renseignements sur les limites des granulats, la proportion d'éléments fins ainsi que la continuité de la granularité. Plus une courbe est régulière plus le squelette granulaire formé est compact (meilleur compacité du squelette du béton). Par ailleurs, la courbe granulaire a aussi un effet sur l'ouvrabilité du béton.

Pour les sables utilisés dans notre étude on a trouvé le module de finesse dans le tableau suivant.

Table III-5 / Module de finesse des sables

Module de finesse	Sable alluvionnaire	Sable de dune	Sable(SM)
MF	2.71	1.2	2.40

$1.8 \leq Mf \leq 2.2$ sable est à majorité de grains fins

$2.2 \leq Mf \leq 2.8$ on est en présence d'un sable préférentiel

$2.8 \leq Mf \leq 3.3$ sable est un grossier

- Sable Alluvionnaire de djamaa : $Mf = 2.71$ sable préférentiel

- Sable de Dune : $Mf = 1.2$ sable est à majorité de grains fins

- Sable Mélangé : $Mf = 2.4$ on est en présence d'un sable préférentiel

Les figures suivantes présentent les courbes des granulats utilisés pour chaque type du béton

- type 01(BSA) sable Alluvionnaire de djamaa avec deux classes de gravier de AINTOUTA

(**G_{3/8} . G_{8/15}**)

- type 02 sable de dune de Taibet avec deux classes de gravier de AINTOUTA (**G_{3/8} . G_{8/15}**)

- type 03 sable mélangé (SA +SD) avec deux classes de gravier de AINTOUTA (**G_{3/8} .**

G_{8/15})

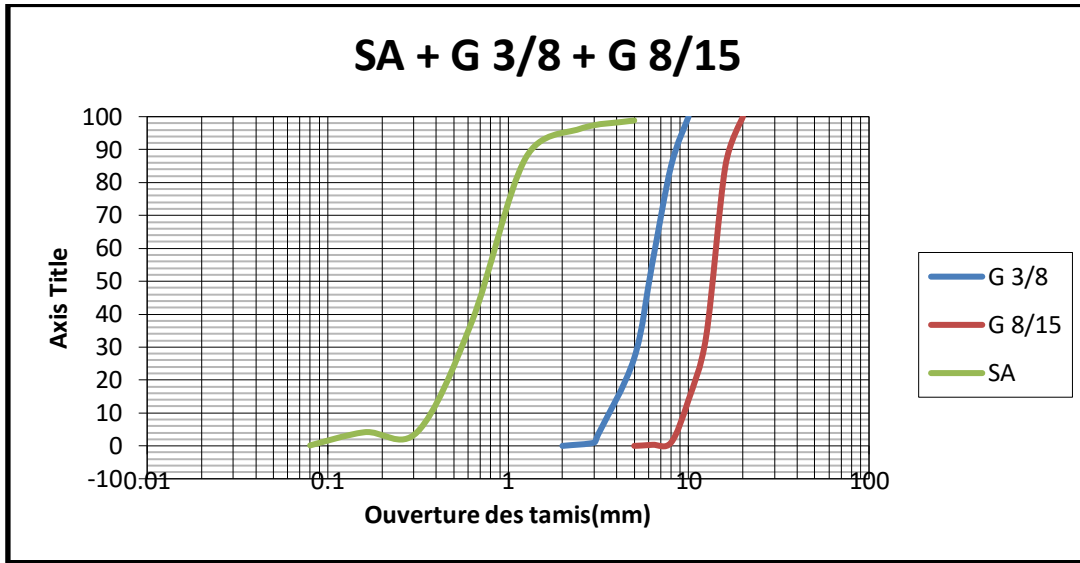


Figure III-11 / Corps des constituions granulaire abasse de sable SA

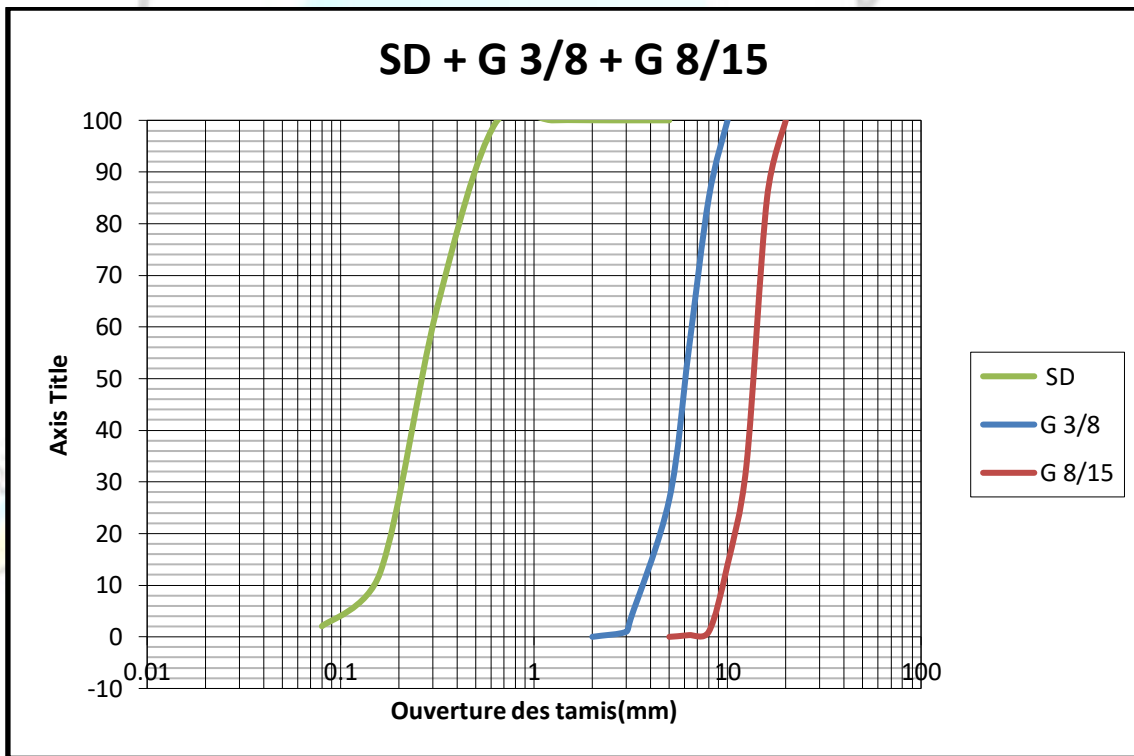


Figure III-12 / Corps des constituions granulaire abasse de sable SD

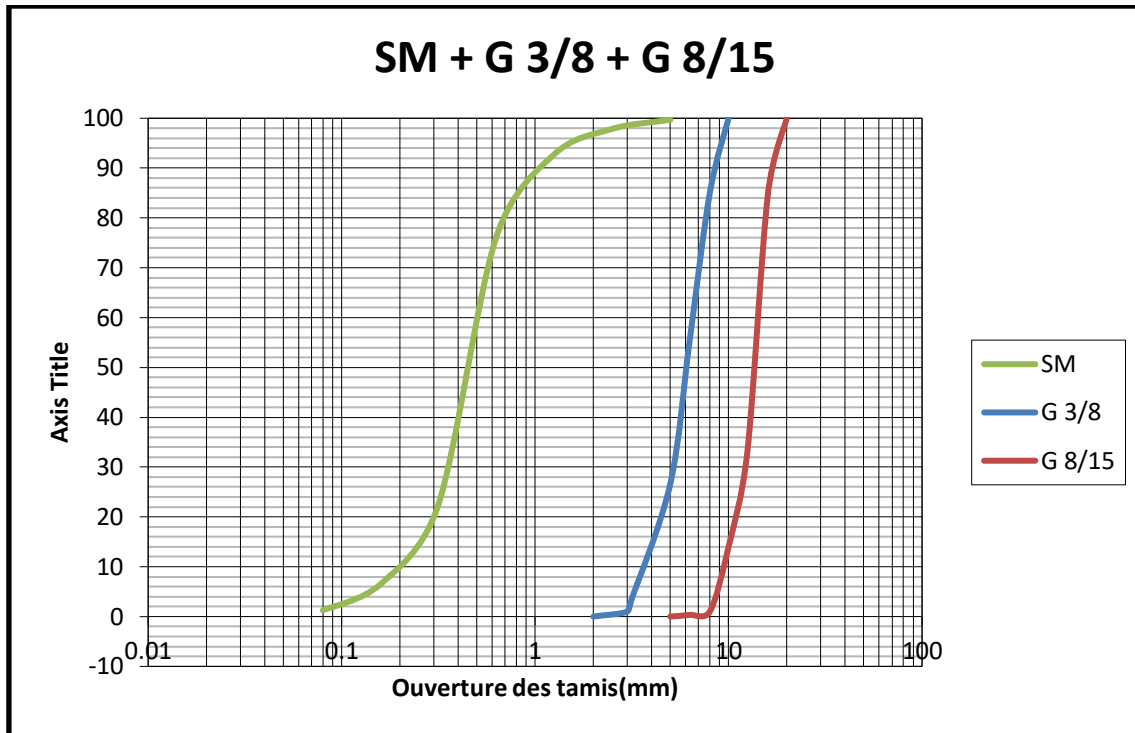


Figure III-13 / Corps des constituions granulaire abasse de sable SM

III.4 CIMENT :

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. Le ciment utilisé est un ciment NA442 CEM II/B-L 42,5 N vois **Anuxe** (figure.24-25)

MATINE Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné a la construction des Ouvrages d'Art, infra- structure et super structure pour bâtiments, conforme a la norme Algé

- la masse volumique apparent : $\rho_a = 1120 \text{ kg/m}^3$
- la masse volumique absolue : $\rho_s = 3034 \text{ kg/m}^3$:



Figure III-14 / le ciment utilisé

III.4.1 *Tempe de prise :*

Le début ou la fin de prise dépend de plusieurs paramètres , il varie notamment suivant la composition chimique et la finesse de mouture de ciment étudié , il dépend aussi de la température ambiante et , le cas échéant , des dosage sen adjuvant , utilisés à une même température et sans adjuvant , deux ciments différents pourront se distinguer , par une plus ou moins grande rapidité de prise

L'objectif de l'essai est de définir ,pour un ciment donné , un temps qui soit signification de cette rapidité de prise (NFEN196-3,2006).

Table III-6 /le Tempe de prise du ciment MATIN

Tempe de prise à 20®	valeur
Début de prise (heure : min)	2.5±30min
Fin de prise (heure : min)	3.45 ± 50min

III.4.2 *Surface spécifique de Ciment :*

Elle est mesurée par comparaison avec un ciment de référence dont la surface spécifique est connue. Il s'agit de faire passer un volume d'air connu à travers une poudre de ciment, plus la surface spécifique de cette poudre est importante et plus le temps mis par l'air pour travers la poudre est longue. Dans les condition normalisées, la surface spécifique est proportionnelle à $t^{1/2}$. L'appareil d'essai est appelé <Blaine >

La surface spécifique est donnée par la formule suivante

$$SBB = \frac{k\sqrt{e3}\sqrt{t}}{\rho(1-e)\sqrt{\mu}}$$

t: temps de passage de l'air dans la couche de la poudre en seconde.

μ:viscosité de l'air à la température de l'essai.

ρ:masse volumique absolue en g/cm³.

e:constante de l'appareil.

K : constante de l'appareille

La surface spécifique d'un ciment utilisé est de **3700 cm²/g**.

III.4.3 Caractéristique mécanique:

Les ciments sont classés d'après leur résistance mécanique minimale, à la rupture par compression à 2, 7 et 28 jours d'âge, mesurée sur des éprouvettes (4x4x16 cm) en mortier normal (EN 196 - 1) (NF P 15-476, 1990).

Les résultats des essais de résistance figurent dans le tableau

Table III-7/ Résistance à la traction et à la compression Caractéristiques mécaniques du ciment (Fiche de Qualité, 2000)

Age (jours)	Résistance à la compression (MPa)	Résistance à la traction (MPa)
2	19.3	3.1
7	33.5	5.2
28	45.7	6.5

III.5 EAU DE GACHAGE:

Nous avons utilisé l'eau du robinet dans le béton de la maison du village Hassani Abed el Karim de Elouad ,Elle est extraite et exprimée par rapport au E/C du mélange, béton de haute qualité doit avoir le rapport eau-ciment le plus bas qui puisse être obtenu sans affecter son adhérence Opération de béton frais.

En général, utiliser moins d'eau génère un béton de meilleure qualité, en plus du fait que le béton doit être placé dans le coffrage

De manière appropriée et correctement entretenue pendant la période de durcissement également. Par contre, trop d'eau fragilise le béton et provoque des fissures porosité, mauvaise durabilité, manque de cohésion, faible retrait et fissuration.

III.5.1 L'importance de l'eau de gâchage:

Habituellement, l'eau potable convient à une utilisation dans le béton. En général, une eau qui n'a pas de couleur ou de goût distinctif peut être utilisée.

Dans le mélange de béton, de l'eau non potable peut également être utilisée dans le mélange de béton, à condition que la concentration ne dépasse pas Impuretés qu'il contient pour certains pourcentages déterminés par les spécifications.

L'eau doit être exempte de chlorure, de sulfate et de sels dans l'eau de mélange, et exempte de substances nocives telles que les huiles

Graisses, acides, alcalis, matières organiques, liège et matières tendres, que ces matières soient dissoutes ou en suspension, etc.

Matériaux qui ont un effet négatif sur le béton en termes de résistance à la compression et de durabilité.

III.5.2 La composition chimique de l'eau utilisée :

Table III-8 / composition chimique de l'eau

Ca	Mg	K	Na	Cl	NO ₃	SO ₄	HCO	PH	Salinité
242	125	31	536	755	14.5	755	124	7.75	2799

- les concentrations sont données en (mg/l).

D'après les résultats exposés dans le Tableau (IV-20);, il s'agit d'une eau qui présente une faible salinité, pouvant être utilisée pour les bétons et mortiers normaux .

III.6 COMPOSITION DU BETON:

III.6.1 Méthode de formulation:

La méthode de la formulation d'un béton consiste à déterminer le mélange optimal des différents granulats, ainsi que le dosage en ciment et en eau, afin d'obtenir le béton avec les caractéristiques adaptées à l'ouvrage ou à la partie d'ouvrage.

La méthode pratique permettant de déterminer la composition des bétons est la méthode de *Dreux- Gorisse*.

Cette méthode permet de définir de façon simple et rapide une formule de composition adaptée au béton étudié. Afin d'obtenir la meilleure formule il sera, nécessaire de réaliser des essais d'affaissement et de résistance. A la suite de ces essais il sera éventuellement nécessaire d'effectuer certaines modifications.

Par ailleurs, afin de respecter les spécifications imposées par la norme, les formulations que nous propose ont été calculées de telle façon à obtenir une résistance supérieure de la résistance caractéristique souhaitée à 6MPa. De plus, nous avons veillé également à ce que le rapport Eau efficace/Liant équivalent ne dépasse pas la valeur maximale imposée par la norme. (NF P 15-476, 1990).

III.6.2 Présentation de la méthode (Dreux et Gorisse):

Le principe de cette méthode est basé sur la résistance et l'ouvrabilité désirée lesquelles conduisent à déterminer le dosage en ciment et le dosage en eau.

