

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de Génie Civil et Hydraulique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master

Filière : travaux publique

Spécialité : voies et ouvrage d'art

Thème

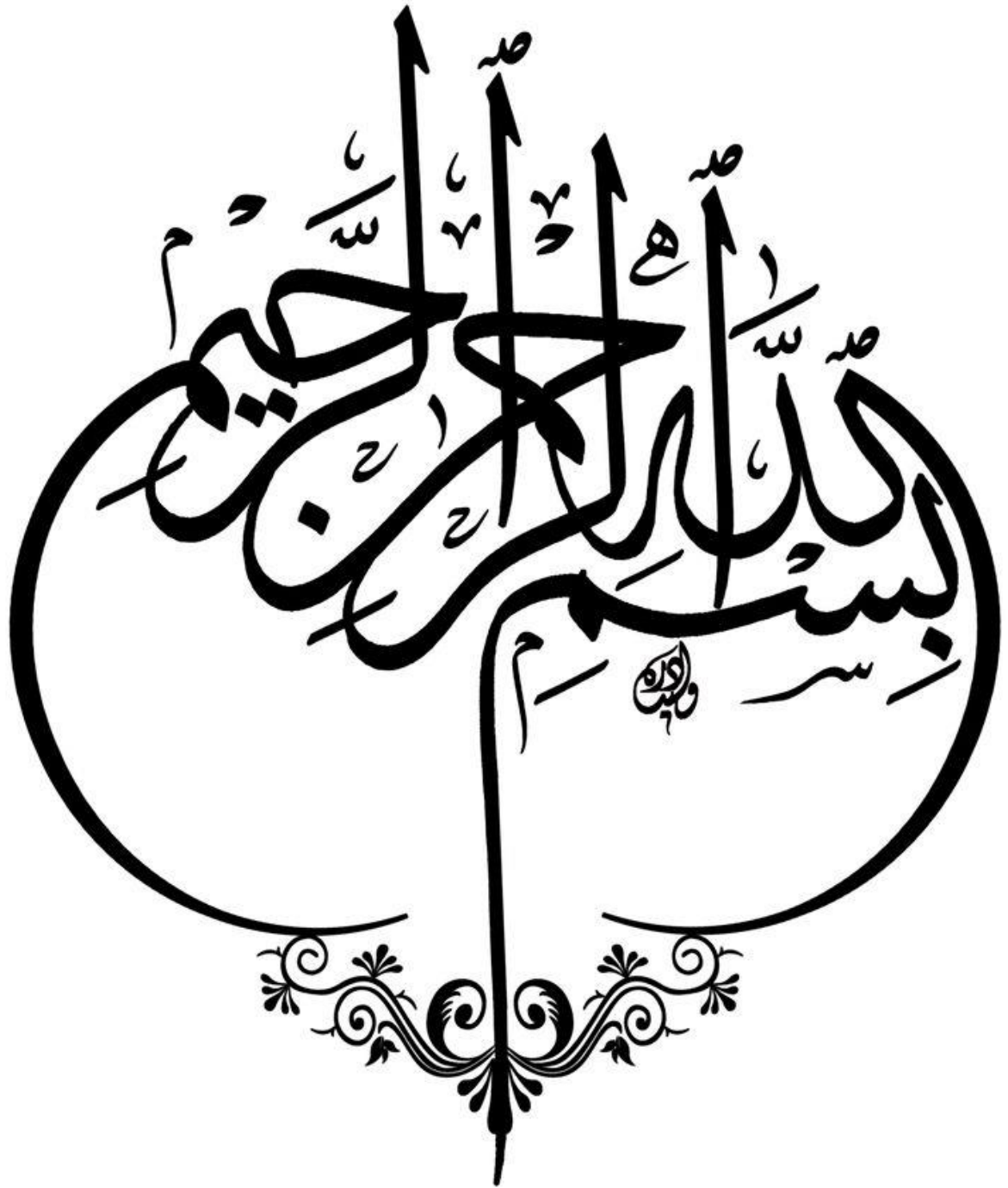
**Béton hydraulique à base des sables peu-propre
Cas : la région du Ghardaïa**

Présentés par:

❖ **CHEHAM Ahmed**

M_r BENTABBA M.Taher	Professeur	UKM Ouargla	Président
M_r DAHMANI Saci	Maître-assistant	UKM Ouargla	Examineur
M_r AMIUER Abd-naceur	Directeur Technique	LTPS Ghardaïa	Encadreur

Année Universitaire: 2017 / 2018



Je dédie ce travail à :

Ma chère mère

A l'âme de mon père

A mes chers frère et mes sœurs chaque-un son Nom

A tous mes proches cousine et cousines

*A tous mes amis et mes collègues de l'université
d'Ouargla*

*Pour tous ceux qui m'ont appris tout au long de ma
vie scolaire*

AHMED.

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu DIEU Miséricordieux qui m'a donné la force et la volonté d'achever ce modeste travail.

*Je tiens à remercier Monsieur : **BENTEBA M.T**, le président de jury et Monsieur **DAHMANI S.** l'examineurs qui m'ont fait l'honneur d'examiner ma mémoire.*

Cette thèse est le fruit d'un long travail qui n'aurait pu arriver à terme sans l'aide de nombreuses personnes. Nous tenons à ce que chacune d'elles sache que je la remercie sincèrement.

*Je tiens à remercier en second lieu mon encadreur Monsieur **AMJUER Abd-naceur**, qui m'a guidé pendant la réalisation de ce modeste travail. Je tiens aussi à le remercier de m'a suivi, aidé, dirigé et aiguillé tous au long de mon projet.*

*Il m'est particulièrement agréable d'exprimer mes remerciements au responsable du service béton, **O.LOUAHADJ** et l'ingénieure **H.SOUILEM** ma profonde gratitude pour leurs conseils et leurs aides permanents durant le déroulement de ce travail*

Je remercie tous les responsables du LABORATOIRE LTPSud Ghardaïa.

Un spécial remerciement à tous les enseignants du département de génie civil qui ont contribué à notre formation.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCTION GENERAL.....	3
CHAPITRE I	
I.1 INTRODUCTION.....	5
I.2 HISTORIQUE DU BETON.....	5
I.3 LES COMPOSANTS D'UN BETON.....	6
I.3.1 Ciment.....	7
I.3.1.1 Définition.....	7
I.3.1.2 Classification des ciments.....	7
I.3.2 Granulat.....	7
I.3.2.1 Définition.....	9
I.3.2.2 Différents types de granulats.....	9
A Granulats Naturels.....	9
B Granulats Artificiels.....	10
C Granulats Recyclés.....	10
I.3.3 Sables.....	11
I.3.3.1 Définition.....	11
I.3.3.2 Origine des sables.....	11
I.3.3.3 Différents types de sable.....	11
I.3.4 L'eau de gâchage.....	12
I.3.5 Adjuvant.....	12
I.3.5.1 Définition.....	16
I.3.5.2 Classification des adjuvants.....	16
A Les adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton.....	15
B Adjuvants modifiant la prise et le durcissement.....	16
C Adjuvants modifiant certaines propriétés du béton.....	16
I.4 Propriétés des bétons.....	16
I.4.1 Ouvrabilité.....	16
I.4.2 Compacité et porosité.....	17
I.4.3 Perméabilité.....	17
I.4.4 Résistance mécanique.....	17
I.4.4.1 Résistance à la compression.....	18
I.4.4.2 Résistance à la traction.....	18
I.4.5 Durabilité.....	18
I.5 METHODES DE FORMULATION DES BETONS.....	19
I.5.1 Méthode de Bolomey.....	19
I.5.2 Méthode de Dreux-Gorisse.....	20
I.5.3 Méthode de Valette.....	21
I.5.4 Méthode de Faury.....	22
I.6 CONCLUSION.....	24
CHAPITRE II	
II.1 INTRODUCTION.....	24
II.2 INFLUENCE DU DOSAGE EN CIMENT.....	24
II.3 INFLUENCE DU TYPE DE CIMENT.....	25
II.4 INFLUENCE DE RAPPORT E/C.....	26
II.5 INFLUENCE DU RAPPORT GRANULAT/CIMENT.....	27
II.6 INFLUENCE DES GRANULATS.....	28
II.6.1 Influence rapport gravier / sable (G/S).....	28
II.6.2 Influence de la taille maximale du granulat.....	30
II.6.3 Influence de la granularité.....	32

II.7	INFLUENCE DE SABLE.....	32
II.7.1	Influence de la granulométrie du sable.....	33
II.7.2	Influence de module de finesse.....	34
II.7.3	Influence de l'équivalent de sable.....	36
II.8	INFLUNCE DE LA TEMPERATURE.....	37
II.9	INFLUENCE DE L'ÂGE.....	38
II.10	CONCLUSION.....	40
CHAPITRE III		
III.1	Introduction.....	41
III.2	Caractérisation et présentation des matériaux.....	41
III.2.1	Gravier.....	41
A	Echantillonnage.....	41
B	Granulométrie.....	42
C	Aplatissement.....	44
D	Masses volumiques absolue.....	44
E	Absorption d'eau.....	45
F	Propreté superficielle.....	45
G	Essai LOS ANGELES.....	46
H	Essai Micro DEVAL.....	46
I	Les analyses chimiques du gravier.....	47
III.2.2	Interprétation des résultats des graviers.....	47
III.2.3	Sables.....	47
A	Granulométrie.....	47
B	Module de finesse.....	49
C	Equivalent de sable.....	50
D	Les Masse volumique.....	50
E	Le coefficient d'absorption (capacité d'absorption d'eau du sable).....	51
F	Essai Bleu Méthylène.....	51
G	Analyses chimiques du sable.....	52
III.2.4	Interprétation des résultats des sables.....	53
III.2.5	Ciment.....	54
III.2.6	L'eau de gâchage.....	54
III.3	Formulation du béton.....	55
III.4	Matériels utilises.....	57
A	Bétonnier.....	59
B	Cône d'abrams.....	59
C	Balance.....	60
III.5	Préparation des bétons.....	58
III.6	Confection et conservation des éprouvettes.....	58
III.7	Conclusion.....	59
CHAPITRE IV		
IV.1	INTRODUCTION.....	61
IV.2	ETUDE COMPARATIVE DE L'INFLUENCE DE LA PROPRETE DES SABLES SUR LE BETON.....	61
IV.2.1	Comparaison des resulta des formulations.....	61
IV.2.1.1	Essai sur béton frais.....	61
IV.2.1.2	Essai sur béton durci.....	63
IV.2.2	Confirmation de l'influence de la propreté de sable sur la résistance de béton.....	65
IV.2.2.1	Méthode 1.....	65
IV.2.2.2	Méthode 2.....	67
IV.2.3	Proposition de solution pour les sables pollués.....	70
IV.2.3.1	Sable Zelfana.....	71
IV.2.3.2	Sable Metlili.....	74

IV.3	Conclusion	77
	Conclusion générale	78
	Recommandations	78
	Perspectives.....	79

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I	
Tableau I-1 : la résistance mécanique des ciments	9
Tableau I-2 : valeur de A	22
Chapitre II	
Tableau II-1 : Principales qualités des bétons en fonction de leur (G/S) et leur granularité.	29
Chapitre III	
Tableau III-1 : résultats de l'analyse granulométrique du gravier.	43
Tableaux III-2 : résultats d'aplatissement du gravier.	44
Tableaux III-3 : résultats de masse volumique absolue des graviers.	45
Tableaux III-4 : résultats d'absorption des graviers.	45
Tableaux III-5 : résultats Propreté superficielle des graviers.	46
Tableaux III-6 : résultats LOS ANGELES des graviers.	46
Tableaux III-7 : résultats du Micro Deval.	46
Tableaux III-8 : résultats des analyses chimiques du gravier.	47
Tableaux III-9 : résultats de l'analyse granulométrique des sables.	49
Tableaux III-10 : résultats du Module de finesse.	51
Tableaux III-11 : résultats d'équivalent de sable.	52
Tableaux III-12 : résultats de la masse volumique.	53
Tableaux III-13 résultats de l'absorption.	54
Tableaux III-14 résultats de Bleu méthylène	55
Tableaux III-15 résultats d'analyse chimiques.	55
Tableaux III-16 résultats d'essai mécanique.	56
Tableaux III-17 résultats d'essais physiques.	56
Tableaux III-18 Composition en grammes des différents constituants des bétons préparés	58
Chapitre IV	
Tableaux IV-1 : résultats d'Affaissement	64
Tableaux IV-2 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jour	65
Tableaux IV-3 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jour	68
Tableaux IV-4 : Résultats d'Affaissement de sable Metlili correction	70
Tableaux IV-5 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jour (sable Metlili correction)	71
Tableaux IV-6 : résultats d'Affaissement (sable Zelfana)	73
Tableaux IV-7 : résultats résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Zelfana)	74
Tableaux IV-8 : Résultats d'Affaissement (sable Metlili déferant dosage du ciment)	76
Tableaux IV-9: résultats Résistance à la compression à 7et 28 jour (sable Metlili déferant dosage)	77

LISTE DES FIGURES

Chapitre I	
FigureI-1 : composants de béton	6
Figure I-2 : Courbe optimale type selon la méthode Dreux-Gorisse.	19
Chapitre II	
Figure II-1 : Influence du dosage en ciment sur la résistance à la compression à court terme du béton [13].	24
Figure II-2: Influence du type de ciment sur la résistance à la compression à court terme.	25
	26
Figure II-3 : Rapport E/C d'un béton confectionné avec un ciment portland à durcissement rapide.	26
Figure II-4 : Influence du rapport G/C sur la résistance du béton.	27
Figure II- 5 : Variation de la résistance à la compression selon le rapport G/S avec Différentes plasticités.	30
Figure II-6 : Influence de la dimension maximale du granulat sur la résistance à la compression à 28 jours pour des bétons ayant différents dosages en ciment.	31
Figure II-7 : Effets de la granularité sur la résistance du béton.	32
Figure II-8 variation de la plasticité et de la résistance en compression en fonction du module de finesse à dosage en eau constant.	34
Figure II-9: perméabilité mesurée par écoulement de kérosène sous pression (20bras) et pendant une heure (un dosage en ciment de 350 Kg/ m ³) et un affaissement constant.	35
Figure II-10: Relation approximative entre le module de finesse et la résistance en compression du béton.	36
Figure II-11: affaissement au cône d'Abrams en fonction du module de finesse.	36
Figure II-12: Résistance du béton en fonction de l'équivalent de sable.	37
Figure II-13: Influence de la température de mûrissement du béton sur la résistance à la compression d'un béton à différentes échéances.	38
Figure II-14 : Augmentation relative de la résistance dans le temps de bétons ayant différents rapports E/C confectionnés avec un ciment portland ordinaire.	39
Figure II-15: Augmentation de la résistance de bétons (mesurée sur des cubes modifiés de 150 mm) sur une période de plus de 20 ans ; condition de conservation humide.	40
Chapitre III	
Figure III-1 : Opération de quartage.	42
Figure III-2 : tamis utilise.	42
Figure III-3 : courbe granulométrique des graviers.	44
Figure III-4 : tamis utilise.	48
Figure III-5 : courbe granulométrique des sable études.	50
Figure III-6 : Equivalent de sable à vue et au Piston.	52
Figure III-7: essai de l'équivalent de sable.	52
Figure III-8 : essai de capacité d'absorption d'eau.	53
Figure III-9 : les taches de bleu de notre sable	54
Figure III-10 : essai de Bleu méthylène	54
Figure III-11 : Courbe granulométriques selon la méthode Faury.	58
Figure III-12 : Bétonnier.	59
Figure III-13 : Cône d'abrams.	59
Figure III-14 : Balance.	60
Figure III-15 : confection et conservation d'éprouvette.	61
Chapitre IV	
Figure IV-1 : Affaissement du béton	63
FigureIV-2: quantités d'eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm	64
Figure IV-3 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours des sables	66
Figure IV-4: quantités d'eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm	67

Figure IV-5 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours.	68
FigureIV-6: quantités d'eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm	70
Sable Metlili correction	70
Figure IV-7 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Metlili correction)	71
Figure IV-8 : quantités d'eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm (sable Zelfana déferant dosage)	73
Figure IV-9 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Zelfana déferant dosage)	74
Figure IV-10 : résultats de RC en fonction du dosage du ciment	75
Figure IV-11: quantités d'eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm (sable Metlili déferant dosage)	76
Figure IV-12 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Metlili)	77
Figure IV-13 : résultats de RC en fonction du dosage du ciment (sable Metlili)	78

ملخص:

تتطلب التركيبات الخرسانية رمال نظيفة، (مكافئ الرمل) أكبر من أو يساوي 60% وفقا للمعايير الدولية، ولكن منطقة غرداية فقيرة لهذه النوعية من الرمال في حالة الرمال الطبيعية أو الرمال الاصطناعية.

لذا فإن الدراسة الحالية هي تحديد تأثير نظافة الرمال على الخصائص الفزيائية والميكانيكية للخرسانة، من أجل تحديد خصائص اختيار الرمل الموجه لتكوين خرسانة عادية.

إن الهدف الرئيسي لهذه الدراسة معرفة تأثير نظافة الرمال على جودة الخرسانة.

وتمثل منهج العمل الذي اتبعته في دراستي هو تطبيق سلسلة من التجارب العملية على جودة الخرسانة باستعمال تركيبات خرسانية برمال مختلفة الخاصة بالمنطقة و اختلاف المكافئ الرمل الذي يعادل (22% و 39% و 57%) ، ومقارنة النتائج المتحصل عليها بتركيبات خرسانية مرجعية مكافئها الرمل 74% .

الكلمات المفتاحية: الخرسانة العادية، الرملة، المكافئ الرمل، مقاومة الضغط... إلخ

RÉSUMÉ

Les formulations des bétons nécessitent un sable de propreté (l'équivalent de sable) supérieur ou égale de 60% selon les normes en vigueur, néanmoins la région de Ghardaïa est pauvre de cette qualité des sables soit le cas des sables naturels d'oued ou bien les sables concassés.

Donc la présente étude est de présenter l'influence de la propreté de sable sur les caractéristiques physico-mécaniques de béton afin de se prononcer sur le critère de choix de sable pour formuler un béton ordinaire.

L'objectif principal de notre travail est l'étude de l'impact de la propreté de sable sur la qualité de béton

La méthodologie du travail à suivre est d'effectuer une série d'essais expérimentaux sur la formulation des bétons avec des sables peu-propre de la région Ghardaïa de différente valeur de l'équivalent de sable (22% ; 39% et 57%) et de comparer leurs résultats avec ceux d'une formulation de béton témoin l'équivalent de sable 74%.

Mots clés : béton ordinaire, sables, l'équivalent de sable, Résistance à la compression, ...etc.

ABSTRACT

The mostly kinds of concrete required a clean sand (the equivalent of sand) equal to or greater than 60% according to the standards, however, the region of Ghardaïa is poor of this quality of sands neither cases : valley sand or crushed sand.

The present study is to present the influence of the cleanliness of sand on the physico-mechanical characteristics of concrete in order to decide on the criterion of choice of sand to formulate an ordinary concrete.

The purpose of our study mainly on the impact of sand cleanliness on concrete quality.

The methodology followed throughout this work is to carry out a series of experimental tests on concreting composition with sand less clean from the Ghardaïa region with various value of the equivalent of sand (22%,39% et 57%) to compare their results with witness concrete with equivalent of sand 74%.