On demande une résistance f_{c28} en compression à 28 jours. En tenant compte des dispersions et des écarts quadratiques, on adoptera la règle approximative pour la résistance moyenne à viser

$$: F_c = f_{c28} + 6 \text{ MPa}$$

III.6.3 Dosage en ciment (C) :

On évalue approximativement le rapport C/E en fonction de la résistance moyenne souhaitée F_c (CHERAIT Y . NAFAA Z E, 2007).

$$F_c = G F_{ce} * (C/E - 0.5)$$

F_c : résistance moyenne en compression désirée (à 28 jours) en MPa

F_{ce} : classe vraie du ciment (à 28 jours) en MPa

C : dosage en ciment (en kg/m^3)

E : dosage en eau totale sur matériaux secs (en litre pour 1m^3)

G : coefficient granulaire

La résistance moyenne en compression du béton (à 28 jours), $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$. Un ciment de classe 42,5 a une classe vraie égale 62 MPa. Valeurs approximatives du coefficient granulaire G (en supposant que le serrage du béton effectué dans de bonnes conditions. Par vibration, en principe). Avec un granulat $D \leq 16$ (qualité de granulat bonne courante) on prend $G = 0,45$. Voir **annexe (1)**.

Afin de déterminer le dosage en ciment, il faut utiliser l'annexe (02) qui est désignée par la relation entre la granularité et le dosage en ciment suivant :

$C = 700 / \sqrt[5]{D}$. on prend selon les ouvrages utilisés

D : diamètre des granulats maximale, dans cette étude

$D = 16$. Donc selon l'annexe, le dosage de ciment utilisé

$C = 400 \text{ kg}/\text{m}^3$

$$E = \frac{C}{E/C}$$

III.6.4 Dosage en eau (E) :

III.6.5 Tracé de la courbe granulaire de référence

Sur la base d'une analyse statistique de ce grand nombre de bétons et en combinant les courbes granulaires obtenues, ils ont pu fonder une approche empirique pour déterminer une courbe granulaire de référence ayant de forme de deux lignes droites dans un diagramme semi logarithmique (Sidi Mohammed El Amine BOUKLI HACENE, 2009).

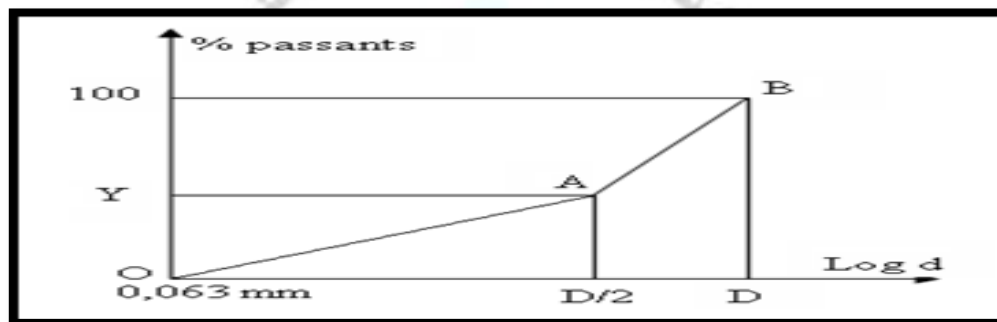


Figure III-15 // Courbe optimale type selon la méthode Dreux-Gorisse

Sur un graphique d'analyse granulométrique type afnor, on trace une Composition granulaire de référence O A B, voir Figures (15).

Point B : ordonnée : 100%, abscisse : dimension D du plus gros Granulat.

Ainsi les coordonnées du point de brisure A sont (BONNEAU O, 1997). (MUTONI A. et al, 2008). (Fiche technique Tom 2, 2006)

Point A : sera caractérisé par les coordonnées suivantes: Abscisse :

Si $D < 20\text{mm}$, l'abscisse sera égale à $D/2$

Si $D > 20\text{mm}$, l'abscisse sera située au milieu du segment gravier limité par la dimension de tamis 5mm

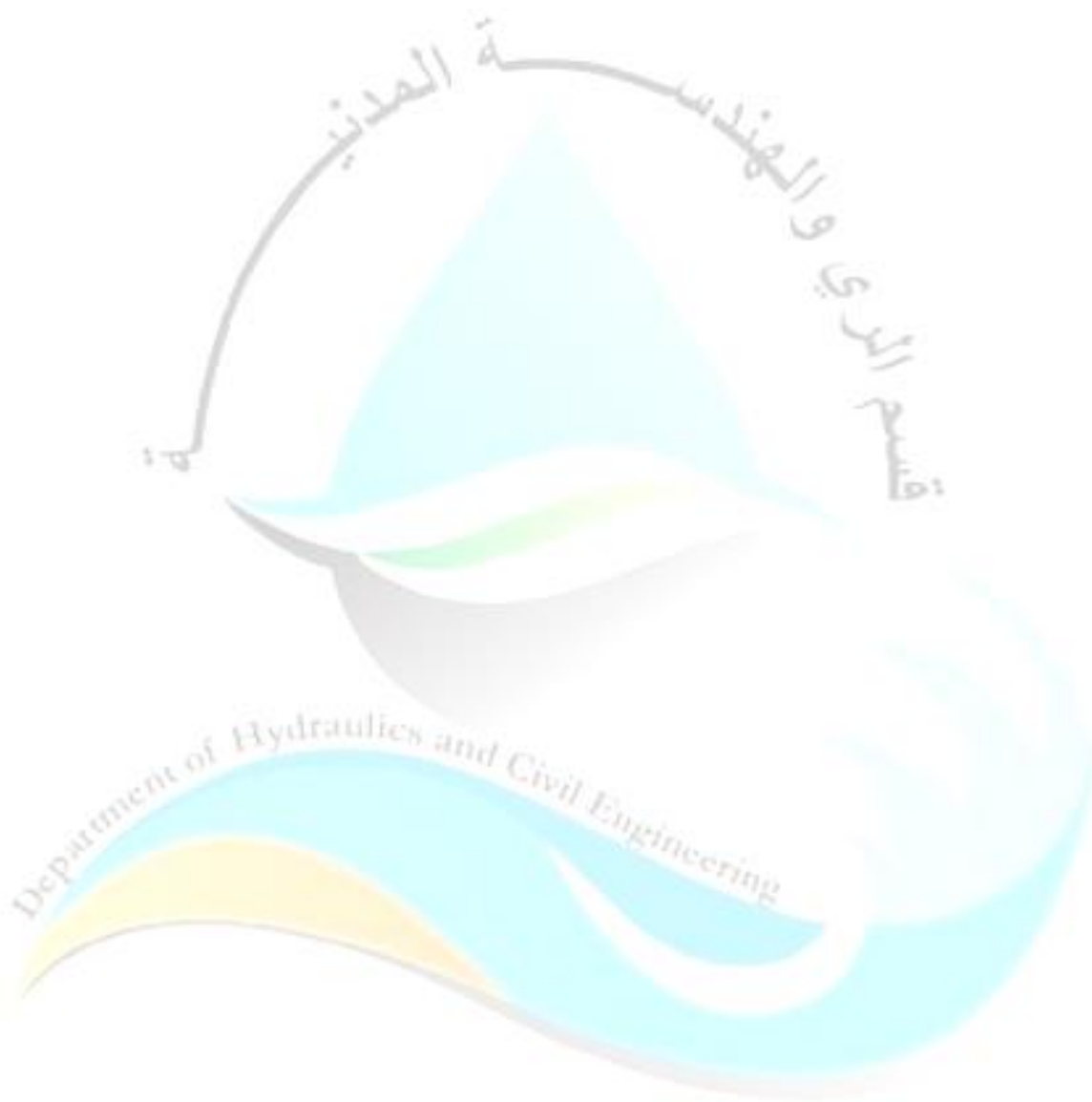
Ordonnée :

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K$$

K : terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de l'efficacité du serrage, de la forme des granulats roulés ou concassés et également du module de finesse du sable.

Pour notre cas nous avons choisi $K=0$, correspondant à un dosage en ciment de 400 kg/m³ et une vibration normale **Annexe (3)** (DREUX G. FESTA J, 2002).

La courbe granulaire OAB de référence est tracée sur le même graphique que les courbes granulométriques des granulats composants. On trace alors les lignes de partage entre chacun des granulats, en joignant le point à 95% de la courbe granulaire du premier, au point 5% de la courbe du granulats suivant.