Key words: ordinary concrete, sand, sand equivalent, compressive strength, ... etc

INTRODUCTION

GENERAL

INTRODUCTION GENERAL

Aujourd'hui le béton occupe une importante place dans le domaine de la construction son intérêt réside dans sa grande facilité de mise en œuvre, sa résistance en compression, sa durabilité, son ouvrabilité et son coût acceptable, qu'ont contribué à accroître son utilisation pour tous les ouvrages, comme des immeubles de bureaux ou d'habitation, des ponts, des routes, des tunnels, d'aéroports, des barrages, et des ports...etc.

D'autre part il est considéré comme un matériau composite très sensible et délicat, ses performances mécaniques changent considérablement en fonction des caractéristiques de ses composantes, et même en fonction de son environnement.

Donc on est toujours confronté au problème de choix des matériaux et de leurs caractéristiques qui sont parfois non conformes, parmi les problèmes les plus connus dans le sud algérien notamment la région de Ghardaïa, la qualité de sable de construction, en effet la majorité des sables disponibles sont des sables non propre, dont la valeur de l'équivalent de sable est inférieure aux valeurs recommandées par les normes, ce qui exige dans la plus part des cas l'approvisionnement en sable des endroits éloignés.

Dans le but de contribuer à la résolution de ce problème, nous avons choisi pour notre projet de fin d'étude ce thème intitulé : « béton hydraulique à base de sable peu-propre cas la région Ghardaïa » qui est basé sur une étude au laboratoire de l'influence de la propreté de sable sur la résistance de béton et de proposer des méthodes pour son amélioration.

En plus de l'introduction générale ce mémoire est composé de deux parties.

La première partie de l'étude concerne une recherche bibliographique présentant Le premier et Le deuxième chapitre.

- ✓ Le premier chapitre présente une généralité sur les bétons est les détaillée sur les bétons et ces constituants, ainsi que les sables et leurs origines.
- ✓ Le deuxième chapitre présentant les différents paramètres qui ont une influence sur la résistance du béton.

La deuxième partie est l'étude expérimentale elle contient le troisième et quatrième chapitre.

- ✓ Le troisième chapitre, présente la caractérisation et présentation des matériaux utilisés pour la confection des bétons dans le cadre de ce travail, en présentant leurs propriétés physiques, chimiques et mécaniques. La méthode de formulation, ainsi que les compositions retenues pour les bétons étudiés.
- ✓ Le quatrième chapitre, décrit les résultats obtenus et leurs interprétations, à partir de nombreux essais expérimentaux, à l'état frais et à l'état durci sur les différentes formulations du béton.

Finalement, on clôture notre travail par une conclusion générale et recommandation.

CHAPITRE I

GENERALITE SUR LES BETONS

I.1 INTRODUCTION

Le béton est un matériau hétérogène multiphasique poreux dont les constituants présentent des caractéristiques physico-chimiques et mécaniques différentes. Il est constitué d'un mélange de granulats et d'une pâte (ciment, d'eau et éventuellement d'ajouts).

Les granulats sont des matériaux inertes qui, agglomérés par un liant, constituent le squelette du béton, lui confèrent sa compacité, participent à sa résistance mécanique et atténuent les variations volumiques lors du durcissement.

La pâte de ciment est le siège des réactions d'hydratation des constituants qui conduisent aux processus de prise et de durcissement et la transforment en matrice liante.

Les adjuvants fournissent aux formulations de béton une gamme étendue, variée et nuancée de possibilités pour faciliter la mise en œuvre des bétons, adapter leur fabrication au temps froid ou au temps chaud, réduire les coûts de mise en œuvre, améliorer les propriétés du béton durci, voire même lui conférer des propriétés nouvelles.

I.2 HISTORIQUE DU BETON

Histoire du béton montre que sa technique, bien fixée empiriquement par les Romains, avec la chaux grasse et la pouzzolane, a évolué seulement au 19^{ème} siècle, après l'apparition des chaux hydrauliques et des ciments.

L'invention de la chaux hydraulique par Louis Vicat en 1817, celle du ciment portland par Aspdin en Ecosse en 1824 et l'installation des premiers fours par Pavin de Lafarge au Teil en France en 1830 préparent l'avènement du béton [1].

A l'origine, le béton était constitué d'un mélange de trois matériaux : le ciment, les granulats et l'eau. Dans la plupart des cas, le ciment était du ciment Portland obtenu par mélange homogène d'argile et de calcaire, ou d'autres matériaux contenant de la chaux, de la silice, de l'alumine et de l'oxyde de fer, cuit à la température de linéarisation puis broyé. Par la suite, de petites quantités d'adjuvants chimiques ont été ajoutées au mélange afin d'améliorer certaines des propriétés du béton à l'état frais ou durci.

Au 20^{ème} siècle, le béton se développe considérablement avec l'évolution de ses techniques : usage croissant des adjuvants, béton prêt à l'emploi, matériel de mise en œuvre.

Dans les années quatre -vingt et quatre-vingt-dix du siècle dernier, les études relatives aux bétons à hautes performances ont montré le rôle de l'excès d'eau dans les bétons. La réduction de cette quantité d'eau par l'emploi de défloculants, a conduit aux gains de résistance allant jusqu'à 200 MPA et à une excellente durabilité.

De nos jours, l'étendue des exigences possibles sont augmentées de façon spectaculaire, Par exemple l'affaissement au cône d'Abrams varie de 0 pour les bétons fermes à plus pour les bétons autoplaçants, qui sont caractérisés ailleurs par des étalements. De même les résistances en compression à 28 jours peuvent varier de l'ordre de 10 MPA pour certains bétons de masse, à des valeurs très élevées supérieures à 200 MPA [2].

I.3 LES COMPOSANTS D'UN BETON

Le béton est un matériau composite constitué de granulats gros et fins (gravier ou pierre concassée, sable), de ciment et d'eau.

Le mélange entre le ciment et l'eau forme une pâte qui durcit ;

La pâte de ciment hydraté et le sable constituent le mortier ;

Celui-ci a pour rôle de se lier avec les gros granulats pour former un conglomérat solide ;

Les adjuvants et les additions servent à améliorer certaines caractéristiques du béton frais ou durci [3].

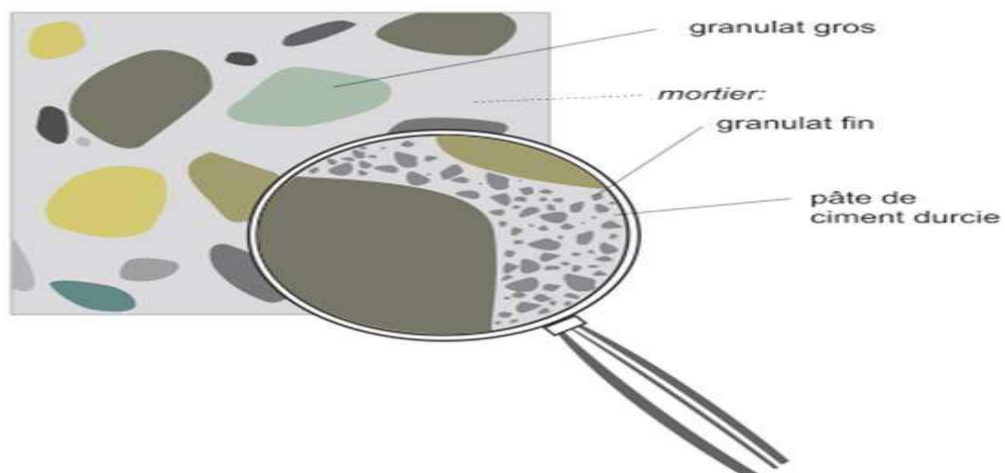


Figure I-1 : composants de béton

I.3.1 Ciment

I.3.1.1 Définition :

C'est un liant minéral obtenu par décarbonatation d'un calcaire et décomposition d'une argile à une température avoisinant, les 1450 °C Broyés sous forme d'une poudre fine souvent d'une couleur grise, en contact avec l'eau forment des minéraux hydratés très stables.

Les travaux effectués ont montré que les principaux composés du ciment portland sont :

- Le Silicate Tricalcique (Alite) : $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C3S) ;
- Le Silicate Bicalcique (Belite) : $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C2S) ;
- L'Aluminate Tricalcique : $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C3A) ;
- L'Alumino-Ferrite Tétracalcique : $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C4AF) ;
- Et d'autres éléments tels que les sulfates, les alcalins ... etc.

La pâte du ciment est le constituant à l'origine de la cohésion du béton, elle représente 20% à 50% du volume total, se caractérise par sa capacité à s'hydrater et à former une matrice solide qui lie les granulats entre eux.

La pâte du ciment se constitue du ciment anhydre, d'eau et d'éventuels adjuvants additifs.

Le durcissement de la pâte de ciment est principalement dû à l'hydratation des silicates de calcium. Dans les ciments, les aluminates peuvent également intervenir dans le processus de durcissement. La somme des proportions de l'oxyde de calcium (CaO) et du dioxyde de silicium (SiO_2) réactifs doit être d'au moins 50 % en masse [4].

I.3.1.2 Classification des ciments :

A Classification suivant la composition

Dans l'ouvrage, le ciment classifie selon différents critères, tel que : le mode d'utilisation, la performance...ect, le critère essentielle et le plus commune utiliser c'est la composition chimique de ciment ; et selon ce critère en les classer selon le pourcentage de Clinker et par la suite les pourcentages des compositions complémentaires (les ajouts), il existe cinq catégories de ciments courants reconnus :

- CEM I: Ciment Portland Artificiel;
- CEM II : Ciment Portland Composé ;
- CEM III : Ciment de Haut Fourneau ;
- CEM IV : Ciment Pouzzolanique ;
- CEM V : Ciment aux Laitiers et aux Cendres.