SA + G 3/8 + G 8/15

G 3/8 G 8/15 SA

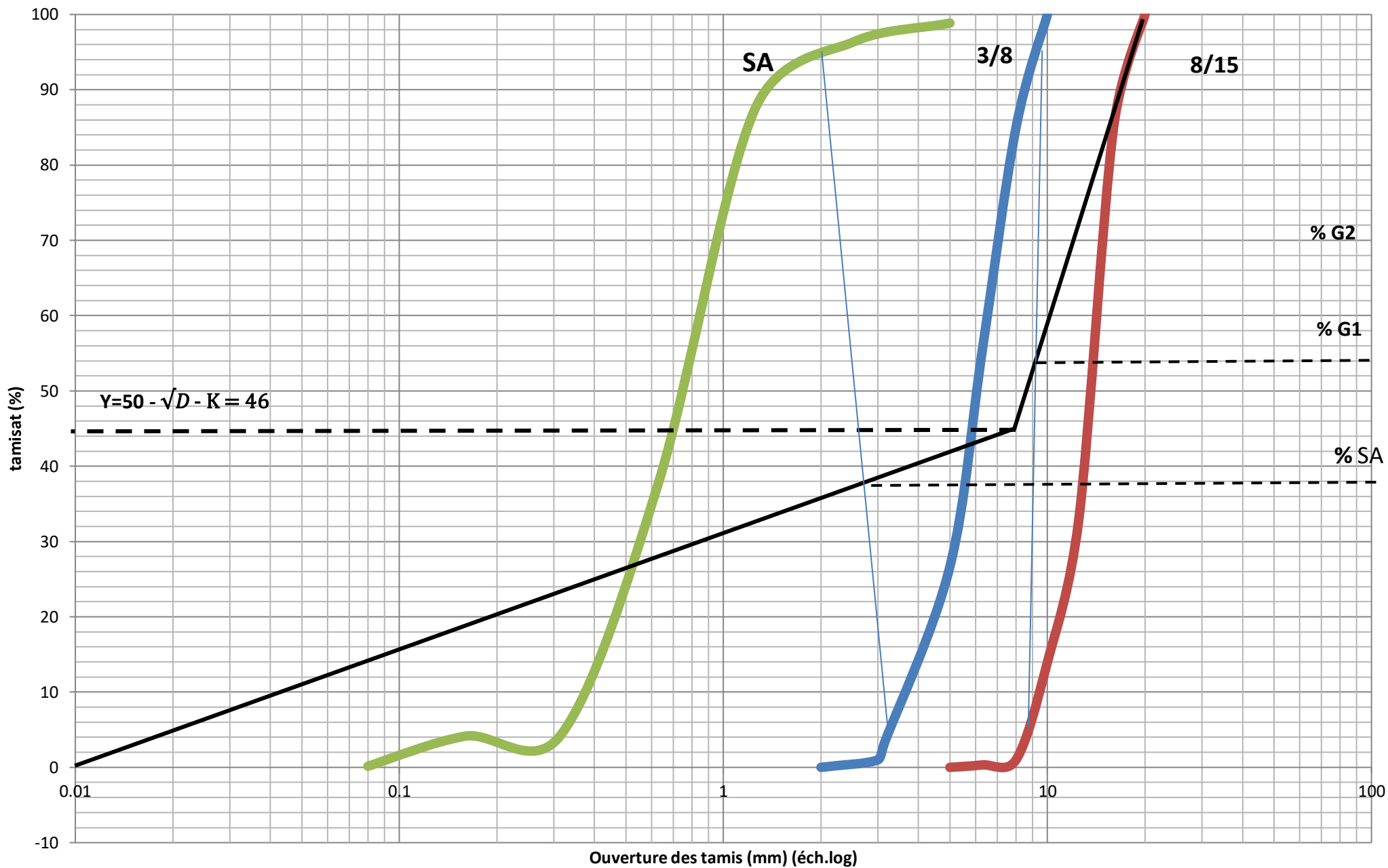


Figure III-16 / Courbe granulométrique de référence (mm) (éch-log)/ pour SA

SD + G 3/8 + G 8/15

SD G 3/8 G 8/15

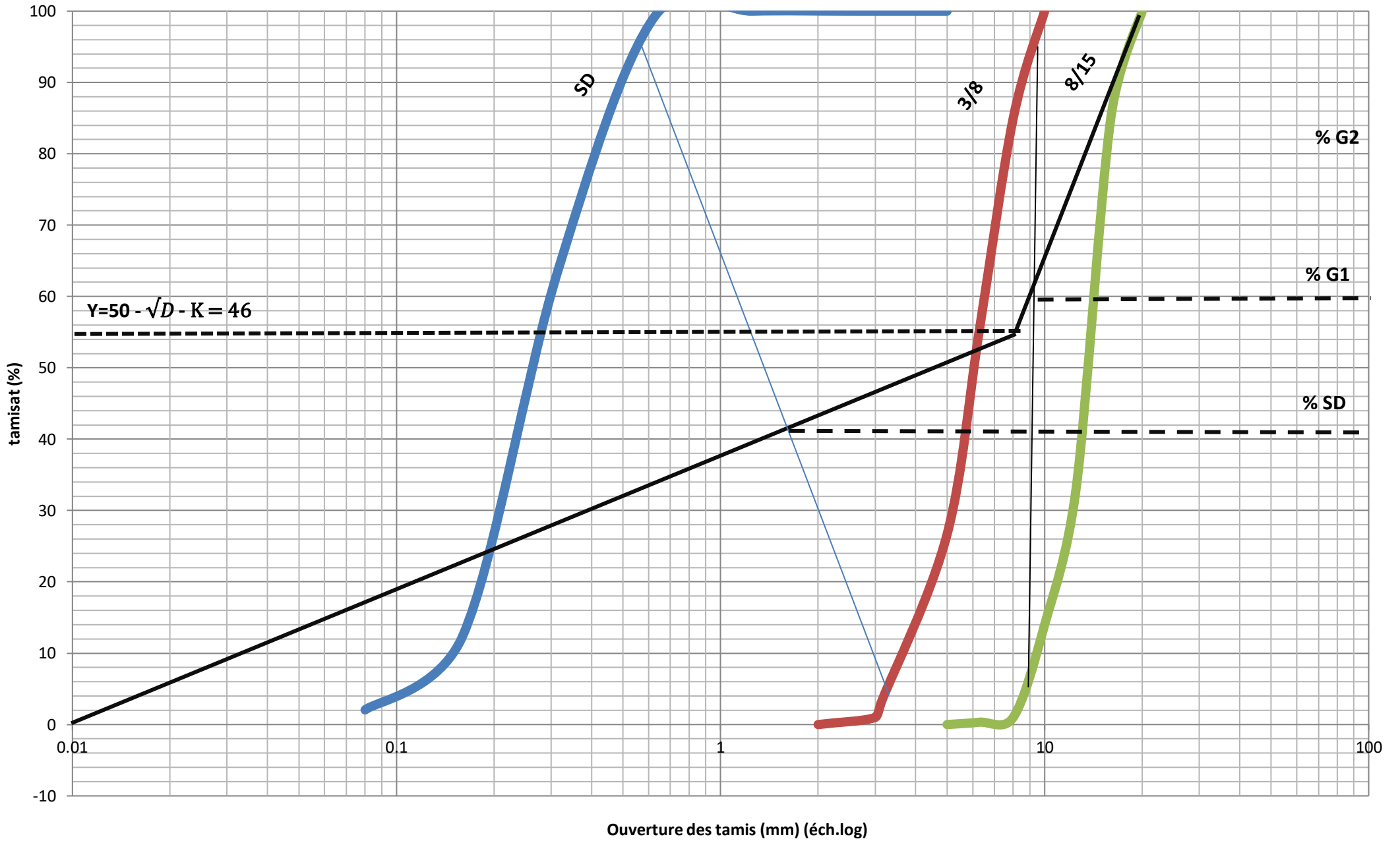


Figure III-17 / Courbe granulométrique de référence (mm) (éch-log) pour SD

SM + G 3/8 + G 8/15

— SM — G 3/8 — G 8/15

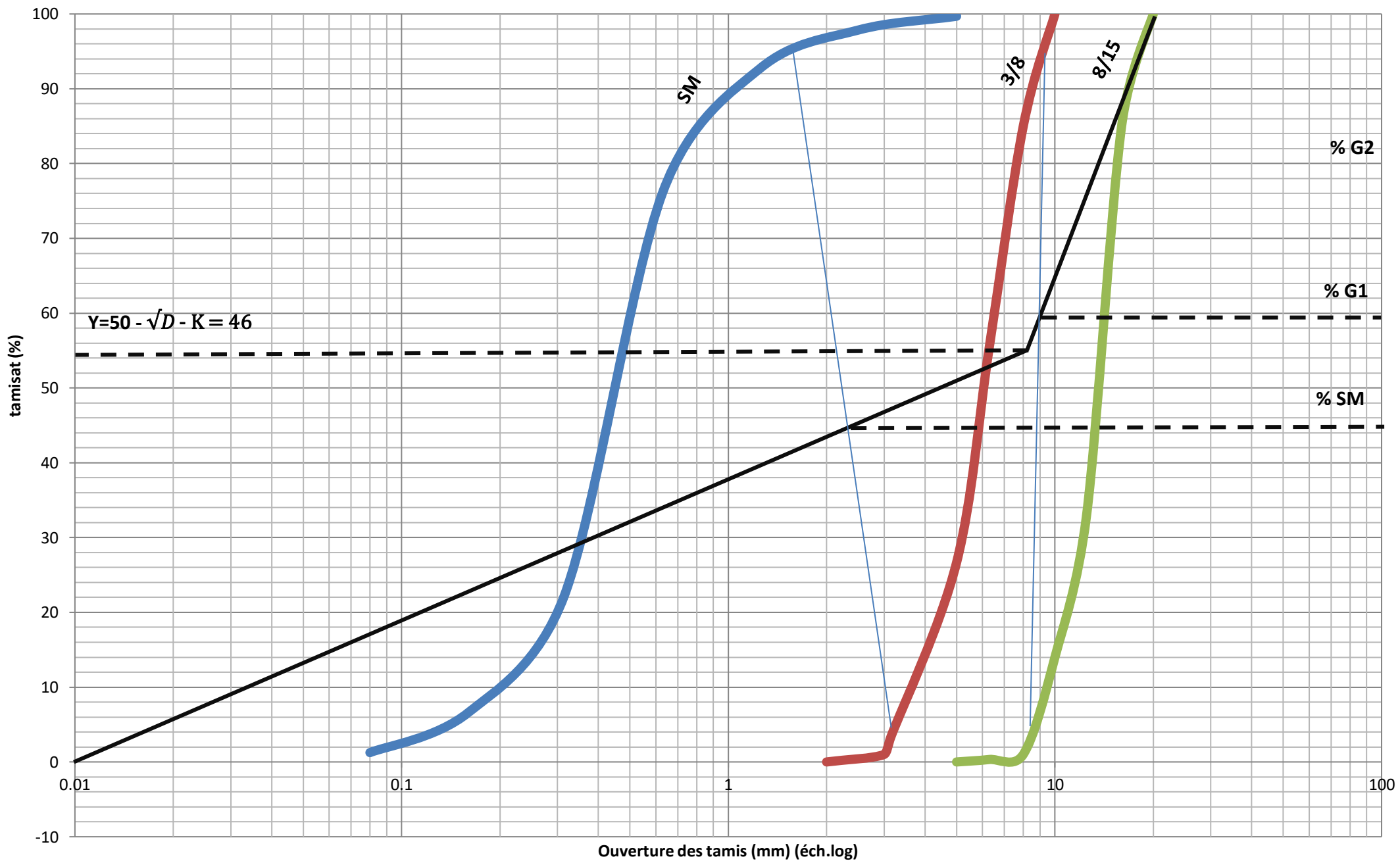


Figure III-18 / Courbe granulométrique de référence (mm) (éch-log) pour SM

Les points d'intersection entre les lignes de partage et la courbe de référence OAB donnent les pourcentages des granulats suivants:

Table III-9 / les pourcentages des granulats

Type de sable	Sable (%)	Gravie 3/8 (%)	Gravi 8/15 (%)
Sable alluvionnaire	37	10	53
Sable de dune	35	11	54
Mélange de sable (80% SA+20%SD)	37	10	53

On lira alors sur la courbe de référence, au point de croisement avec les droites de partage, le pourcentage en volume absolu de chacun des granulats.

Le volume absolu des grains de ciment est : $V_c = C/\omega_c$

$$V_c = 400/3.1 = 129.03$$

Avec C le dosage en ciment. (ω_c étant la masse spécifique admise pour les grains de ciment) Le volume absolu de l'ensemble des granulats (sans ciment) est : $V = 1000\gamma - V_c$.

On choisira une valeur convenable du coefficient de compacité γ en fonction de D, de la consistance et de l'efficacité du serrage, pour qu'on puisse déterminer le volume absolu total soit alors: $V_{totale} = 1000\gamma$

Dans notre cas $D_{max} \geq 16$ et consistance plastique avec vibration faible. (Pour notre cas $\gamma = 0,820$ voir **annexe**

(4)

V_e = volume d'eau

V_G = volume du granulat

V_g = volume de gravie

P_g = poids de gravie

V_c = volume de ciment

V_s = volume de sable

P_s = poids de sable

P_c = poids de ciment

Les compositions du béton à base de sable Alluvionnaire :

$$V_G = 1000\gamma - C/\omega_c = 1000 \times 0.820 - 129.03 = 690.97 \approx 691 \text{ L}$$

$$V_s = V_G \times g_1 = 691 \times 37 / 100 = 255.67 \text{ L}$$

$$V_{g \ 3/8} = V_G \times g_2 = 691 \times 10 / 100 = 69.1 \text{ L}$$

$$V_{g \ 8/15} = V_G \times g_3 = 691 \times 53 / 100 = 366.23 \text{ L}$$

Où g_1, g_2, g_3 sont les pourcentages des granulats sable (0/5), gravier (3/8) et gravier (8/15) $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ sont la masse spécifique de chacun des granulats.

les dosages en masse des élément secs (granulats, sable) pour 1m^3 de béton sont donnés:

$$p_s = V_s \omega_1 = 255.67 \times 2600 \times 10^{-3} = 644.74 \text{ Kg}$$

$$p_{g_{3/8}} = V_{g_{3/8}} \times \omega_2 = 69.1 \times 2140 \times 10^{-3} = 147.87 \text{ Kg}$$

$$p_{g_{8/15}} = V_{g_{8/15}} \times \omega_3 = 366.23 \times 2500 \times 10^{-3} = 915.57 \text{ Kg}$$

Le rapport eau /ciment ($E/C=0.56$) étant gardé constant pour tout les mélanges réalisés dont le but de pouvoir comparer les résultats trouvés.

Tous les mélanges ont été réalisés à base de gravier 3/8, 8/15 provenant de la carrière HAUD El Hamra Hassi-Messaoud, les pourcentages correspondants figurent dans le tableau suivant.

Table III-10 / Pourcentages massique des agrégats

Types de bétons	Quantité de Ciment (Kg)	sable		gravier 3/8		gravier 8/15		Quantité de l'eau (l)	E/C
		%	(Kg)	%	(Kg)	%	(Kg)		
BSA	400	37	644.74	10	147.87	53	915.57	224	0.56
BSD	400	35	604.62	11	162.66	54	932.85	224	0.56
BSM	400	37	644.74	10	147.87	53	915.57	224	0.56

III.6.6 CONFECTION ET CURE DES ÉPROUVETTES :

III.6.6.1 –Moules pour éprouvettes :

Conformément à la norme européenne (NF EN 12390-1, 2001), pour les besoins de notre étude et selon la nature de l'essai à réaliser, on a utilisé les moules suivants (voir Annexes

Photo figure 11-13-14), pour la confection des éprouvettes :

- Moule prismatique 7x7x28 cm,
- Moule cylindrique Ø16 H32 cm.
- Moule cubique 4x4x16 cm,

III.7 FORMULATION DU BETON DE SABLE :

III.7.1 Caractéristiques du béton de sable :

Généralement les bétons sont classés selon leurs résistances à 28 jours. Cette dernière est souvent influencée par plusieurs facteurs, entre autres le rapport E/C, le dosage et la classe de ciment, la nature et les proportions des granulats, les conditions climatiques et de mise en œuvre. La mesure de la résistance se fait par les essais de flexion et de compression permettant de déterminer la contrainte de rupture à la traction par flexion et la contrainte de rupture à la compression des bétons.

Pour la composition du béton de sable témoin (BSD), (BSA), et le mélange de sable (BSM) nous avons utilisé un dosage en ciment et sable qui correspond à celui d'un mortier normalisé conformément à la norme EN 196-1; c'est à dire **une part** de ciment et **trois part** de sable.

Table III-11/Composition du béton de sable étudié

Types d'échantillon	Sable en (kg)	Ciment en (kg)	Eau en (l)	E/C
BSA	23.46	7.82	4.37	0.56
BSD	22.68	7.56	4.23	0.56
BSR	23.67	7.89	4.41	0.56

III.8 CONFECTION ET CURE DES ÉPROUVETTES :

III.8.1 Moules pour éprouvettes :

Conformément à la norme européenne (NF EN 12390-1, 2001), pour les besoins de notre étude et selon la nature de l'essai à réaliser, on a utilisé les moules suivants, pour la confection des éprouvettes :

Moule prismatique (4x4x16 cm) , et un total de 27 éprouvettes ont été confectionné pour cette partie.

III.8.2 Confection des éprouvettes :

Cette étude est menée sur des éprouvettes prismatiques (40x40x160mm). Les pâte sont préparées à la main, la procédure de mélange à été faite de la manière suivante :

- Malaxage du sable sec (S) pendant une durée de 30 secondes;
- Introduction du ciment (C) puis malaxage pendant 60 secondes;
- Ajout de la quantité d'eau (E) nécessaire mélangée, puis malaxage de l'ensemble (S) + (C) +(E) durant 3min.

Le remplissage des moules est réalisé en deux couches avec vibration pour chaque couche.

III.8.3 Conservation des éprouvettes :

Les éprouvettes sont conservées à l'air libre aux conditions ($20 \pm 5^\circ\text{C}$, $\text{HR}=50\pm 5\%$), puis démoulées au bout de 24 heures. Après démoulage, les éprouvettes sont entreposées dans l'air libre. jusqu'au moment de l'essai, à une température de $20\pm 5^\circ\text{C}$, ou dans une salle en laboratoire à $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Le nombre d'éprouvettes par essai et par échéance est de trois (03).

La conservation des éprouvettes pour les essais de compression et traction par flexion dans l'air libre à différentes échéances (07, 14,28) pour subir les essais.

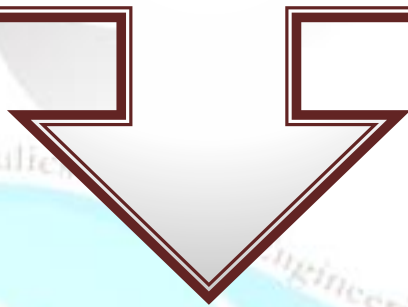
La conservation des éprouvettes pour les essais de rhéologiques (retrait) dans l'air libre à différentes échéances (01, 02, 03, 07, 14 et 28) pour subir les essais.

قسم المربي والهندسة
Department of Hydraulics and Civil Engineering

CHAPITRE - IV

ESSAIS

EXPERIMENTAUX



Department of Hydraulic Engineering

IV.1 ESSAIS REALISES :

Dans la présente partie, sont exposés les différents résultats expérimentaux relatifs aux différents essais effectués sur les bétons, conformément aux modes opératoires mentionnés au chapitre (I.) . Une analyse et une discussion des résultats, suivies d'une comparaison avec ceux reproduits dans la littérature, seront également présentées.

Type de béton **BSD** avec 100% de sable de dune.

Type de béton **BSA** avec 100% de sable alluvionnaire.

type des bétons **BSM** avec 80% de sable alluvionnaire est 20% de sable de dune.

IV.2 Pour béton ordinaire :

IV.2.1 Essais sur béton frais :

IV.2.1.1 Mesure de la consistance (Maniabilité):

L'ouvrabilité du béton est déterminée à l'aide de l'essai d'affaissement au cône d'Abrams de dimensions ($D=20$; $d=10$; $h=30$ cm) selon la norme française (NF P 18-451, 1990).

Le contrôle de l'ouvrabilité est effectué grâce à l'essai d'affaissement au cône d'Abrams qui consiste à :

- Remplir le cône en trois couches, tassées avec une tige d'acier pointue de 16mm de diamètre à raison de 25 coups par couche;
- Soulever le moule avec précaution et mesurer l'affaissement en cm la figure suivant



Figure IV-1 / Essai d'affaissement au cône d'Abrams

IV.2.1.2 Masse volumique du béton frais :

La masse volumique du béton frais a été déterminée, pour les différents Bétons confectionnés, conformément à la norme européenne (NF EN 12350-2, 1999).

Elle a été déterminée lors des essais d'étude et corrections de la formule des mélanges par la mise en place du béton frais dans un récipient rigide et étanche à l'eau de volume ($V=5 \text{ l}$) et de masse (m_1), puis pesé l'ensemble, soit la masse (m_2).

La masse volumique du béton frais, arrondie aux 10 kg/m^3 les plus proches, est donnée donc par la formule suivante :

$$D = m_2 - m_1/v \quad (\text{kg/m}^3)$$

IV.2.2 Essais sur béton durci :

IV.2.2.1 Masse volumique du béton durci:

Selon la norme européenne (NF EN 206-1, 2002), un béton de masse volumique normale, c'est un béton dont la masse volumique après séchage à l'étuve est supérieure à $2\,000 \text{ kg/m}^3$ mais inférieure ou égale à $2\,600 \text{ kg/m}^3$.

La masse volumique du béton durci a été déterminée, pour les différents bétons confectionnés, conformément à la norme européenne (NF EN 12390-7, 2001).

Elle a été déterminée, à l'âge de 28 jours, sur une éprouvette prismatique ($7 \times 7 \times 28 \text{ cm}$) de masse (m) constante après séchage à l'étuve et de volume réel (V). La masse volumique du béton durci mesurée en moyenne des trois éprouvettes est donnée par la formule suivante

$$D = m/v \quad (\text{kg/m}^3)$$

IV.2.2.2 Teneur en eau:

La mesure de la teneur en eau consiste à :

- P1 le poids d'échantillon de béton frais (P1) en Kg.
- P2 le poids d'échantillon de béton durci (P2) en Kg.

La teneur en eau est alors donnée par :

$$w = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\%$$

IV.2.2.3 Essais de résistance mécanique:

IV.2.2.3.1 Essai de compression :

L'essai de résistance à la compression du béton a été effectué conformément à la norme européenne (NF EN 12390-3, 2003).