Ces ciments sont différents par le type d'ajout, on trouve :

- ❖ *Laitier Granulé De Haut Fourneau* : Obtenu par refroidissement rapide du laitier fondu provenant de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau ; il contient au moins deux tiers en masse de laitier vitreuse et présente des propriétés hydrauliques, après avoir subi une activation convenable.
- ❖ *Matériaux Pouzzolaniques* : Sont des substances naturelles ou artificielles siliceuses ou silico alumineuses, ou une combinaison de celles – ci contenant de l'oxyde de fer (Fe_2O_3) et d'autres oxydes mais la teneur en (SiO_2) réactif doit être au moins égale à 25 % en masse.
- ❖ *Cendres Volantes* : produits pulvérulents de grande finesse proviennent du dépoussiérage des gaz des chaudières des centrales thermiques. On distingue deux familles :
 - *Cendres Volantes Siliceuses* : Sont principalement des particules sphériques ayant des propriétés Pouzzolaniques, constituées essentiellement de silice (SiO_2) et d'alumine (Al_2O_3).
 - *Cendres Volantes Calcique* : Présentent des propriétés hydrauliques et/ou pouzzolanique, contenant une teneur en oxyde de calcium (CaO) réactif >10% en masse, le reste était de la silice (SiO_2), d'alumine (Al_2O_3), d'oxyde de fer (Fe_2O_3).
- ❖ *Filler Calcaire* : est un matériau très finement broyé, il a pour rôle de remplir les vides entre les sables et les graviers, tout en présentant une certaine activité physico-chimique en favorisant l'hydratation des silicates tricalciques.

- ❖ *Fumée De Silice* : provient de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans des fours. Elle est formée de particules sphériques contenant au moins 85 % en masse en silice amorphe.

B Classification suivant les résistances à la compression

Comme on a mentionné précédents, plusieurs classification de ciment dépends aux déférents facteurs, ci-dessous un tableau (Tableau I-1) classifier le ciment selon leurs résistances a la compression.

Tableau I-1 : la résistance mécanique des ciments

Classe de résistance	Résistance à la compression (MPA)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	2 jours	7 jours	28 jours	
32.5N	-	≥ 16.0	≥ 32.5	≤ 52.5
32.5R	≥ 10.0	-		
42.5N	≥ 10.0	-	≥ 42.5	≤ 62.5
42.5R	≥ 20.0	-		
52.5N	≥ 20.0	-	≥ 52.5	-
52.5R	≥ 30.0	-		

I.3.2 Granulat

I.3.2.1 Définition :

Granulat est un ensemble de grains compris entre 0 et 125 mm, ci des matériaux pierreux de petites dimensions, produits par l'érosion ou le broyage mécanique (concassage) des roches. Ce sont des matériaux inertes entrant dans la composition des bétons et mortiers. Ils constituent le squelette du béton et ils représentent, environ 80 % du poids total du béton. Ils sont constitués de sables (Gros et Fin) et de gravier. Cependant, les granulats doivent satisfaire à certaines exigences de qualité pour qu'ils soient utilisés dans le béton. Il y a deux Intérêts d'utiliser des granulats dans le béton :

- *Le 1^{er} économique* : Diminution de la quantité de liant (ciment et addition) ;
- *Le 2^{ème} technique* : Limitent les variations dimensionnelles dans le béton.

Les granulats sont plus rigides que la pâte de ciment [5].

I.3.2.2 Différents types de granulats :

Les granulats utilisés pour composer un béton sont soit d'origine naturelle, artificielle ou alors recyclée.

A Granulats Naturels

Les granulats naturels d'origine minérale sont issus de roches meubles (alluvions) ou de roches massives, n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

Indépendamment de leur origine minéralogique, ils peuvent être classés en deux catégories :

- Ceux issus des carrières de roches massives : Dits concassé, obtenus par abattage et concassage, ce qui leur donne des formes angulaires. C'est ainsi que le sable concassé est fabriqué en gravière.
- *Ceux issus des gisements alluvionnaires* : Dits roulés, dont la forme a été acquise par érosion. Ce sont surtout des dépôts alluvionnaires trouvés dans un lit de rivière ou en mer éventuellement [6].

Géologiquement parlant, les granulats naturels sont de nature :

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

B Granulats Artificiels

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

C Granulats Recyclés

Les granulats recyclés sont obtenus par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que ceux issus des ouvrages démolies suite à des sinistres naturels comme les séismes et les crues, ou par vieillissement et dégradations. Le recyclage a deux conséquences écologiques majeures : la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles [7].

I.3.3 Sables

I.3.3.1 Définition :

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre 80 μm et 05 mm ; il s'agit d'une définition globale, dont les bornes varient d'une classification à une autre. Ce sont aussi les matériaux dont le diamètre maximal est inférieur à 6,3mm et dont le passant à 80 microns n'excède pas 30%.

Dans le sens le plus courant, on entend par "sable" les éléments de dimensions 0 à 5 mm, non compris les fillers. A cette définition se rattachent les sables de concassage ; mais lorsqu'on dit sable, on pense essentiellement aux sables naturels abondants dans de nombreux pays et dont les réserves sont quasi inépuisables .En fait, la définition granulométrique du sable est plus compliquée, elle varie suivant les époques et diffère suivant les pays et selon la destination.

I.3.3.2 Origine des sables :

Les sables rencontrés sont le résultat d'une décomposition chimique ou d'une désintégration mécanique des roches suivies par un processus de transport qui est à l'origine de leurs caractéristiques physico-chimiques.

Les sables ainsi disponibles sont le résultat d'un processus souvent complexe d'érosion et de sédimentation. Il comporte, à des degrés divers, une décomposition sur place des différentes roches suivie d'un transport fluviatile et parfois éolien. Les différents processus qui conduisent de la roche massive aux sables sont suffisamment agressifs vis-à-vis des minéraux pour que seul subsistent les plus résistants ; c'est ainsi que la plus grande partie des formations sableuses est constituée de quartz qui devient de plus en plus abondant à mesure que la taille des grains décroît. La fraction comprise entre 0,2mm et 0,5mm est le plus souvent constituée de quartz à plus de 75%. Selon l'importance et la nature de leur transport, ces grains de sable peuvent présenter un aspect différent à savoir :

- Grains émoussés et luisants (usure due au déplacement par l'eau) ;
- Grains ronds et mats (déplacement par le vent) ;
- Grains non usés.

Selon leur histoire géologique, les sables se distinguent les uns des autres par une multitude d'aspects : granulométrie, teneur, nature et caractéristiques des fines, composition chimique, pétrologique et minéralogique, forme des grains, dureté, ...etc.

I.3.3.3 Différents types de sable :

Les sables se différencient par un grand nombre de paramètres et on peut distinguer deux types de sables :

A Sables naturels

Ce sont des matériaux qui existent, dans certaines régions, en abondance dans la nature. Ils sont le résultat d'un processus complexe d'érosion et de sédimentation. Leur formation s'effectue en trois étapes successives : la décomposition sur place des différentes roches suivie

d'un transport qui les amène à un dépôt où ils demeurent sous différentes formes. Les plus rencontrés et les plus connus sont :

❖ *Sables alluvionnaire*

Les sables de rivière rencontrés se trouvent soit dans des oueds à écoulement fréquent de la bordure de l'Atlas (dépôts actuels), soit dans des lits d'anciens oueds dont l'écoulement remonté à des époques géologiques antérieures. Les principaux types retenus pour les usages routiers sont les suivants :

- Gros sable de préférence graveleux à granulométrie étalée pour enrobés (enrobés à froid lorsqu'il y a assez de grossiers ou sable enrobé à chaud).
- Sable graveleux ou non à granulométrie assez étalée et avec fines (15 à 30 %). On l'utilise pour la couche de fondation et la couche de base (technique du sable-argile).

❖ *Sables éoliens*

Les dunes sont constituées de sable fin voir très fin, à granulométrie serrée ou très serrée.

❖ *Sables de regs*

Le reg est une formation de surface qui recouvre de vastes zones plates ou à relief très mou. L'action du vent a balayé le sable fin et enrichi la surface d'éléments plus gros tels les cailloux, gravier, gros sable, qui se trouvent disposés d'une manière régulière.

❖ *Sables géologiques en place*

On peut ranger sous cette dénomination des formations continentales de sols fins, tels les sables argileux du continental intercalaire appelé parfois albien, qui affleurent à la bordure ouest et sud du Sahara central et oriental (Reggane, Adrar, In Salah, plateau du Tahouratine).

❖ *Sables gypseux*

Nous rangeons dans une catégorie spéciale et en raison de leur large utilisation routière, des sables contenant des proportions variables de gypse et étant soit des sables géologiques en place, soit des dépôts alluvionnaires.

❖ *Sables gypso-calcaires*

Dans les plateaux entre Ouargla et Hassi Messaoud, on trouve sous une dalle de calcaire assez dure de surface, un mélange de cailloux calcaires mi-durs et de sable gypso-calcaire. Ce tout-venants a été utilisé pour la route Ouargla/ Hassi Messaoud. Ces sables n'ont pas été utilisés seuls jusqu'ici.

B Sables artificiels

Ce sont des matériaux produits dans une chaîne d'élaboration de granulats, et qui peuvent se trouver en excédent pour la production recherchée (gravier ou gravillon), ils peuvent être soit :

- Des sables roulés de dessablage qui résultent du criblage primaire d'un tout-venant.
- Des sables de concassage qui sont très souvent l'excédent de la production d'une carrière ou d'une ballastière, ces derniers sont de plus en plus utilisés en technique routière [8].

I.3.4 L'eau de gâchage

L'eau est un des ingrédients essentiels du béton, elle intervient à toutes les étapes de la vie du matériau par ses propriétés physico-chimiques et mécaniques. L'eau introduite dans le béton lors de sa fabrication va remplir deux fonctions essentielles : une fonction physique qui confère au béton frais des propriétés rhéologiques permettant son écoulement et son moulage et une fonction chimique qui contribue au développement de la réaction d'hydratation.

L'aspect fondamental du dosage en eau reste celui de la recherche d'un optimum sur un objectif contradictoire : une meilleure résistance obtenue en réduisant la quantité d'eau et une amélioration de l'ouvrabilité en augmentant la teneur en eau. C'est lors de la recherche de cet optimum que les adjuvants peuvent jouer un rôle [9].

Le rapport E/C est un critère important des études de béton ; c'est un paramètre essentiel de l'ouvrabilité du béton et de ces performances : résistance à la compression, durabilité.

Toutes les eaux ne peuvent pas être utilisées pour gâcher le béton. Certes, l'eau potable distribuée par le réseau du service public est toujours utilisable mais, de plus en plus souvent, nous sommes placés devant la nécessité d'utiliser une eau non potable.

I.3.5 Adjuvant

I.3.5.1 Définition :

Les adjuvants sont des produits chimiques qui, incorporés dans les bétons lors de leur malaxage ou avant leur mise en œuvre à des doses inférieures à 5% du poids de ciment, provoquent des modifications des propriétés ou du comportement de ceux-ci.

Un adjuvant n'est pas un palliatif. Il n'a ni pour mission ni pour effet de faire un bon béton à partir d'un mauvais dosage ou d'une mise en œuvre défectueuse. Ce n'est pas un produit capable de se substituer aux règles de la bonne technique [10].

I.3.5.2 Classification des adjuvants :

Les adjuvants pour bétons, mortiers et coulis, classifiés selon leur fonction principale. On peut distinguer trois grandes catégories d'adjuvants :

a Les adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton

Ces adjuvants modifient le Comportement rhéologique des bétons, mortiers et coulis à l'état frais, avant le début de prise. Ils abaissent le seuil de cisaillement de la pâte et en modifient la viscosité [1].

❖ *Plastifiants - Réducteurs d'eau*

Ce sont des produits qui, sans modifier la consistance, permettent de réduire la teneur en eau du béton donné, ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmentent l'affaissement (ou l'étalement), ou qui produisent les deux effets à la fois.

❖ *Superplastifiants - Haut réducteurs d'eau*

Ce sont des produits qui, sans modifier la consistance, permettent de réduire fortement la teneur en eau du béton donné, ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmentent considérablement l'affaissement (ou l'étalement), ou qui produisent les deux effets à la fois.

b Adjuvants modifiant la prise et le durcissement

Ces adjuvants modifient les solubilités des différents constituants des ciments et surtout leur vitesse de dissolution. Leur action se traduit par une évolution différente de la résistance d'un béton, mortier ou coulis adjuvant comparée à celle du témoin [1].

On peut distinguer deux types d'adjuvants :

- ❖ *Accélérateurs de prise et durcissement* : Les premiers diminuent le temps de début de transition du mélange pour passer de l'état plastique à l'état rigide. Ils sont utilisés souvent en préfabrication et les derniers augmentent la vitesse de développement des résistances initiales du béton, avec ou sans modification du temps de prise. Ils sont préférentiellement utilisés par temps froid.
- ❖ *Retardateurs de prise* : Ces adjuvants augmentent le temps de début de transition du mélange, pour passer de l'état plastique à l'état rigide. Ils sont généralement utilisés par temps chaud.

c Adjuvants modifiant certaines propriétés du béton

On peut distinguer deux types d'adjuvants :

- ❖ *Entraîneurs d'air* : Ces adjuvants permettent d'incorporer pendant le malaxage une quantité contrôlée de fines bulles d'air entraîné uniformément réparties et qui subsistent après durcissement. Ils sont utilisés pour protéger les bétons du gel.
- ❖ *Hydrofuges de masse* : Ces adjuvants permettent de limiter la pénétration de l'eau dans les pores et les capillaires du béton, sans altérer ses qualités plastiques et esthétiques.

I.4 Propriétés des bétons

I.4.1 Ouvrabilité

L'ouvrabilité caractérise l'aptitude d'un béton (frais) et sa bonne adéquation à la méthode de sa mise en œuvre dans un ouvrage donné compte tenu de ses caractéristiques. Elle est influencée principalement par la granulométrie et la forme des granulats, la nature et le dosage de ciment, le dosage en eau et par l'emploi éventuel d'adjuvants. Les essais de mesure de

consistance du béton les plus courants sont l'essai d'affaissement au cône d'Abrams et l'essai d'étalement à la table à secousses.

I.4.2 Compacité et porosité

La compacité est le rapport à un mètre cube du volume absolu des matières solides (ciment et granulats) réellement contenues dans un mètre cube de béton frais en œuvre. Mais, la porosité c'est le pourcentage de vides rapporté au volume total du béton frais. Donc, la compacité et la porosité sont des caractéristiques physiques essentielles du béton, assurant certaines propriétés de ce dernier telles que, ses résistances mécaniques, sa perméabilité, son module d'élasticité et surtout sa durabilité. Le sable provoque un effet essentiel sur la compacité et la porosité parce qu'il permet de remplir les pores contenus dans les granulats. Le sable avec des particules ultrafines réduisent la porosité du béton, c'est-à-dire le pourcentage de vides.

I.4.3 Perméabilité

La perméabilité est la mesure de la migration d'eau à travers le béton. Un béton perméable ouvre la porte aux différents agents agressifs extérieurs (eau, air, ou un autre gaz) qui sont la principale cause de la corrosion des armatures et de la dégradation du béton. À l'inverse, un béton étanche ou très peu perméable est un béton durable. La perméabilité est directement liée aux caractéristiques du réseau poreux (forme, dimension, distribution, sinuosité, etc.) qui varie avec la progression d'hydratation.

I.4.4 Résistance mécanique

La résistance mécanique est une caractéristique essentielle du béton durci. Le béton est employé, en général, comme matériau porteur et le taux de travail d'un ouvrage en béton dépend de sa résistance mécanique qui évolue avec le durcissement du béton. La résistance mécanique dépend d'un certain nombre de paramètres à savoir :

- * La nature et la qualité des constituants (ciment, granulats, eau, adjuvant) ;
- * Les conditions de mise en œuvre de ces constituants ;
- * Les conditions thermo hygrométriques ambiantes de conservation.

A Résistance à la compression

La résistance à la compression est la propriété la plus utilisée dans le dimensionnement et la conception des ouvrages en béton et en béton armé. Une bonne résistance à la compression est la qualité la plus recherchée pour le béton durci. Cette résistance est caractérisée par la valeur mesurée des éprouvettes écrasées à vingt-huit jours (R_{c28}).

B Résistance à la traction

La résistance à la traction est moins étudiée que celle à la compression car le béton est conçu essentiellement pour résister à la compression, et son comportement en traction est quasi fragile. Le comportement en traction du béton peut être identifié par l'essai de flexion sur trois points. Cette résistance est caractérisée par la valeur mesurée des éprouvettes écrasées à vingt-huit jours (F_{t28}).

I.4.5 Durabilité

Un ouvrage en béton doit résister au cours du temps aux diverses agressions ou sollicitations (physiques, mécaniques, chimiques...) c'est-à-dire aux charges auxquelles il est soumis, ainsi qu'aux actions diverses telles que le vent, la pluie, le froid, la chaleur, le milieu ambiant tout en conservant son esthétisme. Il doit satisfaire, avec un niveau constant, les besoins des utilisateurs au cours de sa durée de service. La durabilité d'un ouvrage dépend de nombreux paramètres dont la qualité de sa conception, la qualité des matériaux et des produits utilisés, la qualité des dispositions constructives, de la réalisation de l'ouvrage et de la mise en œuvre des produits ainsi que des diverses conditions d'usage, d'exploitation et de maintenance. Les facteurs influençant la durabilité du béton peuvent être internes ou externes au béton.

- Internes : comme la fissuration, perméabilité et diffusivité, porosité, perméabilité aux ions chlore (présent dans certains accélérateurs et eau de gâchage), réactions alcalis granulats et les ions sulfates
- Externes : comme l'instar des ambiances hivernales (la répétition des cycles de gel dégel, l'action des sels de déverglace et formation de sels gonflants), et des ambiances chimiquement agressives notamment le dioxyde de carbone, les eaux de pluies de neiges, les eaux souterraines, l'eau de mer, les acides, les bases ainsi que toutes les solutions résultant de la dissolution de sel ou de gaz [11]

I.5 METHODES DE FORMULATION DES BETONS

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents composants (granulat, eau et ciment) afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées (résistance, consistance).

I.5.1 Méthode de Bolomey

Par une formule appropriée, on trace une courbe granulométrique de référence et d'où s'efforce de réaliser avec des granulats dont on dispose une composition granulaire totale (ciment compris), dont la courbe soit aussi proche que possible de la courbe de référence théorique. La formule de base est la suivante [10] :

$$P = A + (100 - A) \sqrt{d/D} \quad \dots\dots (I-1)$$

Où :

P : Le pourcentage de grains passant à la passoire de diamètre d ;

d : Le diamètre du plus petit granulat ;

D : Le diamètre du plus gros granulat ;

A : varie de 8 à 16 Sa valeur étant d'autant plus élevée que le dosage en ciment et plus fort.

Cette méthode aboutit théoriquement tout au moins à une granularité continue.

I.5.2 Méthode de Dreux-Gorisse

Cette méthode est de nature fondamentalement empirique. Dreux a mené une large enquête pour recueillir des données sur des bétons satisfaisants. 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 la forme de deux lignes droites dans un diagramme semi-logarithmique [12].

Elle est d'autre part très simple d'utilisation puisqu'elle ne demande que de connaître les courbes granulométriques des granulats utilisés.