Les essais de compression ont été réalisés laboratoire privé de Hassani Abdelkrim . L'essai de compression est l'essai le plus connu des essais mécaniques. Il s'effectue sur des éprouvettes cylindriques (16 H32), Annexes Photo.



Figure IV-2 /échantillon cylindrique

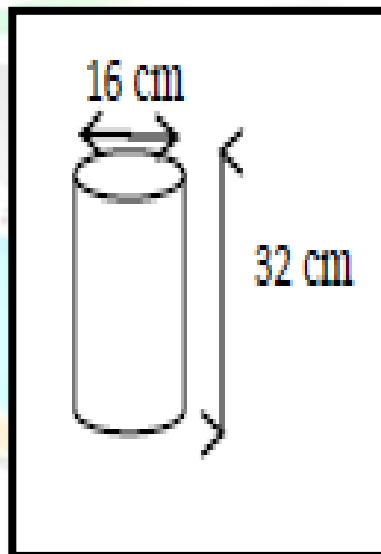


Figure IV-3 / éprouvettes cylindriques (16 H32)

La résistance à la compression correspond à la contrainte maximale calculée par la formule suivante (DREUX G. FESTA J, 1998)

$$\sigma_C = \frac{P}{A}$$

- P : La charge appliquée ;
- A : La section de l'éprouvette.

La résistance en compression à 28 jours désignée par σ_{C28} .

IV.2.2.3.2 -Essai de rupture de traction par flexion :

Les essais de la flexion ont été réalisés au. Cet essai est établi suivant la norme française (NF P 18-407, 1981). Un dispositif à rouleau utilisé en flexion (4points), comportant deux appuis à rouleau distant de 210mm sur lesquels repose l'éprouvette prismatique 70x70x280 mm, et un troisième rouleau équidistant des deux premiers, transmettant une charge concentrée F_f .

Pour cet essai on utilise la machine de la résistance à la flexion qui est disponible au laboratoire privé de Hassani Abdelkrim

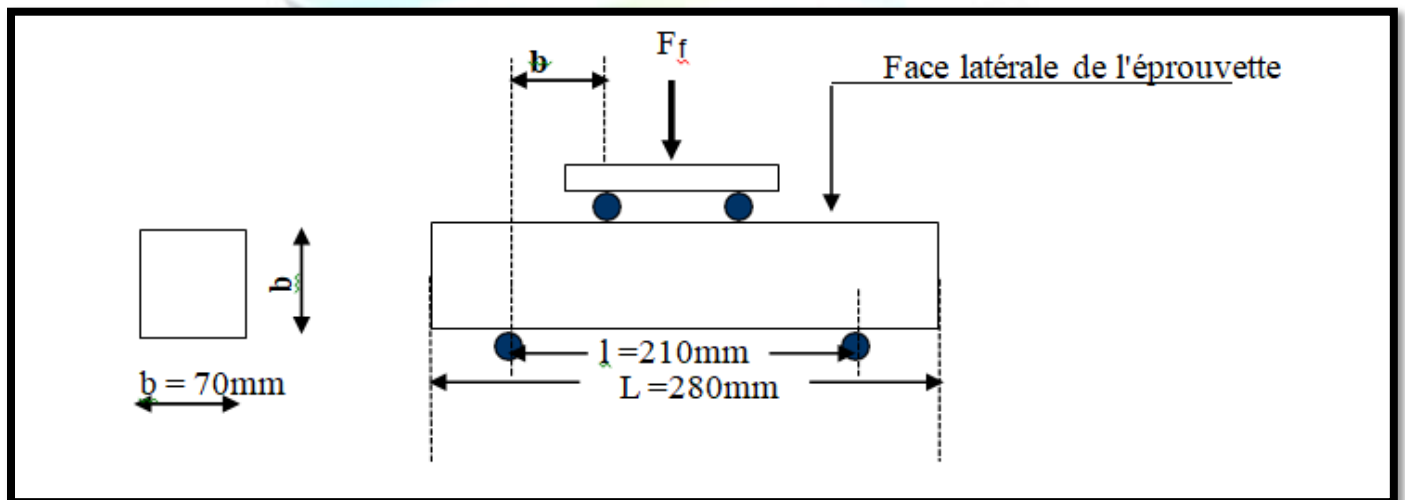


Figure IV-4 / Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (4 points)



Figure IV-5 / essai du traction pare flexion

IV.2.2.4 Mesure de retrait :

Les essais de retrait ont été réalisés au laboratoire de génie civil de l'Université Eochaid hamma Lakhdar Elouad. En l'absence de toute charge, le béton se déforme spontanément. Ces déformations sont dues essentiellement à une perte d'eau, par évaporation, ce qui se traduit par une diminution du volume.

L'évaporation de l'eau est facilitée par une forte perméabilité du béton due aux vides d'air. Ces vides d'air sont beaucoup plus importants en présence des granulats poreux qui absorbent une quantité importante d'eau provoquant ainsi des retraits importants lors du durcissement ; d'où l'intérêt de l'étude du retrait.

Le retrait est, par définition, la différence entre la longueur de l'éprouvette aussitôt après démoulage et sa longueur, après séchage consécutif, dans des conditions parfaitement spécifiées (Clause technique, 2004).

L'essai de retrait a été réalisé conformément à la norme française (NF P 18-427, 1996). Il consiste à mesurer en fonction du temps la variation de longueur d'une éprouvette prismatique (7x7x28 cm), par rapport à sa longueur initiale. L'éprouvette est placée dans un rétrocontrôle (voir Annexes **Photo ...**) munis d'un comparateur qui permet la mesure du retrait à tout moment. La longueur initiale (longueur de référence) est celle du prisme, un jour après sa fabrication.

La variation de longueur relative « dl » pour chaque éprouvette, est calculée par la différence entre la mesure initiale au démoulage et la mesure finale aux échéances spécifiées (1, 2, 3, 7, 14 et 28 jours).

La variation dimensionnelle de l'éprouvette ou le retrait « Vd », est définie par la formule suivante :

Avec :

$$Vd = \frac{dl}{l} \text{ (en } \mu\text{m/m)}$$

- dl : variation de longueur, exprimée en micromètres,
- l : longueur initiale entre les plots de mesure, exprimée en mètres.

Le retrait, à l'âge déterminé, est égal à la moyenne arithmétique, arrondie à la dizaine la plus proche, des valeurs mesurées sur chacune des trois éprouvettes. L'objectif de l'essai il s'agit d'évaluer le retrait, ou le gonflement, que provoque les différents bétons étudiés sur des éprouvettes de béton normal.



Figure IV-6 / Appareil de mesure du retrait

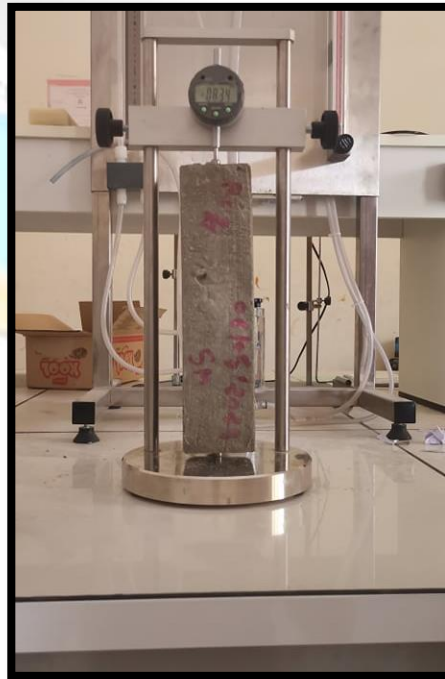


Figure IV-7 / échantillon de mesure du retrait

IV.3 Pour béton de sable :

IV.3.1 Essai de traction par flexion:

Cet essai est établi suivant la norme (NF EN 196-1, 2006). La figure (..) présente le dispositif à rouleau utilisé en flexion trois points ; comportant deux appuis à rouleau distant de 100 mm sur lesquels repose l'éprouvette prismatique (40x40x160 mm) , et un troisième rouleau équidistant des deux premiers, transmettant une charge concentrée F_f (Dupain et al, 2000).

La formule qui nous permet de calculer la résistance à la flexion est comme suit :

$$R_f = 1.5 \frac{F_f}{b^3} l$$

Où :

R_f : Résistance à la flexion en MPa ;

F_f : Charge de rupture de l'éprouvette en flexion N ;

l : Longueur qui sépare les deux appuis inférieurs en mm ;

b : Côté de l'éprouvette en mm.

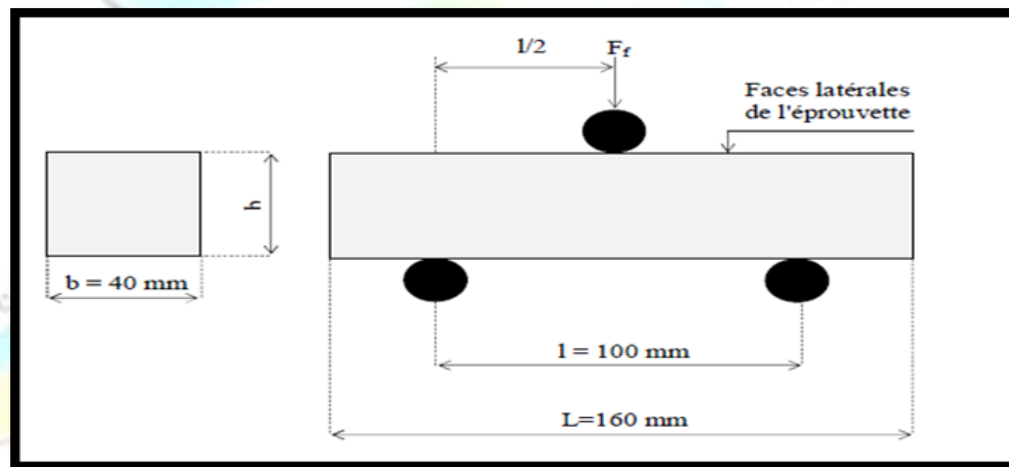


Figure IV-8 / Dispositif pour l'essai de traction par flexion (3 points)



Figure IV-9 /essais du traction pare flexion – éprouvette(4*4*16)



Figure IV-10 / le valeur de RC

IV.3.2 Essai de retrait :

Le retrait du béton est un phénomène très complexe du fait qu'il est lié à plusieurs paramètres à savoir la composition du béton, la qualité des granulats, la nature et le dosage en ciment, la quantité d'eau de gâchage et les conditions de conservation. Il est défini conformément à la norme (NF P15-433, 1994). La mesure du retrait ou du gonflement, se fait par le biais d'un appareil appelé (rétractomètre) (Figure IV11), muni d'un comparateur digital servant à mesurer les variations suivant l'axe longitudinal des éprouvettes (40x40x160 mm), dotées à leurs extrémités de plots métalliques noyés dans le béton.

Dans ce travail, l'évaluation du retrait a été réalisée en prenant la moyenne de trois éprouvettes identiques pour chaque mixture suivant un échéancier bien défini au préalable à savoir : 1, 2, 3, 7, 14, et 28 jours.

Le retrait, à l'âge déterminé, est égal à la moyenne arithmétique, arrondie à la dizaine la plus proche, des valeurs mesurées sur chacune des trois éprouvettes. L'objectif de l'essai il s'agit d'évaluer le retrait, que provoque les différents bétons de sable étudiés sur des éprouvettes.

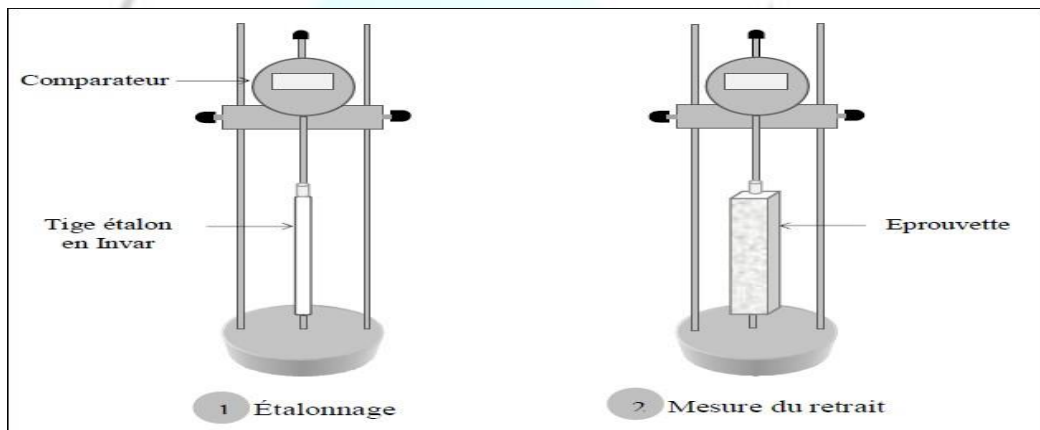


Figure IV-11 / Appareillage pour la mesure du retrait (Rétractomètre).



Figure IV-12 / mesure du retrait du un échantillon prismatique

CHAPITRE - V

DISCUSSION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

V.1 INTRODUCTION:

Parmi les caractéristiques importantes du béton, nous avons choisi de déterminer les résistances à la compression et à la traction à 7, 14 et 28 jours, et aussi d'étudier le phénomène de variation dimensionnelle (retrait, gonflement) à 1, 2, 3, 7, 14 et 28 jours pour le béton et béton de sable.

Généralement les bétons sont classés selon leurs résistances à 28 jours. Cette dernière est souvent influencée par plusieurs facteurs entre autres nous citons :

le rapport E/C.

le dosage et la nature du ciment.

la nature et les proportions des granulats. les conditions de conservation.

La mesure de la résistance se fait par les essais de compression et de flexion permettant de déterminer la contrainte de rupture de la compression du béton ou mortier et la contrainte de rupture de traction par flexion.

La variation dimensionnelle est souvent aggravée dans les conditions climatiques chaudes et sèches ; le béton présente dans ces conditions des retraites et des fissurations très importantes.

Dans le cadre de notre travail nous avons étudié l'influence des corrections réalisées sur le sable, sur le comportement du béton (résistance à la compression, à la flexion, retrait).

V.2 Pour béton de ordinaire :

V.2.1 Résultats des essais sur béton frais :

Afin de faciliter la comparaison des bétons entre eux, tous les bétons ont été fabriqués à différente ouvrabilité par un affaissement au cône d'abrams

- L'affaissement de type de béton (BSA) 100% sable alluvionnaire varie de 11 cm, consistance des bétons très plastiques
- L'affaissement de type de béton (BSD) 100% sable de dune varie de 10 cm, consistance des bétons plastiques.
- L'affaissement de type de béton (BSM) (80%SA + 20%SD) varie de 13 cm, consistance des bétons plastiques.

Table V-1 / Variation de l'affaissement et la teneur en eau en fonction de type de béton

type de béton	affaissement(cm)	masse volumique du béton frais (M1) kg/m ³	masse volumique du béton durci (M2) kg/m ³	M1-M2	teneur en eau %
BSA	13	2412	2321.2	85.8	3.56%
BAD	10	2524	2353.2	170.8	6.77%
BSM	11	2401	2296	105	4.37%

M1 : La masse volumique du béton frais.

M2 : La masse volumique du béton durci après 28 jours.

(M1-M2) : quantité d'eau évaporée.

La teneur en eau est égale à la quantité d'eau évaporée sur la masse volumique du béton frais. Les résultats de l'affaissement et teneur en eau sont représentés par la figure V.1 et V.2.