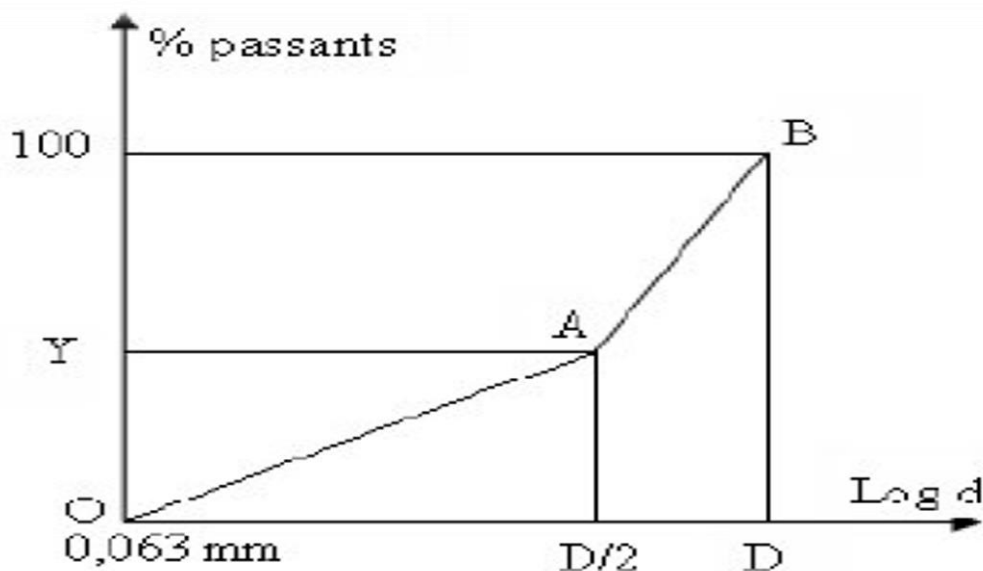


Figure I-2 : Courbe optimale type selon la méthode Dreux-Gorisse [10].

Sur un graphe d'analyse granulométrique type AFNOR (linéaire en module et logarithmique en dimension des granulats), on trace une composition granululaire de référence OAB.

Le point B (à l'ordonnée 100%) correspond à la dimension D des plus gros granulats, c'est-à-dire :

- * Point B ($X = D$ max et $Y = 100\%$) ;

- * Point O ($X = 0.063$ et $Y = 0$).

Le point de brisure A aux coordonnées suivantes :

- En abscisses (à partir de la dimension D du tamis)

Si : $D \leq 20$ mm ; l'abscisse est $D/2$.

$D \geq 20$ mm l'abscisse est située au milieu du « segment gravier » limité par le module 38 (5 mm) et le module correspondant à D.

- En ordonnées :

$$y = 50 - \sqrt{D + K} \quad \dots \text{ (I-2)}$$

Où

K : est un 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. Une correction supplémentaire sur K peut être effectuée (cas de sable grossier) en la valeur

$$K_s = 6M_f - 15 \quad \dots \text{ (I-3)}$$

Où

M_f : étant le module de finesse du sable qui varie de 2 à 3 [10].

I.5.3 Méthode de Valette

Valette a mis au point une méthode essentiellement expérimentale mais qui nécessite certains nombres de calculs préparatoires. Cette méthode est souvent désignée par « dosage des bétons à compacité maximale » ou « dosage des bétons à minimum des sables » ou « dosage des bétons à granularité discontinue ».

On calcule d'abord le dosage de sable et de ciment devant donner en principe le mortier plein avec un minimum de ciment. On ajoute ensuite, le maximum de gravier mouillé compatible avec une ouvrabilité permettant un moulage correct et une mise en œuvre facile dans les conditions du chantier. On obtient alors le béton plein à minimum de sable et le moins dosé en ciment [10].

I.5.4 Méthode de Faury

Faury proposa une nouvelle loi de granulation de type continu, il s'est inspiré pour cela de la théorie de Caquot relative à la compacité d'un granulat de dimension uniforme correspondant à un serrage moyen. La loi de granulation qui en découle est une loi fonction de $\sqrt[5]{d}$.

La courbe granulométrique idéale conduisant à la compacité maximale est alors théoriquement une droite ; cependant Faury a distingué les grains fins et moyens ($<D/2$), des gros grains ($>D/2$) et la pente de la droite n'est pas la même pour chacune de ces deux catégories.

On trace pour l'ensemble du mélange ciment compris une courbe granulométrique de référence qui est composée de deux droites si l'on opère sur un graphique gradué, en abscisse, en $\sqrt[5]{d}$.

L'abscisse du point de rencontre de ces deux droites est fixé à $D/2$ et son ordonnée Y , est donnée par une formule tenant compte de la grosseur D du granulat et comportant certains paramètres dont la valeur est une valeur tabulée en fonction de types des granulats (roulés ou concassés) et de la puissance du serrage (simple piquage ou vibration plus ou moins intense). Y , se calcule par la formule suivante :

$$y = A + 17.8 \sqrt[5]{D} \max + \frac{B}{\frac{R}{D} - 0.75} \dots (I-4)$$

Où

A : coefficient dépend de la nature des granulats (roulés, concassés) et la mise en œuvre de coulage (se choisit dans le tableau au-dessous TABX) ;

B : varie de 1 à 2 selon que le béton ferme ou mou ;

D : est exprimé en dimension de passoire ;

R : est le rayon moyen du moule.

$$D_{\max} = D_{n-1} \left(1 + \frac{x}{2y}\right) \dots (I-5)$$

Où

D_{n-1} : le diamètre au tamis (n-1) ;

X : le refus sur le tamis (n-1) ;

Y : le refus entre D_{n-1} et $(D_{n-1})/2$.

La courbe granulaire de référence OAB :

- * le point O est repéré par ses coordonnées : [0.0065 ; 1]
- * le point B est repéré par ses coordonnées : [D ; 100], (D : le diamètre du plus gros granulat).
- * Le point de brisure A aux coordonnées : [D/2 ; Dmax/2]

La quantité d'eau est : est donnée par la formule suivante :

$$E = \frac{0.39}{\sqrt[5]{D_{max}}} \times 1000 \quad \dots (I-6)$$

On a

1000 L de béton \implies éléments sec=1000-E

Le dosage de ciment / volume de ciment = quantité de ciment

Le pourcentage de ciment = (quantité de ciment / éléments sec) x100

Tableau I-2 : valeur de A

	Sable et graviers roulés	Sables roulés et gravier concassés	Sable et graviers concassés
Consistance très fluide sans serrage	>32	>34	>38
Consistance fluide faible serrage	30-32	32-34	36-38
Consistance molle serrage moyen	28-30	30-32	34-36
Consistance ferme serrage soigné	26-28	28-30	32-34
Consistance très ferme, serrage puissant	24-26	26-28	30-32
Consistance de terre humide, serrage très puissant	22-24	24-26	28-30
Serrage exceptionnellement puissant	<22	<24	<28

Pour trace la courbe granulométrique et la courbe de référence de Faury on effectue tous les essais avant :

- Essais granulométrique sur sable et gravier ;
- Essai équivalent de sable ;
- La densité apparente et absolue de sable et gravier....ect.

On détermine les 3 points de la référence de Faury OAB [(0.0065 ; 1%), ($D_{\max/2}$; $Y(D_{\max/2})$), (D_{\max} ; 100%)] et on trace cette courbe.

On a fait glisser une règle sur les courbe granulométrique et la courbe de référence de tel façon que les deux segments d'ordonne extérieurs sont égaux, puis on détermine le point d'intersection (ordonné) ;(100-ordonné) est le pourcentage des éléments de cette fraction.

Étapes de confection du béton. Dans cette partie on explique le mode de travail de notre étude, après la détermination des quantités des composants de méthode de Faury pour un mètre cube de béton, on doit transférer les quantités pour un volume d'éprouvette de $15 \times 30 \text{ cm}^3$.

I.6 CONCLUSION

Cette partie théorique nous permet de conclure que :

Le béton est un matériau hétérogène dont le choix des composants est en fonction des critères qui lui sont recherchés. Ces critères sont essentiellement les résistances mécaniques et la qualité et des composants.

Le sable est un matériau indispensable pour la fabrication du béton. Il constitue environ 30% à 40% comme composant principal de toute la masse du béton. Sa disponibilité dans les régions du sud du pays est très importante et indéfinie. Comme le sable ordinaire, qui est généralement extrait soit de carrière d'oued il est nécessaire d'adapter ce sable d'oued dans le béton pour la réalisation de différentes constructions et ouvrages.

CHAPITRE III

FACTEURS INFLUENTS SUR LA RESISTANCE DU BETON

II.1 INTRODUCTION

Le béton est le matériau de construction le plus utilisé dans le monde il est composé de granulats fins (sable), gros granulats (gravier), eau et de ciment. Les différents constituants du béton ont des influences plus ou moins importantes sur les propriétés du béton.

Plusieurs recherches sont intéressées sur l'influence des constituants de béton sur ça comportement tels que : Le dosage en ciment, le type du ciment, le rapport E/C, le rapport G/S et la propreté et la granulométrie des granulats, la propreté de sable et son finesse et sa teneur en fins, les adjuvants ...ect.

II.2 INFLUENCE DU DOSAGE EN CIMENT

Pour un dosage en eau constant, l'augmentation du dosage en ciment du béton aura pour conséquence de diminuer le rapport E/C du béton, ce qui se traduira nécessairement par une augmentation de la résistance à court terme.