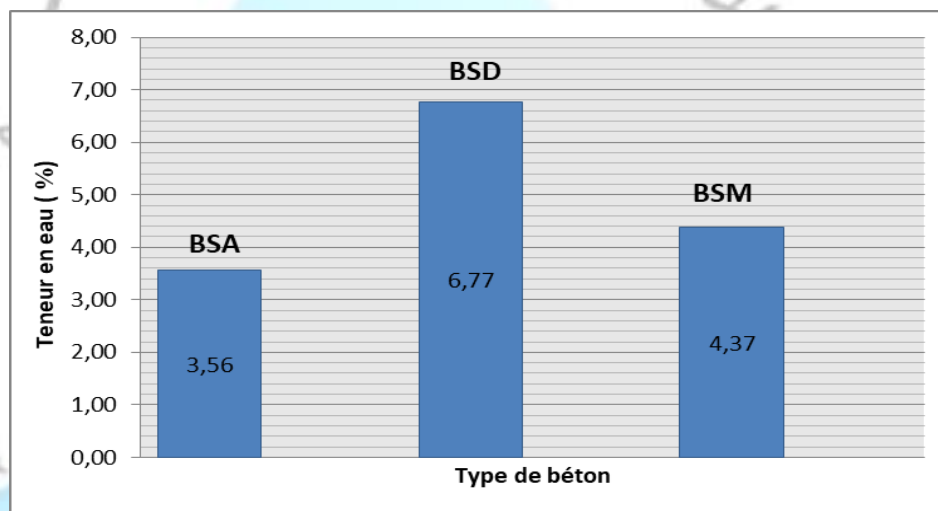


Figure V-1 / Variation de l'affaissement en fonction de type de béton..

La teneur en eau est égale la quantité d'eau évaporée sur la masse volumique du béton frais. Après extraire les résultats dénote une meilleur teneur en eau en béton de type de BSA. On remarque aussi que la teneur en eau plus grands dans le type de béton (BSD) par rapport les autres types, c'est à dire en effet l'augmentation de sable de dune dans la composition du béton augmente la teneur en eau. Le pourcentage de teneur en eau dénote une progression continue de type de béton successivement BSA.BSD.BSM .

Nous concluons de ces résultats à l'augmentation des élément finis dans le composition du béton corresponde à une augmentation en eau évaporable, donc l'augmentation de dosage de grain fin produit une consommation en eau de gâchage.

C'est à dire toutes les caractéristiques des granulats, comme l'état de surface des éléments granulaires est influé sur la consommation d'eau.

V.2.2 Résultats des essais sur béton durci:

V.2.2.1 Résultats des essais de compression :

la figure V.3 donnent les résultats de compression :

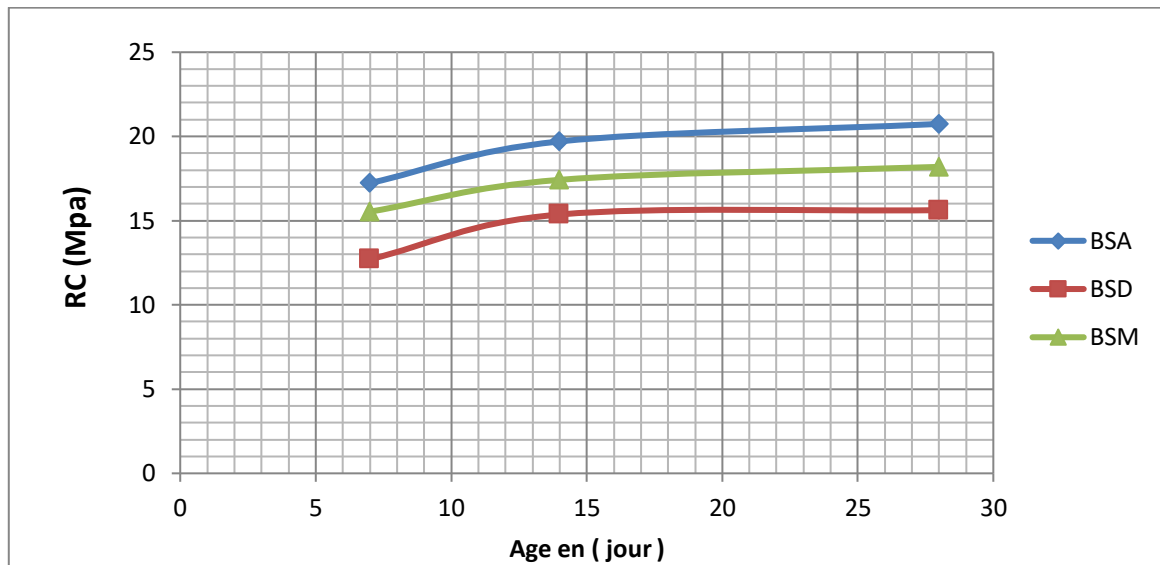


Figure V-2 // Evolution de la résistance à la compression

Les résultats trouvés dans la figure V.3, montrent les valeurs obtenues dans les deux types de cure dans l'eau et à l'air libre

Les types de béton (BSA) et (BSM) présente une meilleure résistance à la compression à tous les âges d'essai et dans les deux cures

Nous remarquons ce que suit :

L'allure des courbes des bétons dénote une progression continue de la résistance en fonction de l'âge du béton ; 7, 14 et 28 jours.

L'augmentation de pourcentage des poussières dans la composition du béton, crée une diminution de la résistance à la compression du béton à l'âge de 28 jours dans tous les modes de cure.

Le tableau V-2 représente les résultats de résistance à la compression entre le béton de référence BSA et les différents bétons témoins.

Table V-2 / La différence des valeurs des résultats de résistance à la compression

Age	BSA-BSD	%	BSA-BSM	%
7	4.52	26.24	1,7	9.86
14	4.33	22	2,28	11.57
28	5,12	24.68	2,55	12.29

Le comportement des différents bétons BSA, BSD et BSM se montre en progression continue en fonction de l'âge 7, 14 et 28 jours néanmoins nous constatons une diminution de la résistance à la compression de béton BSD par rapport au BSA et BSM qui sont notamment du BSD qui est 100% sable de dune et ceci dans les deux types de cures (voir tableau V.2), BSA- BSM de l'ordre de 9.86 % à 28 jours c'est-à-dire égalité presque.

Donc le béton de Mélange de sable est donne un résultat important dans le domaine de construction de béton comme le béton de sable alluvionnaire.

A cet égard on a trouve lors de la formulation du béton, que l'augmentation du dosage en éléments fins conduit à une augmentation en dosage en eau, pour le béton de sable de dune, ce qui va baisser la résistance à la compression. mais la différence entre les deux types de béton BSA et BSM qui est négliger presque, justifie, par l'étude bibliographique qui donne les résultats suivants :

La résistance à la compression est influée par quelques caractéristiques du sable, à savoir, le module de finesse, l'équivalent de sable, et l'état de surface des grains.

Autre facteur, influe sur la résistance, c'est le dosage en eau, donc le béton de sable alluvionnaire (BSA) est donne un bonne résultat dans le domaine de construction de béton.

V.2.3 Résultats d'essai de rupture de traction par flexion :

Les résultats de cet essai sont donnés par la figure V.4.

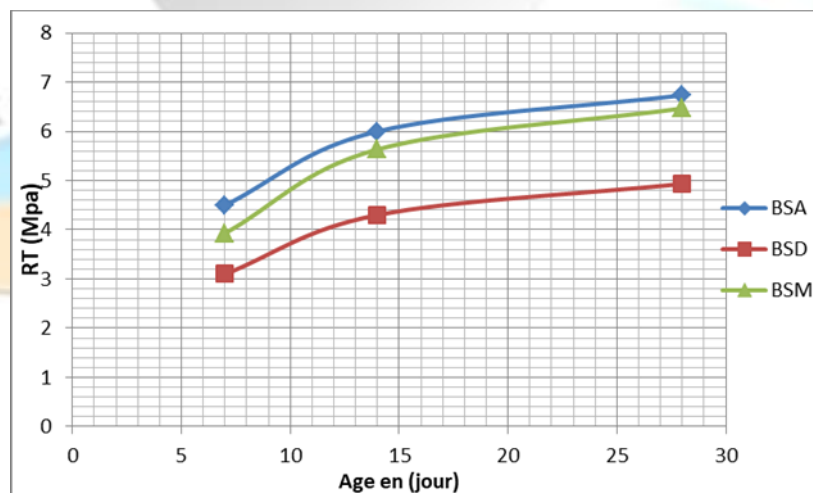


Figure V-3 / Evolution de la résistance à la flexion dans l'air libre

Les résultats donnés des courbes sur la (figure V.4), représentent la variation de la résistance à la traction des différents types de béton en fonction de l'âge :

L'allure des courbes des bétons dénote une progression croissante de la résistance à la traction en fonction de l'âge,

Les résistances enregistrées à 07, 14 et 28 jours des différents bétons sont très rapprochées entre BSA et BSM et peu dispersés.

Le béton BSA a donné les meilleures résistances à 7, 14 et 28 jours, ce béton est constitué de 100% sable Alluvionnaire par rapport aux autres bétons. Probablement l'augmentation de quantité de poussière diminue l'adhérence granulat/matrice, c'est-à-dire l'influence de pourcentage d'équivalent de sable et la propreté, ce qui diminue par la suite la résistance à la traction. C'est pour cette raison que les bétons BSD et BSM ont une résistance relativement plus faible par rapport au béton de type BSA. peut être à cause des caractéristiques de sable comme (composition chimique, minéralogique et distribution la dimension des grains de sable...etc.).

L'analyse qu'en peut déduire sur la représentation graphique des différents résultats obtenue entre les compositions des bétons, nous remarquons que les courbes sont en progression continues avec l'âge 7, 14 et 28 jours.

le tableau V-3 représente la différence des résultats entre les béton (BSA-BSD) et (BSA-BSM) à 7, 14 et 28 jours d'âge.

Table V-3 / La différence des valeurs des résultats de résistance à la traction

Age	BSA-BSD	%	BSA-BSM	%
7	1,4	31.11	0,57	12.66
14	1,7	28.33	0.36	6.10
28	1,8	26.73	0.26	3.96

V.2.4 Résultats de retrait :

Les résultats des essais de retrait sont représentés les figure V-5

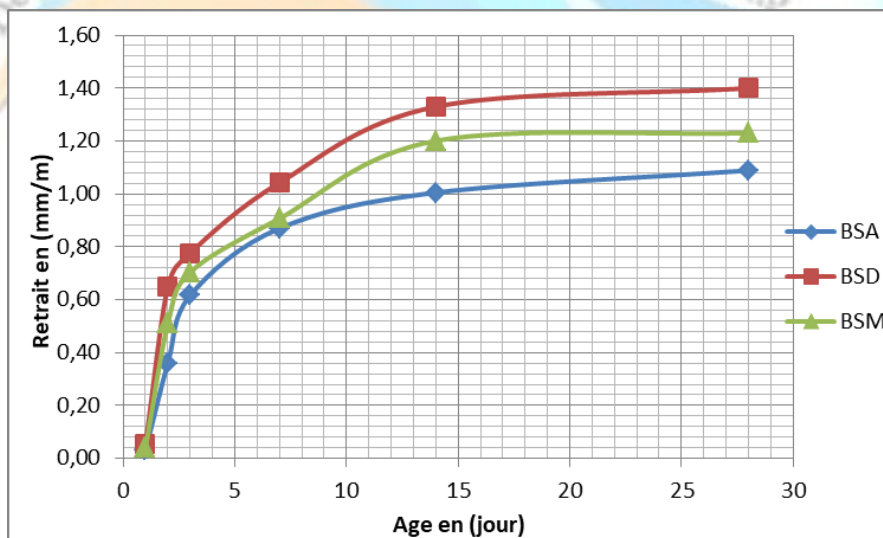


Figure V-4 / Evolution de Retrait en fonction d'âge

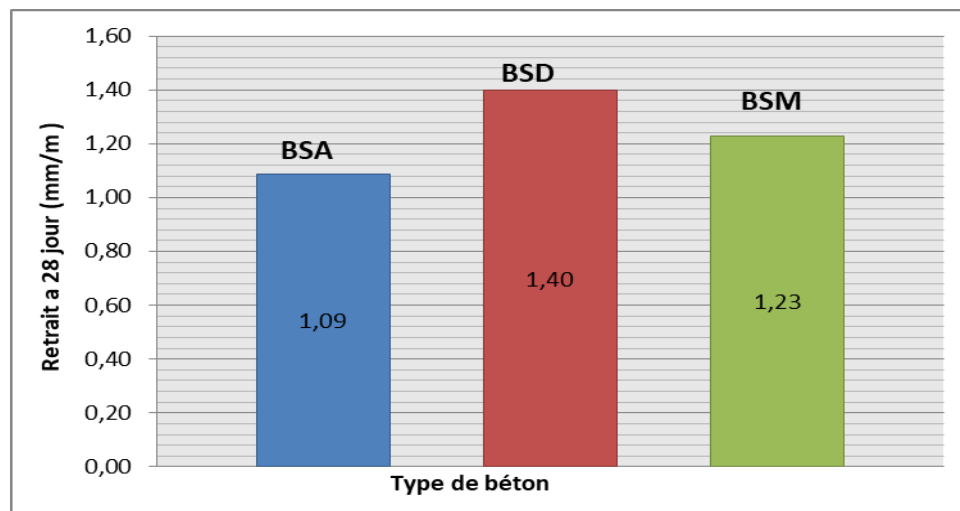


Figure V-5 / Variation de retrait en fonction de type du béton à 28 jours

Les résultats présentés sur la figure V.5, montre que le retrait à 1, 2, 3, 7, 14, 28 jours des types de béton BSA étudié et leur comparaison par les deux types de béton BSA, BSM qui est témoins, sont rapprochés les uns des autres, toute fois les résultats obtenus à 28 jours sont situés entre 1.09 et 1.23 (mm/m) On note que le retrait du béton à base de sable de dune est très grand.

Il faut préciser que les résultats obtenus sont au-delà des tolérances spécifiques aux régions désertiques (0,5mm/m) (NF P 18-427, 1996).

En faisant la comparaison des résultats entre les différents bétons proposée BSA, BSD et BSM aux âges suivants 1, 2, 3, 7, 14 et 28 jours (voir figure V.5) nous constatons que le retrait augmente avec le temps, mais ce qui est intéressant on remarque que l'écart devient plus important à partir de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} jour entre le béton, mais au 28^{ème} jour les béton BA et BSR se rapproche 1.09 et 1.23 on peut dire que le béton pourrait être acceptable, par contre le BSD augmente jusqu'à 1.40mm/m

le tableau V-4 représente la différence des résultats entre les béton (BSR-BA) et (BSR-BSD) à 1, 2, 3, 7, 14 et 28 jours d'âge.

Age	BSA-BSD	%	BSA-BSM	%
1	-0,02	-70,6	-0,01	-28,032
2	-0,29	-80,6	-0,15	-41,667
3	-0,16	-26,0	-0,09	-14,205
7	-0,17	-19,8	-0,04	-4,2912
14	-0,33	-32,3	-0,20	-19,486
28	-0,31	-28,5	-0,14	-12,987

Nous pouvons déduire que les résultats de différence entre les bétons BSA-BSM sont inférieurs aux résultats de différence de béton BSA-BSD à cause du dosage en sable de dune. la conclusion qu'on peut faire de cette analyse c'est que le sable de dune a une faculté assez importante d'absorption d'eau pour l'ouvrabilité du béton, par conséquent la durée de retrait devient très importante dans le temps et plus grandes en valeur d'où fragilité du matériau.

V.3 Résultats des essais sur béton de sable:

V.3.1 Résultats d'essai de traction par flexion:

Après l'application de cette essais nous configurons les résultats obtenues dans les figures V.7 et V.8

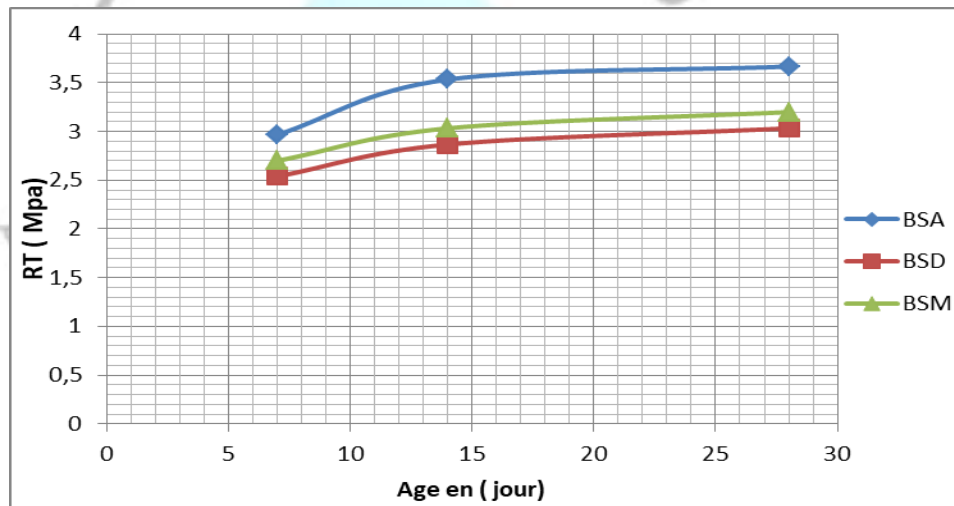


Figure V-6 / Résistance à la flexion en fonction d'âge

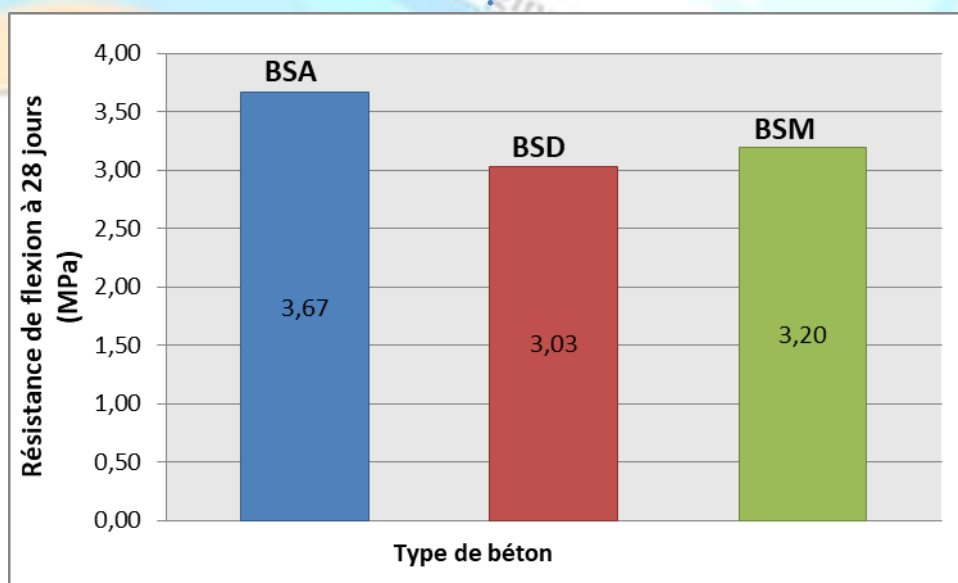


Figure V-7 / Variation de Résistance de flexion en fonction de type du béton de sable à 28 jours

Les résultats donnés des courbes sur la figure V.7 représenté la variation de la résistance à la traction par flexion des différents types de béton en fonction de l'âge :

L'allure des courbes dénote une progression régulière de la résistance à la traction en fonction de l'âge,

Les résultats exposés sur les figures V.7, V.8 montrent une amélioration de la résistance à la traction par flexion pour les deux types des bétons de sable BSA et BSM par rapport aux bétons de sable de dunes témoin (BSD).

A cet égard (Mani M et al, 2017). a remarqué dans son étude sur les caractéristiques de béton de sable, lorsqu'il utilise la correction granulométrique du sable de dune avec le sable alluvionnaire, il a remarqué lorsque l'augmentation de pourcentage de sable alluvionnaire la résistance du béton de sable a augmenté à cause de l'analyse granulométriques très serré parce que le diamètre du granulat est entre 0,08 et 0,63mm et la plupart des granulats est limité à 0,315 mm et ça rend la surface spécifique est très grand avec des grands porosité et ça rend la compacité faible.

Mais lorsqu'on remarque que le mélange de sable qui est étudié avec un module de finesse 2.40, donne des résultats mieux résistantes que le sable alluvionnaire avec un module de finesse de 2,71 on remarque que l'augmentation des valeurs des résistance ne sont pas influés au diamètre des grains uniquement. Puis que dans plusieurs études qui sont été faite pour améliorer les caractéristiques du béton de sable., ainsi que l'équivalent de sable est un facteur positif sur la résistance.

Dans notre étude l'équivalent du mélange de sable prend la valeur de 82.46 et le sable alluvionnaire de valeur de 74.32 voir le tableau IV-4 cette différence indique que la propreté est le facteur essentiel pour l'amélioration de la résistance du béton de sable

V.3.2 Résultats de retrait :

Les résultats des essais de retrait sont représentés les figure V-27 et V-28.

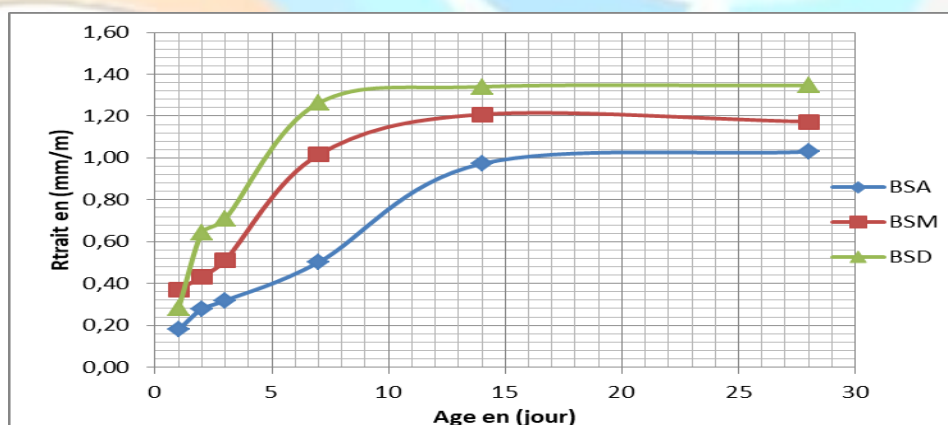


Figure V-8 / Evolution de Retrait en fonction d'âge

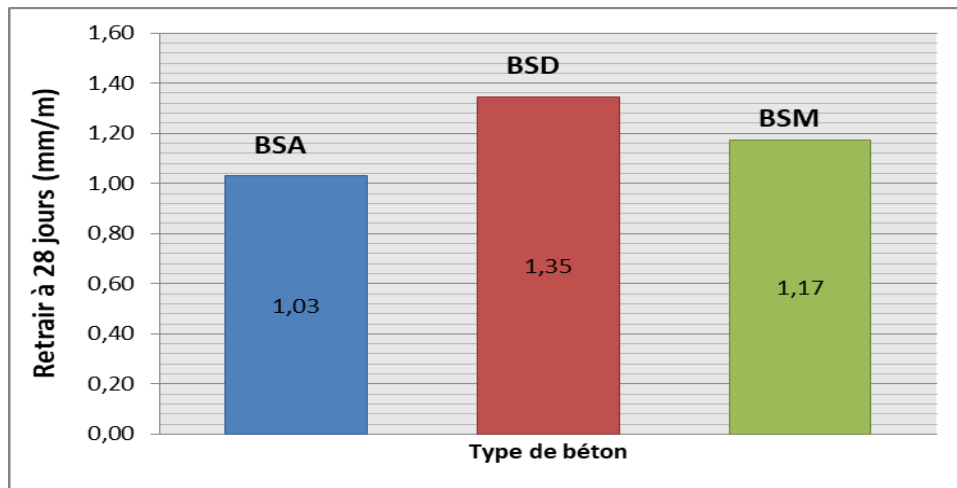


Figure V-9 / Variation de retrait en fonction de type du béton de sable à 28 jours

Les résultats présentés sur la figure V.9, montrent que le retrait à 1, 2, 3, 7, 14 et 28 jours des types de béton de sable BSA étudié et BSM, BSD témoins ,

Les types de béton (BSA)et (BSM) présente une meilleure résultat à tous les âges d'essai et pour même cas de conservation

Nous remarquons ce que suit :

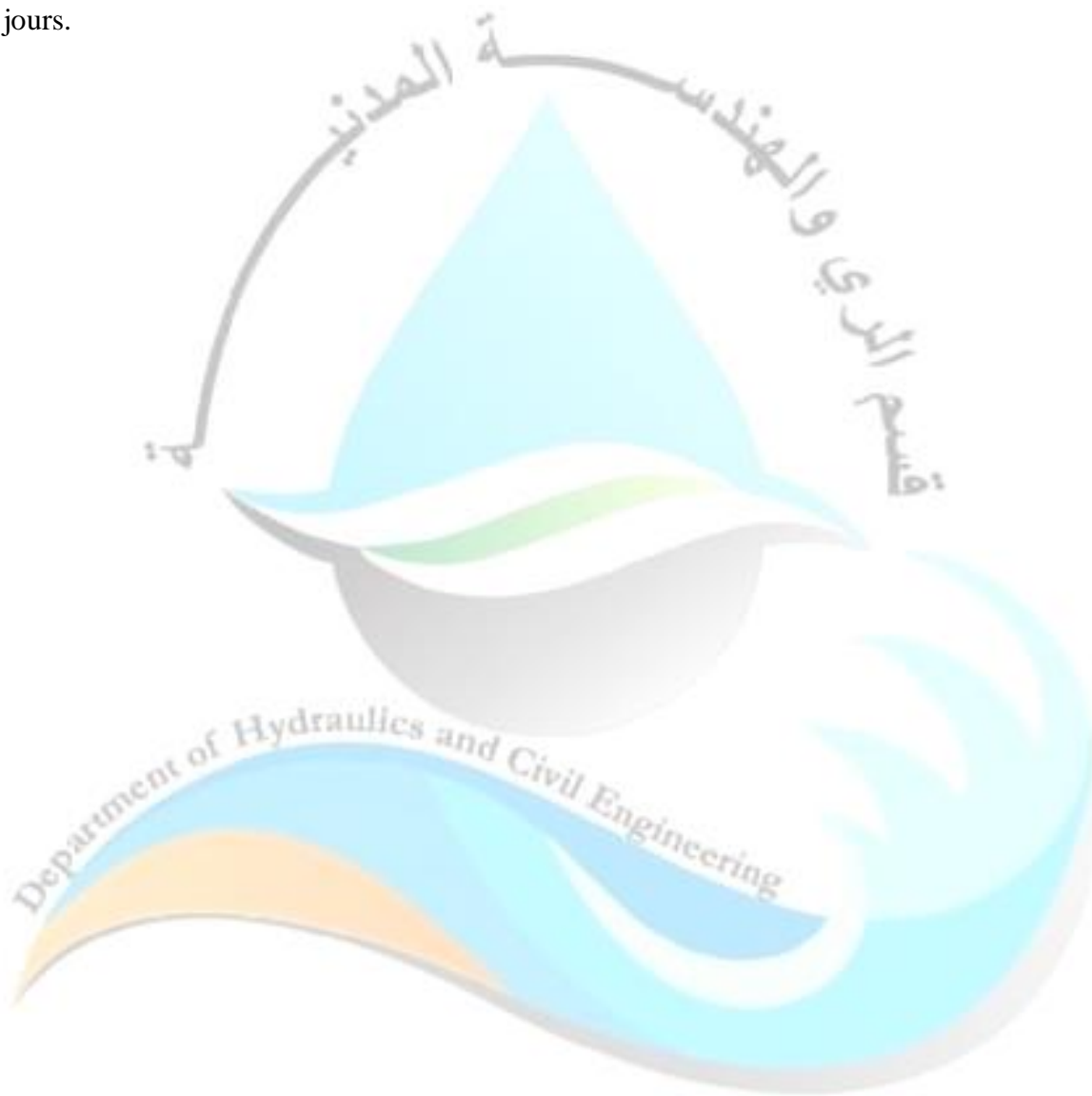
L'allure des courbes des bétons de sable dénote une progression continue de retrait en fonction de l'âge du béton ; 1, 2, 3, 7, 14 et 28 jours, néanmoins cet progression très forts dans les premiers durée d'essai, et après le 14 jours nous remarquons un progression faible dans la valeur de retrait pour les trois types des béton de sable.

Les résultats de retrait de dessiccation sont présentés sur la figure V.9. Ils révèlent que la différent granulométrique du sable utilisé ayant un module de finesse $M_f = 2,71$, $M_f = 2.40$ et $M_f = 1.2$ pour les béton de sable BSA, BSM et BSD successivement contribue d'une manière significative à la réduction du retrait.

Cette diminution du retrait est la conséquence directe de la différence de granulométrie du sable, ayant comme effet l'amélioration de son module de finesse par les types des sables.

Voir le paragraphe (II. 3. 2. 4. 3) Dans le même contexte, Bouziani et al. (2012) ont observé que le mélange du béton de sable réalisé avec du sable alluvionnaire et 15% de sable de dunes, donne une valeur du retrait plus élevée de l'ordre de 1.35 mm/m, par rapport au mélange préparé uniquement avec du sable alluvionnaire où la valeur du retrait est de l'ordre de 1.03 mm/m

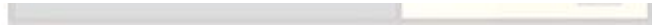
Cette observation est en commun accord avec nos résultats ; dans lesquels nous avons remarqué que l'augmentation de la quantité du fines de sable conduit à une augmentation du retrait. Même chose pour Tafraoui (2009) qui a rapporté que les bétons réalisés avec du sable de dunes présente un retrait élevé au cours des 100 jours d'étude. Les tests effectués par Bouaziz et al., (2013) ont montré l'effet bénéfique de la correction granulométrique du sable de dunes, avec une réduction significative du retrait de l'ordre de 54 % à 7 jours.



الهندسة المدنية

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Dep



CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Conclusion :

- Le but visé par cette étude, est le remplacement du sable de construction ordinaire, par le sable de dune, a fin de mettre en valeur ce dernier qui se trouve en abondance au sud du pays, et l'intégré dans la masse de béton, tout en menant une recherche basée conjointement sur une synthèse bibliographique et un travail expérimental.

- La réalisation de cette étude a été effectuée en trois chapitres, une étude bibliographique, une caractérisation empirique des matériaux utilisés, et une étude expérimentale des différents bétons obtenus.

Concernant la recherche bibliographique, nous l'avons subdivisée en trois parties.