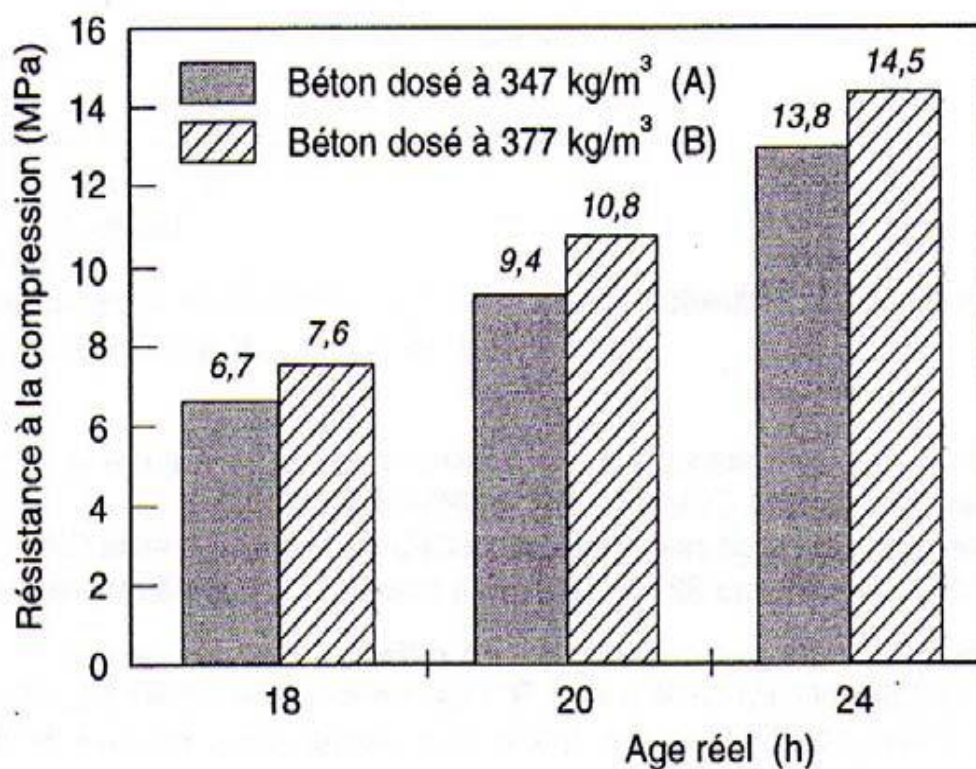


Figure II-1 : Influence du dosage en ciment sur la résistance à la compression à court terme du béton [13].

II.3 INFLUENCE DU TYPE DE CIMENT

La démarche de formulation d'un béton passe par le choix du type de ciment. L'influence de ce paramètre sur la résistance à court terme est présentée sur la figure (II-2) suivant :

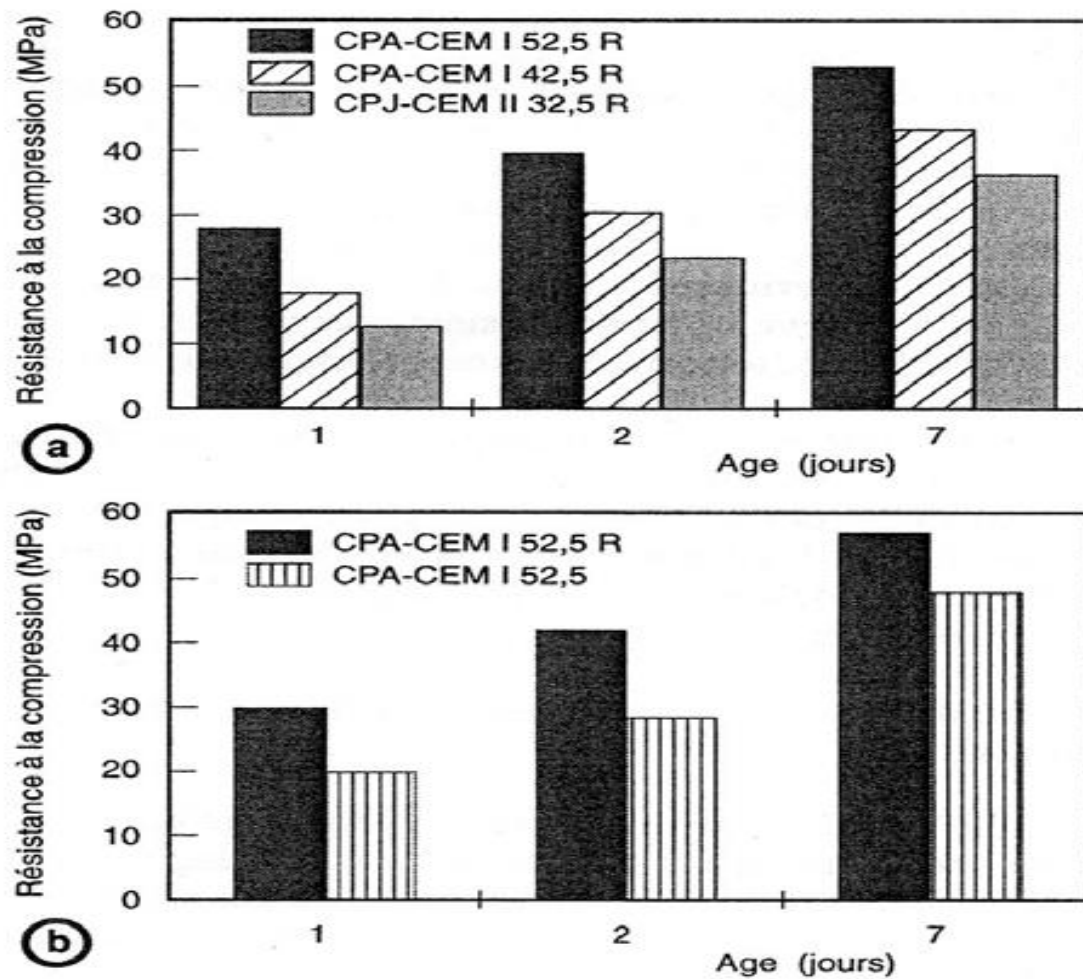


Figure II-2: Influence du type de ciment sur la résistance à la compression à court terme

[13].

Cette figure (II-2) montre que le choix d'un ciment CPA-CEM I 52,5 R développera, à dosage identique dans le béton, des résistances à court terme considérablement supérieures à celles d'un ciment CPJ-CEM II 32,5 R, c'est-à-dire que, plus la classe de résistance est élevée, plus les résistances sont élevées, à toutes les échéances. De même, un CPA-CEM I 52,5 R développe des résistances à court terme beaucoup plus rapidement qu'un CPA-CEM I 52,5, tout en présentant à 28 jours des résistances équivalentes [13].

II.4 INFLUENCE DE RAPPORT E/C

A part son rôle majeur dans le phénomène de l'hydratation, l'eau est l'un des facteurs les plus importants au niveau de l'ouvrabilité du béton. L'augmentation du dosage en eau augmente la fluidité du béton et entraîne la diminution de la concentration en solides.

Cependant, l'introduction excessive d'eau provoque la chute de la résistance mécanique du béton à l'état durci, ainsi que l'apparition des phénomènes de ségrégation à l'état frais. Le dosage du ciment est très souvent relié aux propriétés mécaniques du béton et à sa durabilité. On considère aussi que l'écoulement et l'ouvrabilité du béton sont reliés au rapport E/C. La formulation des bétons ordinaires doit impérativement passer par l'optimisation de ces paramètres.

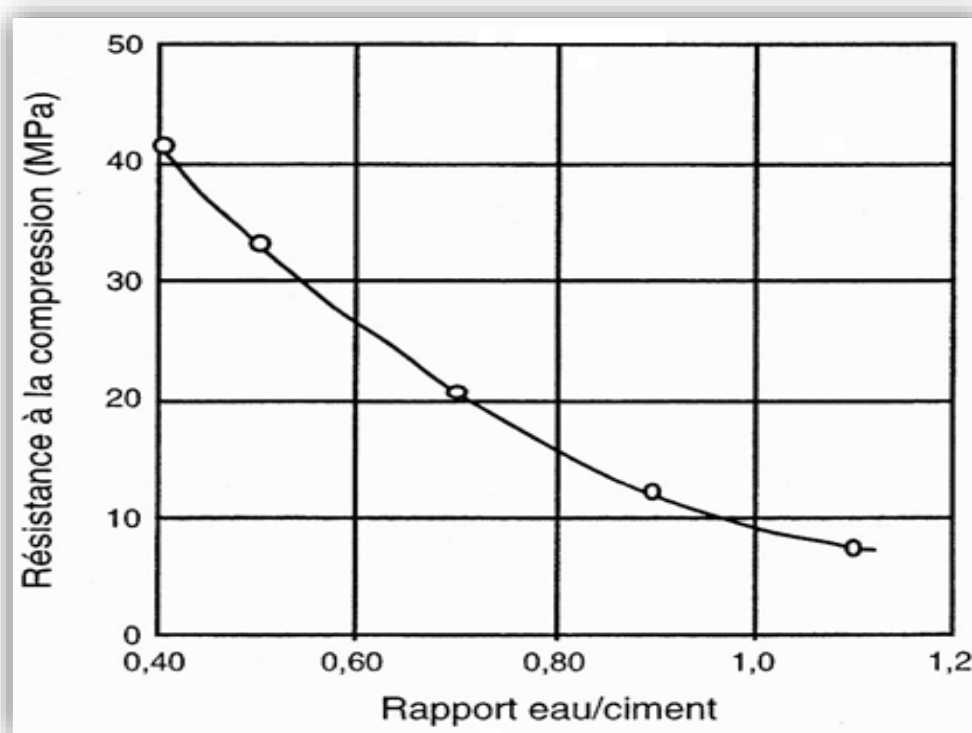


Figure II-3 : Rapport E/C d'un béton confectionné avec un ciment portland à durcissement rapide.

La figure (II-3) montre que la courbe représentant la résistance en fonction du rapport E/C a approximativement la forme d'une hyperbole. Cette relation est valable pour n'importe quel béton quels que soient le type de granulat et l'âge de béton et La résistance est d'autant plus élevée que le rapport E/C diminue.