- Dans la première partie, on a ressorti les propriétés essentielles du béton ordinaire, afin d'avoir les arguments de comparaison. A cet effet, et selon les documents élaborés dans ce sens, nous avons trouvé que ces propriétés doivent être présentes dans tout béton ayant le même rôle que le béton ordinaire, à savoir la résistance, l'ouvrabilité, l'élasticité, l'étanchéité, le retrait et la durabilité.

En deuxième partie, on a étudié les caractéristiques des granulats et leur influence sur les propriétés essentielles du béton, on note à cet égard, que plusieurs ouvrages (livres) qui traitent le rôle des caractéristiques des granulats dans la composition des bétons, où on a pris les constatations suivantes :

- L'augmentation de la teneur en éléments fins diminue la résistance à la compression et augmente l'ouvrabilité et le retrait.
- La consommation d'eau de gâchage dépend de l'état de surface et la géométrie des grains des granulats.
- La taille maximale des granulats influe sur le retrait et l'ouvrabilité.

Aussi nous avons trouvé à l'aide des figures présentées dans cette étude, la relation entre les propriétés essentielles du béton et les modules de finesse du sable utilisé.

La troisième partie est consacrée pour les recherches menées sur l'utilisation de sable de dune dans la masse de béton.

La plupart des recherches ont envisagé des études sur ce qu'on appelle le béton et le béton de sable, cependant on remarque que le béton de sable de dune présente des propriétés presque similaires à celles de béton ordinaire, tel que la résistance à la compression, l'ouvrabilité, l'élasticité, mais en revanche, le béton de sable de dune donne des valeurs de retrait très importantes par rapport au béton ordinaire.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

- A travers cette recherche, nous avons effectué un travail complémentaire qui met en évidence la possibilité d'obtenir un béton à base de sable de dune satisfaisant aux normes, avec le maintien de la fraction granulaire du gravier. Ce travail se représente dans les chapitres deux et trois.

- Le chapitre deux contient les essais de convenance des matériaux utilisés pour l'identification de ces derniers afin de connaître les caractéristiques des différents composants des bétons étudiés.

Les essais réalisés sont ceux recommandés par les normes AFNOR, à savoir, la granulométrie, mesure des masses volumiques, mesure de module de finesse, mesure de propreté, et les analyse chimiques.

Les essais ont montré que :

- Le sable de construction utilisé c'est le sable de Djamaa, à granulométrie étalée.
- Le sable de dune utilisé c'est le sable de taibet d'origine siliceux, de couleur jaune, à granulométrie serrée et fine.

Pour les deux classes de gravier utilisées, sont d'origine calcaire provenant de carrière de "Haoud - El-Hamra" de couleur blanchâtre, d'un taux d'absorption faible.

L'étude expérimentale des différents types des bétons obtenus, est indiquée dans le troisième chapitre.

Cette étude a été élaborée en deux étapes.

En première étape, on a confectionné les différents bétons d'après la méthode de «Dreux - Gorisse» et selon les différents pourcentages de dosage en sable de dune qui seraient : 00 %, 20 %, et 100 %.

- La deuxième étape, c'est la réalisation des essais de reconnaissance pour la détermination des propriétés physico-chimiques des différents bétons étudiés.

D'après les résultats trouvés nous ressortons les remarques suivantes :

1. Le béton ordinaire est toujours prépondérant par rapport aux autres bétons.
2. Le béton à base de sable de dune présente une résistance à la compression assez insuffisante, où on a constaté une réduction de résistance par rapport à béton ordinaire à raison de **24 %**.
3. Les propriétés de l'ouvrabilité et la compacité maintiennent presque même valeurs aussi bien dans le béton ordinaire que dans le béton à base de sable de dune.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

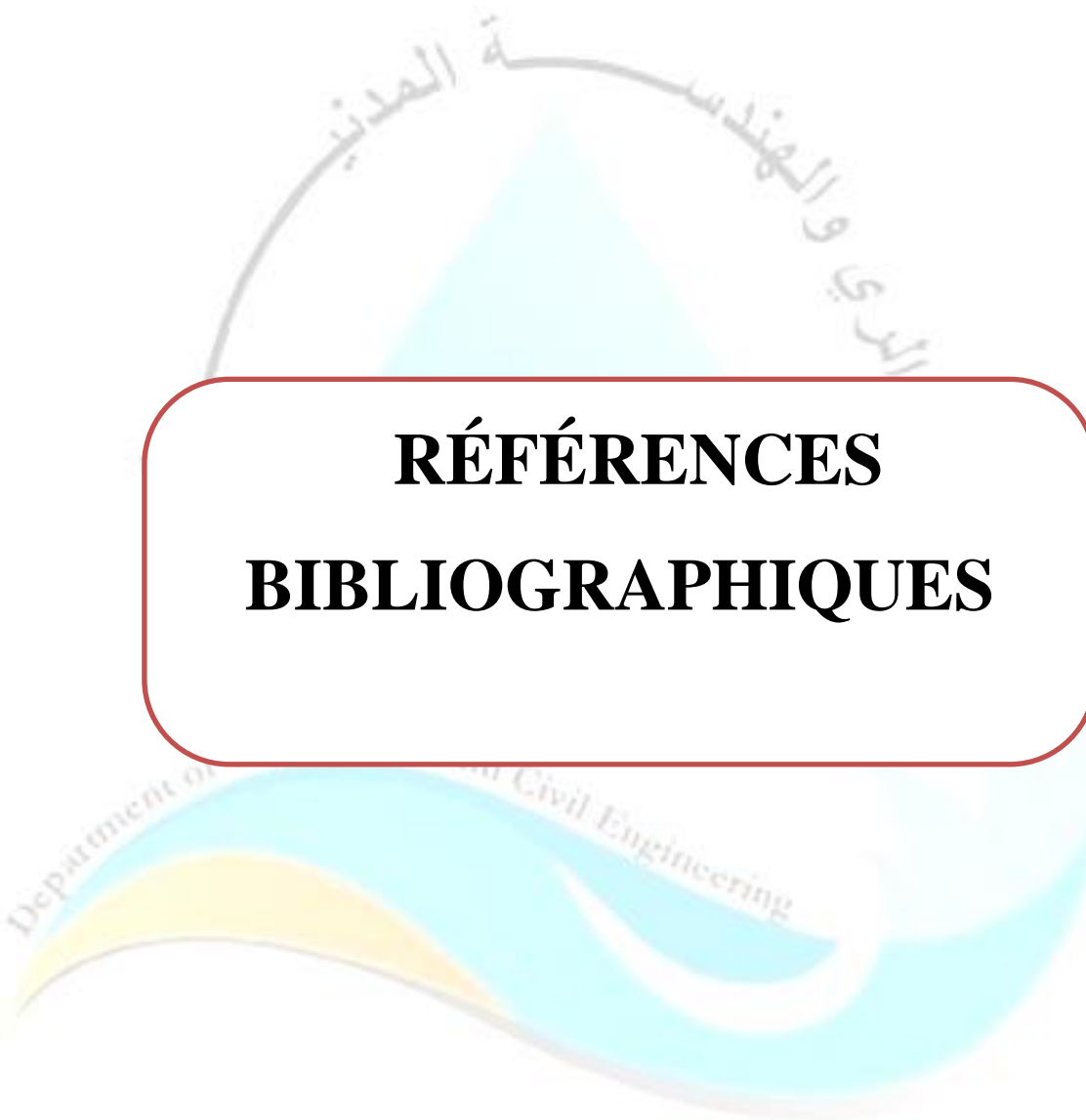
4. La convergence des valeurs retrait entre le béton ordinaire, et le béton contient de **22 %** sable de dune
5. Une grande divergence des valeurs de retrait entre le béton ordinaire, et le béton à base de sable de dune, au point que ces valeurs dans le béton à base sable de dune sont **1.5** fois plus grande que celles du béton ordinaire.

Recommandations :

1. Le béton à base de sable de dune se caractérisé par une forte consommation en eau ce qui réduit la résistance à la compression, à cet effet nous suggérons d'utiliser des plastifiants.
2. La finesse du sable de dune exige un dosage en ciment élevé, donc nous recommandons d'utilisés des filler inerte pour minimiser ce dosage.
3. L'adaptation d'une formulation convenable et compatible pour le béton à base sable dune, sur la base des études statistiques tiennent compte les trois facteurs «ouvrabilité - résistance - retrait».

En perspective, nous proposons les axes de recherches suivants :

1. L'étude de la durabilité du béton à base de sable de dune à différentes cures.
2. L'étude de l'évolution des caractéristiques physico - mécaniques de ce béton à long terme «plus de 6 mois.
3. Optimisation du béton de sable corrigé par les différentes méthodes de formulation.
4. Pour réduire le rapport E/C il faut utiliser un adjuvant (réducteur de l'eau).
5. Pour réduire le retrait de ce béton il faut le renforcer par des fibres d'acier, ou végétale.



**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

-A-

AHMED-CHAOUCHE A Etude des caractéristiques de béton de sable de dune - ENP
Alger : Mémoire de magister, 1993.

AKROUT K. MOUNANGA P. LITIF M. JAMAA N B Rheological, Mechanical and
Structural Performances of Crushed Limestone Sand Concrete. - : International Journal of
Concrete Structural and Materials, vol. 4, no 2, p 97-104, 2010.

ATHIL Guide pratique pour l'emploi des ciments : Association technique de l'industrie des
liants hydrauliques , 1998.

-B-

BALLAIS J L Des oueds mythiques aux rivières artificielles , l'hydrographie du Bas-Sahara
Algérien. : Physio-géo .vol 4 .2010.p107-127, 2010.

BARKAT A Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton. -
Université Ouargla : Mémoire de magister, 2006.

BARON J OLLIVIER J P Les Bétons, Bases et Données pour leur Formulation. - Paris :
Éditions Eyrolles, 2ème Tirage, p. 188 –293, 1997.

BATATA A le béton de sable de dune – sa formulation et ces Propriétés : CNERIB, 1994.

BEDADI. L., BENTEBBA . M T. . Characteristics of Sand of the Oueds in the Region of
Oued Righ (Oued N'SA , Oued M'ZAB and Oued Rtem) in the Making of Concrete in the
Arid Regions : Energy Procedia 119 .733–741, 2017.

BEGUE P. GAGNE R Relations écaillage/sorptivité des bétons confectionnés à l'aide de
ciments aux ajouts: - Université de Sherbrooke : « Étude préliminaire». Document interne, ,13
p, 2004.

BENABED B. KADI E H. AZZOUZ L. KENAI S Properties of self-compacting mortar
made with various types of sand : Cement and concrete composites vol. 34,no 10, p. 1167-
1173, 2012.

BENAISSA I « béton de sable fibré projeté pour panneau 3d». - Université Oran. : thèse de
Doctorat, 2015.

BENCHAA B. AZZOUZ L. KADRI E. BELAIDI A S E. SOUALHI H Propriétés
physico-mécaniques et durabilité des mortiers à base du sable de dunes: XXXe Rencontres
AUGC-IBPSA Chambéry, Savoie, 2012.

BENMALEK M L contribution à l'étude des bétons de sable dunaire Pour éléments de
structure. - ENP Alger : Mémoire de magistère, 1992.

BENMALEK M L. Bali A, Le béton de sable de dunes : un matériau performant pour le monde arab: Proceedings of First Arab Mechanical Congress. Damas, Syrie. 1-3 juin. pp 254 – 261, 1997.

BENMALEK M L. DERABLA R Elaboration et Caractérisation d'un Béton à base de sable dunaire et de sous-produits industriels. - Tunisie : Colloque Sols et Matériaux à Problèmes, 2007.

BENOSMAN .A S ., “ Performances Mécaniques et Durabilité des Matériaux Cimentaires Modifiés par Ajout de Polymère (PET) Thèse de Doctorat en Chimie Université Oran, 2011.

BONNEAU O Etude d'effet physico-chimiques des super plastifiant en vue d'optimiser le comportement rhéologique des béton à Ultra-Haute Performance. - école normale supérieure de Cachan et université de Sherbrooke : Thèse de doctorat en cotutelle, 1997.

BOUASKE M étude numérique et expérimentale du retrait endogène au très jeune âge des pâtes de ciment avec et sans inclusions - Université de Nantes : Thèse de Doctorat, 2007.

BOUAZIZ A. HAMZAOUI R. REZIGUE S. BENNABI A Valorisation du sable de dune dans les formulations des mortiers et des bétons - Cachan : 31èmes Rencontres de l'AUGC, E.N.S. 29 au 31 mai 2013, 2013.

BOUZIANI T. BEDERINA M. HADJOUJDA M Effect of Dune Sand on the Properties of Flowing Sand-Concrete (FSC) : International Journal of Concrete Structures and Materials 6, 59-64., 2012.

Brahma A Le Béton - Alger : Éditions OPU, p. 80 –95, 1996.

-C-

C.T.T.P choix de formulation de sable de enrobé - Ouargla :, 1999.

CALGARO J. LACROIX R Maintenance et réparation des ponts : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, p.11-19, 1997.

CASANOVA P Béton renforcés de fibres métalliques du matériau à la structure - France : Etudes et recherches des laboratoires des ponts et chaussées, Série ouvrages d'art OA20, 1996.

CASSAGNABERE Franck produits préfabriqués en béton file: vers l'amélioration des performances du matériau pour mieux gérer le procédé de production. - Université de Toulouse III : Thèse de Doctorat, 2007.

CHELGOUM F. LOUATIM M Béton de sable de dune: M.F.E –ENP, 1985.

22Clause technique C.T.7/75 commission de normalisation Permanente de Normalisation des Matériaux de Construction - GRAND-DUCH de Luxembourg : Ministère des travaux publics,2004.

COLLECTION TECHNIQUE CIMBETON. Les bétons : Durabilité des ouvrages en béton. Tome 1. Centre d'information

-D-

DE LARRARD F structure granulaires et formulation des bétons : Laboratoire centrale des ponts et chaussées, p.30-208, 2000.

Derbala A Contribution aux Possibilités d'Amélioration de la Qualité du Béton. - Université Blida : Mémoire de Magistère en Génie Civil, 1999.

DESOUZA S J. HOOTON R D. BICKLEY J A Evaluation of laboratory drying procedures relevant to field conditions for concrete sorptivity measurement : Cement, Concrete and Aggregates, Vol. 19, No 2, pp. 59-63, 1997.

DREUX G. FESTA J Nouveau Guide du Béton et de ses Constituants : Editions Eyrolles, 2002.

Dupain R., Lanchon, R., Saint Arroman, J.C., 2000 Granulats, sols, ciments et bétons - caractérisation des matériaux de génie civil par les essais laboratoire, 2nd ed. Casteilla, Paris. 240p. - 2000.

-E-

El Houssain R contribution a l'analyse du comportement mécanique de dalles en béton arme renforcées par matériaux composites. - Thèse de doctorat : université LYON , 2004.

-F-

FAGERLUND GORAN Critical degrees of saturation at freezing of porous and brittle materials. - LUND Universty Published :, 1973.

Fiche de Qualité Ciment CPJ – CEM II / 42.5A. : Conformément à la norme NA 442, 2000.

Fiche technique Tom 2 Collection technique CIM béton, Les béton formulation, fabrication et mise en œuvre : Edition octobre, 2006.

Fiches Techniques Cimbeton B1 Le Béton. - Paris : Centre d'Information de l'IndustrieCimentier, 1997.

Figoli Y l'Art de âtir: Modulo Éditeur, Volume 4, Québec, p. 108 –113., 1985.

-G-

GHRIB A Etude d'un béton de sable de dunes pour pistes Aéronautique [Rapport]. - E.N.P Alger : Thèse de magistère, 1994.

GORCHAKOV G I Matériaux des constructions. - MOSCOU :, 1988.

GOUA M S contribution à l'élaboration d'un procédé de valorisation de Co-produits argileux – cas du béton argileux cellulaire obtenu par réaction avec l'aluminium pulvérulent caractérisation et comportement thermohydrigue: Thèse de doctorat ENP, 2001.

-H-

Hachem Chaib al Thermal study of earth bricks reinforced by date palm fibers - : Energy Procedia 74, 919 – 925, 2015.

HALL C Water sorptivity of mortars and concretes : a review Magconcrres;41(147):51–61, 1989.

HORNAIN H ARLIGUIE G Grandubé Grandeurs associées à la Durabilité des Bétons -Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2007

-I-

INRAA La vallée d'Oued Righ : une problématique, une approche, une tentative de diagnostic 13p., 2001.

-J-

JIANG. L., LIU. Z., YE. Y, Durability of concrete incorporating large volumes of low-quality fly ash, Cement and Concrete Research 34, 1467– 1469, 2004.

JENSEN O Autogenous phenomena in cement-based materials. - University of Denmark :, 2005.

-K-

KEDJOUR N Propriétés et Pathologie du Béton. - Alger : Éditions OPU, p. 129, 1993.

KHOUADJIA M L k. MEZGHICHE B étude du retrait et du gonflement des bétons à base de différents sables algérien. - SKIKDA-ALGERIA : international symposium on construction management and civil engineering (ISCMCE-2017), 15-16 Novembre 2017, 2017.

KOMAR A Matériaux et Éléments de Construction. - Moscou : ,Éditions Mir, 3ème Édition,p. 188, 1978

-L-

LEC Rapports d'essai de Laboratoire Etude et Contrôle Ouargla. - Ouargla : Essai de Laboratoire, 2016.

LTPS Rapports internes de laboratoire des travaux publics sud. - Ouargla :, 2005.

LURA P. DURAND F Proceeding of the international RILEM conference:Volume changes of hardening concrete: testing and mitigation : Ole Mejlhede Jensen, Pietro Lura and Konstantin Kovler, P 57-65, 2006.

Luo, F.J., He, L., Pan, Z., Duan, W.H., Zhao, X.L., Collins, F., Effect of very fine particles on workability and strength of concrete made with dune sand. *Construction and Building Materials* 47, 131-137, 2013.

-M-

Maillot R Mémento Technique des Granulats - Paris : Presses École des Mines de Paris p. 31 –39, 2001.

Mani Mohammed, Kriker Abdelouahed, Belferrag Allaoua, ., Compressive strength of dune sand reinforced concrete: *Energy Procedia* 1814, 020023-1–020023-8, 2017.

MELAIS F Z. ACHOURA D Formulation et propriétés des bétons de sable renforcé des fibres de polypropylène. - Tlemcen : XXIXe Rencontres Universitaires de Génie Civil., 2011.

MUTONI A. FENNANDEZ RUIZ M Shear strength of member without transverse reinforcement as function of critical shear crack width,. - Etats-Unis : *ACI structural journal*, Vol. 105, No.2, pp. 163-172 Farmington Hills, Mars-Avril, 2008.

-N-

NF EN 12350-5 Essai de l'étalement à la table à secousse (Flow test). Juin 2009.

NF EN 12390-1 Norme Européenne Essai pour Béton Durci –Partie 7 :Masse Volumique du Béton. - Paris : Éditions AFNOR, 2001.

NF EN 12390-3 Norme Européenne Essai pour Béton Durci –Partie 3 :Résistance à la Compression des Éprouvettes - Paris : Éditions AFNOR, 2003.

NF EN 12390-7 Norme Européenne Essai pour Béton Durci –Partie 7 :Masse Volumique du Béton - Paris : Éditions AFNOR, 2001.

NF EN 196-1 2006 Méthodes d'essais des ciments - Partie 1 : détermination des résistances mécaniques -. Avril 2006.. - 2006.

NF EN 933-1 Norme Française Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats» Partie 1 : détermination de la granularité - Analyse granulométrique par tamisage. - Paris : Éditions AFNOR, 2012.

NF EN 933-2 Norme Française Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 2 : détermination de la granularité - Tamis de contrôle, dimensions nominales des ouvertures - 1996.

NF P 10-502 Norme Française Pierre - Essai d'absorption d'eau - Paris : Éditions AFNOR, 1990.

NF P 15-301 1994 Norme française, « Ciments courants», Juin 1994. - 1994.

NF P 18-304 Norme Française Granulats –Équivalent de sable - Paris : Éditions AFNOR, 1990.

NF P 18-400 Norme Française Béton –Moules pour éprouvettes cylindriques et prismatiques. - Paris : Éditions AFNOR, 1981.

Confection et Conservation des Éprouvettes - Paris : Éditions AFNOR, 1981.

NF P 18-407 Norme Française Bétons –Essai de Flexion - Paris : Éditions AFNOR, 1981

NF P 18-451 Norme Française Béton –Essai d'affaissement. - Paris : Éditions AFNOR, 1990.

NF P 18-452 1988 Bétons-Mesure du temps d'écoulement des bétons et des mortiers aux maniabilimètres (Indice de classement : P18-452). Mai 1988. - 1988.

NF P 18-555 Norme Française Granulats – Mesures des Masses Volumiques, Coefficient d'Absorption et Teneur en Eau des Sables. - Paris : Éditions AFNOR, 1990.

NF P 18-557 Norme Française Granulats –Éléments pour l'Identification des Granulats. -Paris : Éditions AFNOR, 1990.

NF P 18-598 Norme Française Equivalent de sable - Paris : Éditions AFNOR, 1991.
NF P15-433 1994 .Méthodes d'essais des ciments - Détermination du retrait et du gonflement.Février 1994. - 1994.

NF P15-433 1994 Méthodes d'essais des ciments - Détermination du retrait et du gonflement. - Février 1994.

NF P18-303 Norme AFNOR Liants hydrauliques –l'eau de gâchage - Paris : édition AFNOR, 1990.

NF P18-591 Norme Française Granulats –Détermination de la Propreté Superficielle -Paris : Éditions AFNOR, 1990.

-R-

R. GANE, Cours de durabilité et réparation des bétons (GCI-714), Chapitre 2 : La durabilité des bétons. Université de Sherbrooke, Canada, p.32, www.usherb.ca, 2002.

Règle BAEL91 révisées. 99 Règle technique de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites)+amendement A1(CSTB

ISBN 2-86891-281-8) fascule 62, titre1 du CCTG travaux section 1: béton armé: (DTU P18-702), 2000.

RENAUD H. LETERTRE F Ouvrages en béton armé - Paris. France : Edition Foucher.,1978.

-S-

SABLOCRETE Synthèse du Projet National de Recherche et Développement, Bétons de sable, caractéristiques et pratiques d'utilisation, - Paris : Presses de l'école Nationale des Ponts et Chaussées LCPC,, 1994.

Shaker. F A., El Dieb. A S., Reda. M M., Durability of styrene-butadiene latex modified concrete, Cement and Concrete Research, vol.27, n° 5, 711-720, 1997.

Sidi Mohammed El Amine BOUKLI HACENE contribution a l'étude de la résistance caractéristique des bétons de la région de Tlemce - Université Tlemcen : Thèse de Doctorat, 2009.

SLIMANI R Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla: Cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines - Université Ouargla : Thèse de Magistère, 2006.

-T-

TAFRAOUI A Contribution à la valorisation du sable de dune de l'erg occidental (Algérie). Application aux nouveaux bétons. - Université de Toulouse France : Thèse de doctorat, 2009.

Technologie du béton Technologie du béton Bruxelles : GBB - Bruxelles : Groupement belge du béton, 2006.

TEST SOCIETE BERA instrument de contrôle pour génie civil - Suisse : Catalogue Laboratoire, 2005.

Turcry Philippe Retrait et Fissuration des Betons Autoplaçants Influence de la Formulation - Université de Nantes : thèse de Doctorat, 2004.

TYLER R Sandcrete blocks. - west African building : Research institut, 1961.

-U-

UNO P J Plastic shrinkage cracking and evaporation formulas. : ACI Materials Journal, 95(4)

:365_375, July-August, 1998.

UZOMAKA O J Some factors with effet the cruching strenght of sandcrete blocks - 1977.

-V-

.....
-W-

WESTERHOLM M. LAGERBLAD B. SILFWERERAD J. FORSSBERG E Influence of fine aggregate characteristics on the rheological properties of mortars : Cément and concrète composites, vol. 30, no 4, p. 274-282, 2008.

WIERIG H Longtime studies on the carbonation of concrete under normal outdoor exposure : RILEM Seminar, Hannover, 1984.

-X-

XP P 18-540 Norme Française Granulats –Définitions, Conformité et Spécifications. -Paris : Éditions AFNOR, 1997

-Y-

Yamani L cours de construction (1). - Alger : Edition OPU, 1993.

-Z-

ZATOUT M Etude géochimique et minéralogique du chott de Ain El Beida et de la sebkha d'Oum Erraneb Cuvette de Ouargla - Bas Sahara - université Ouargla : Mémoire de magister, 2012.

المرري والهندسة المدنية

ANNEXES

Department of Hydraulic and Civil Engineering

ANNEXE

Annexe (01) valeurs approximatives du coefficient granulaire G (DREUX G. FESTA J, 2002)

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	Fins (D ≤ 16 mm)	Moyens (20 ≤ D ≤ 40 mm)	Gros (D ≥ 50 mm)
Excellente	0,55	0,60	0,65
Bonne, courante	0,45	0,50	0,55
Passable	0,35	0,40	0,45

Annexe (02) Relation entre la granularité et le dosage de ciment (DREUX G. FESTA J, 2002)

Granularité	$5\sqrt{D}$	$550/5\sqrt{D}$	$700/5\sqrt{D}$	
0/25	1,904	290	370	BETON
0/20	1,821	300	385	
0/16	1,741	315	400	
0/8	1,516	360	460	
0/6,3	1,445	380	480	
0/4	1,320	415	530	MORTIER
0/2	1,149	480	610	
0/1	1,000	550	700	

Annexe (03) Coefficient K: terme correcteur qui dépend du dosage en ciment (DREUX G. FESTA J, 2002)

Vibration		Faible		Normale		Puissante	
Forme des granulats (du sable en particulier)		Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
Dosage en ciment	400 + Superplastifiant	- 2	0	- 4	- 2	- 6	- 4
	400	0	+ 2	- 2	0	- 4	- 2
	350	+ 2	+ 4	0	+ 2	- 2	0
	300	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4	0	+ 2
	250	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4
	200	+ 8	+ 10	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6

Annexe (04) Coefficient de compacité: (DREUX G. FESTA J, 2002)

Consistance	Serrage	γ coefficient de compacité						
		D = 5	D = 10	D = 12,5	D = 20	D = 31,5	D = 50	D = 80
Molle	Piquage	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Vibration faible	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Vibration normale	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastique	Piquage	0,730	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Vibration faible	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Vibration normale	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Vibration puissante	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Ferme	Vibration faible	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Vibration normale	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Vibration puissante	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

Ces valeurs sont convenables pour des *granulats roulés* sinon il conviendra d'apporter les corrections suivantes :

- sable roulé et gravier concassé = - 0,01,
- sable et gravier concassé = - 0,03.

Annexe (05) Qualité du béton en fonction de la vitesse de propagation des implosions:

(CHERAIT Y . NAFAA Z E, 2007)

Qualité du béton	Vitesse de propagation (m/sec)
Excellente	Supérieure à 4575
Bonne	3660 à 4575
Douteuse	3050 à 3660
Mauvaise	2135 à 3600
Très mauvaise	Inférieure à 2135

MATÉRIELS ET ESSAIS DE BÉTONS



Figure 0-1 / moule cylindrique
16*32



Figure 0-2 / des tamis



Figure 0-3 / moule prismatique
4*4*16

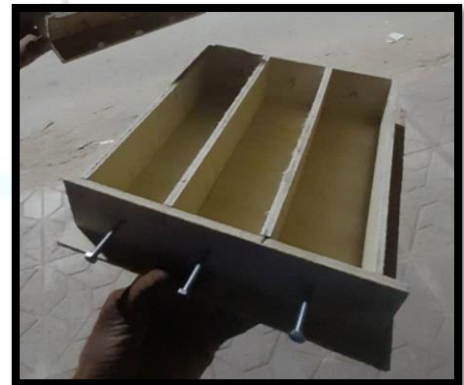


Figure 0-4 / moule prismatique
7*7*28



Figure 0-5 / Essai
de Retrait



Figure 0-6 / cône
d'Abrams



Figure 0-8 / éprouvette
7*7*28



Figure 0-7 / éprouvette
4*4*16



Figure 0-10 / essai d'ouvrabilité



Figure 0-9 /
équivalent de sable



Figure 0-11 / Machine
d'Essai de Compression

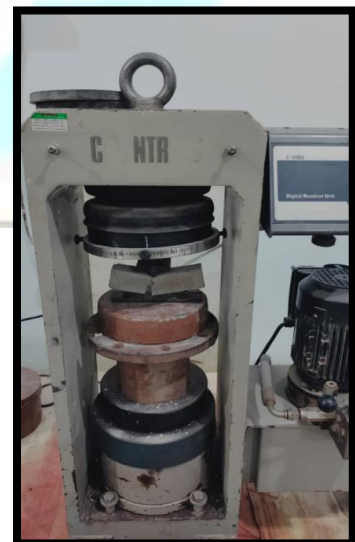


Figure 0-12 /
Dispositif d'écrasement



**Figure 0-14 /
Eprouvette écrasé
pare compression**



**Figure 0-13 / Eprouvette
écrasé traction par la flexion**



Figure 0-15 / processus de pesée des échantillons

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments
- Préfabrication légère
- Béton de haute performance



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment 	Sable (sec) 	Gravillons (sec) 	Eau (litres) 
Dosage pour béton C25/30	X 1 	+ 	+  + 	+ 25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Analyses chimiques	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	1,0 ± 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 ± 0,05

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

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

Résistance à la compression	Valeur
2 jours (MPa)	≥ 10,0
28 jours (MPa)	≥ 42,5

Propriétés physiques	Valeur
Consistance Normale (%)	26,5 ± 2,0
Finesses suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	3 700 - 5 200
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	± 3,0

Conditionnement: Sac et vrac

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

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

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



 A member of LafargeHolcim

201 431 45111
Bureau n°03, Méditerranée, tour Genève,
les Pins maritimes, 83400 La Seyne-sur-Mer, Algérie
Tél: +213 (0) 21 96 54 54
Fax: +213 (0) 21 92 42 94
www.lafarge.com
Boutique de vente en gros: 021 96 55 55
Tél: 021 96 55 55



Figure 0-16 /Fiche technique du ciment MATIN



ماتين MATINE

ALGERIE



Ciment portland au Calcaire

NA442 CEM III/B-L 42,5 N

MATINE Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné à la construction des Ouvrages d'Art, ~~infrastructure~~ et superstructure pour ~~bâtiments~~.

MATINE
NA442 CEM III/B-L 42,5 N

MATINE est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 — 2013) et Européenne (EN 197-1)

VANTAGES PRODUIT



- Une résistance initiale élevée pour vos ouvrages nécessitant un décoffrage rapide
- Favorise la maniabilité du béton et le maintien de sa rhéologie
- Une Classe Vraie qui offre une haute performance au béton.
- Meilleure durabilité du béton.

LA A product of LafargeHolcim

Figure 0-17 / Fiche technique du ciment MATIN

2023