Le rapport E/C conditionne aussi la porosité de la matrice cimentaire du béton durci, qui est un paramètre qui influe beaucoup sur la durabilité du béton [13].

II.5 INFLUENCE DU RAPPORT GRANULAT/CIMENT

Le rapport G/C est un facteur de moindre importance sur l'évolution de la résistance à la compression. Avec un rapport E/C constant, il a été démontré qu'un béton faiblement dosé en ciment demeurerait plus résistant selon les résultats de la figure (II-4)

L'explication la plus probable est le faible pourcentage des vides par rapport au volume total de béton.

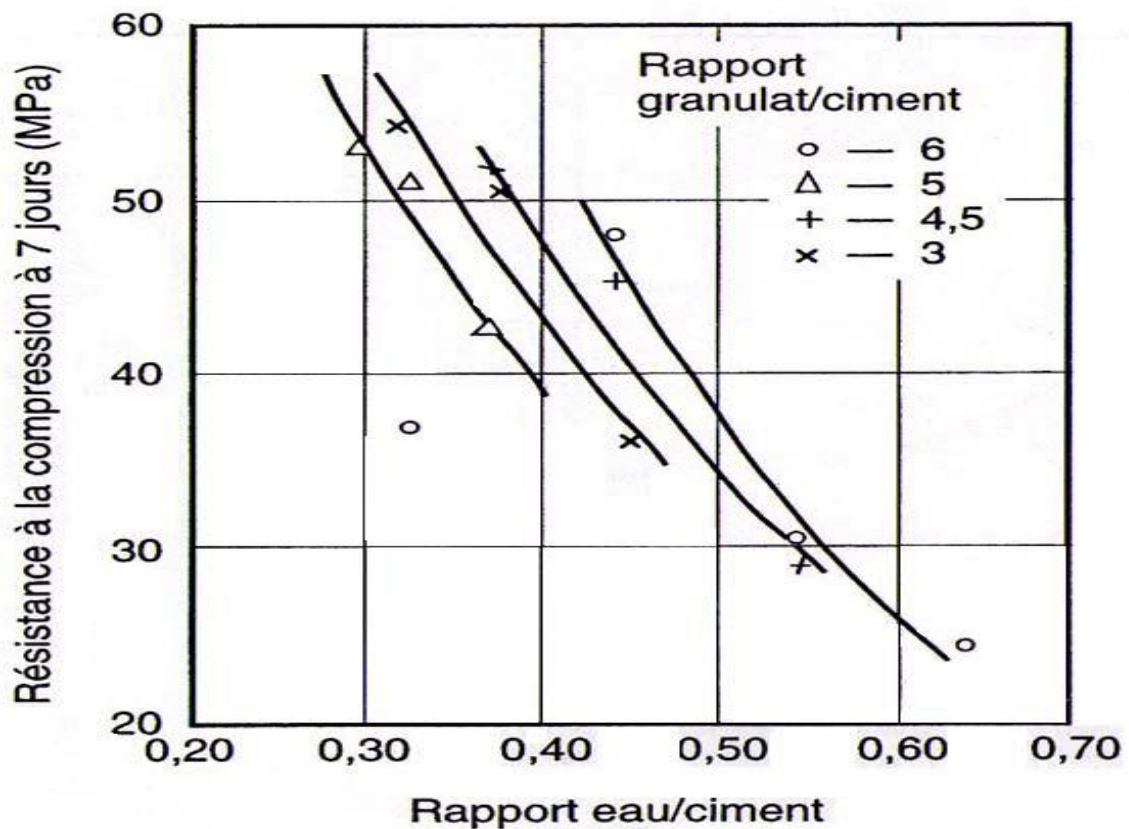


Figure II-4 : Influence du rapport G/C sur la résistance du béton.

La figure (II-4) montre que par Neville, qu'un béton plus faiblement dosé était plus résistant. Les raisons de ce comportement ne sont pas bien connues. Dans certains cas, une partie de l'eau peut être absorbée par le granulats : plus il y a de granulats, plus la quantité d'eau absorbé est importante, ce qui contribue à réduire le rapport eau/ciment réel du béton. Dans d'autre cas, une plus forte teneur en granulats contribue à diminuer le retrait et le ressuage, ce qui diminue les désordres dans les liaisons granulats et pâte de ciment. De même, les modifications thermiques dues à la chaleur d'hydratation du ciment sont plus faibles [13].

II.6 INFLUENCE DES GRANULATS

Il est intéressant pour la fabrication des éléments en béton de savoir et connaître l'influence des caractéristiques des granulats sur la qualité du béton, afin d'avoir l'opportunité pour le choix des granulats compatibles au béton souhaité.

A cet effet, plusieurs recherches ont étudié l'influence des caractéristiques des granulats sur la propriété du béton, et en ce qui suit on va citer l'effet des principales caractéristiques sur la propriété du béton.

II.6.1 Influence rapport gravier / sable (G/S)

Le rapport (G/S) correspond à celui des volumes absolus du gravier sur sable.

La coupure entre sable et gravier se fait au tamis de module 38(5mm) Pour G/S 2.2 (valeurs les plus courantes) l'influence de G/S est faible. Mais, la résistance augmente sensiblement pour des valeurs élevées de G/S surtout pour les bétons fermes

Le tableau (II-1) présente une récapitulation des qualités principales des bétons en fonction de leurs G/S.

Tableau II-1 : Principales qualités des bétons en fonction de leur (G/S) et leur granularité.

	Appréciation concernant les bétons	
Caractéristiques	G/S élevé par rapport à ceux à G/S faible	à granularité discontinue par rapport à ceux à granularité continue
Ouvrabilité	Moins bonne surtout si G/S >2.2	Moins bonne
Résistance à la compression	Meilleure surtout pour G/S >2.2	Très légèrement supérieure
Résistance à la traction	Sans corrélation apparente	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 de son	Sans corrélation très nette	Légèrement supérieure
Indice sclérométrique	Un peu supérieur	Très légèrement supérieure
Retrait	Sans corrélation très nette	Moins élevé surtout si G/S >2.2
Compacité, densité	Légèrement plus élevé pour G/S >2.2	Un peu plus élevé

Il y apparaît en effet que pour des $G/S \leq 2$ (valeurs les plus courantes) l'influence du rapport G/S est relativement faible, 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

La figure (II-5) ci-dessous montre l'influence de rapport G/S sur la résistance du béton avec plasticités différées.

La tendance actuelle est de ne pas dépasser des valeurs de G/S entre 1.5 à 1.6 ; c'est un léger sacrifice de la résistance au profit de l'ouvrabilité [10].

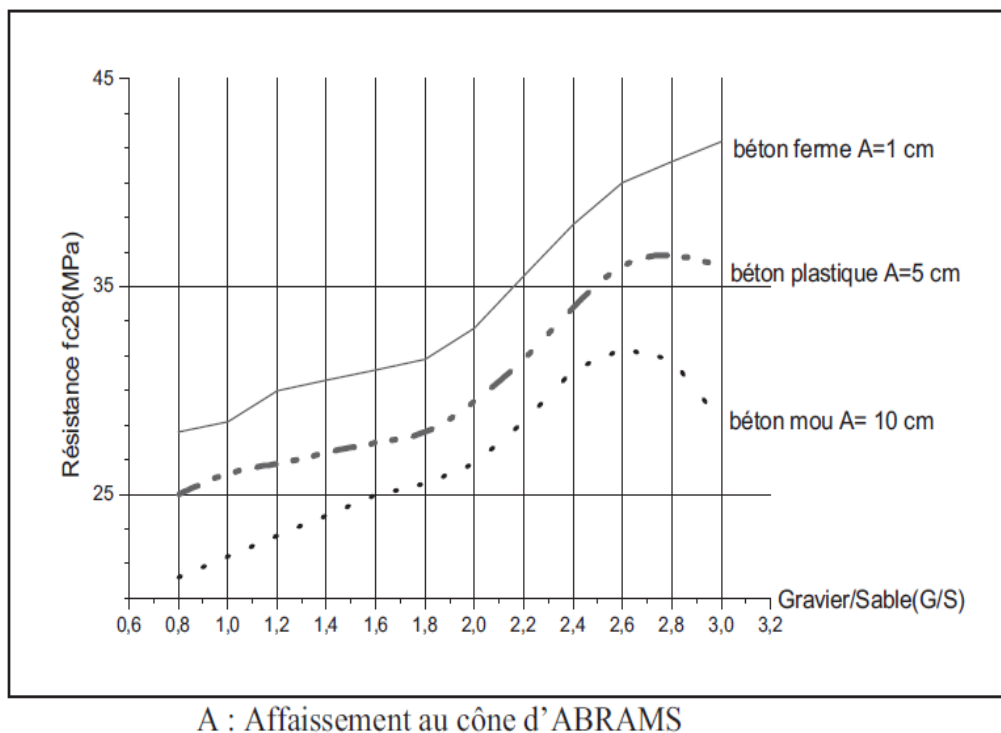


Figure II- 5 : Variation de la résistance à la compression selon le rapport G/S avec Différentes plasticités [10].

II.6.2 Influence de la taille maximale du granulat

L'utilisation des granulats de dimension maximale contribue de façon très significative à l'augmentation de la résistance du béton. Mais cela reste dans les limites de la faisabilité, parce que le choix de D_{max} reste conditionné par le [14] :

- L'ouvrabilité demandée
- Les dimensions de l'ouvrage et l'épaisseur des pièces
- L'espacement des armatures

➤ L'enrobage des armatures

L'effet négatif de l'augmentation de la dimension maximale du granulat dans le béton s'applique à l'échelle de toutes les grosseurs, mais l'effet de la dimension des grains sur la diminution de la demande en eau est particulièrement important en dessous de 38,1 mm (figure II-6). Pour des dimensions supérieures, le bilan des deux effets dépend du dosage du béton.

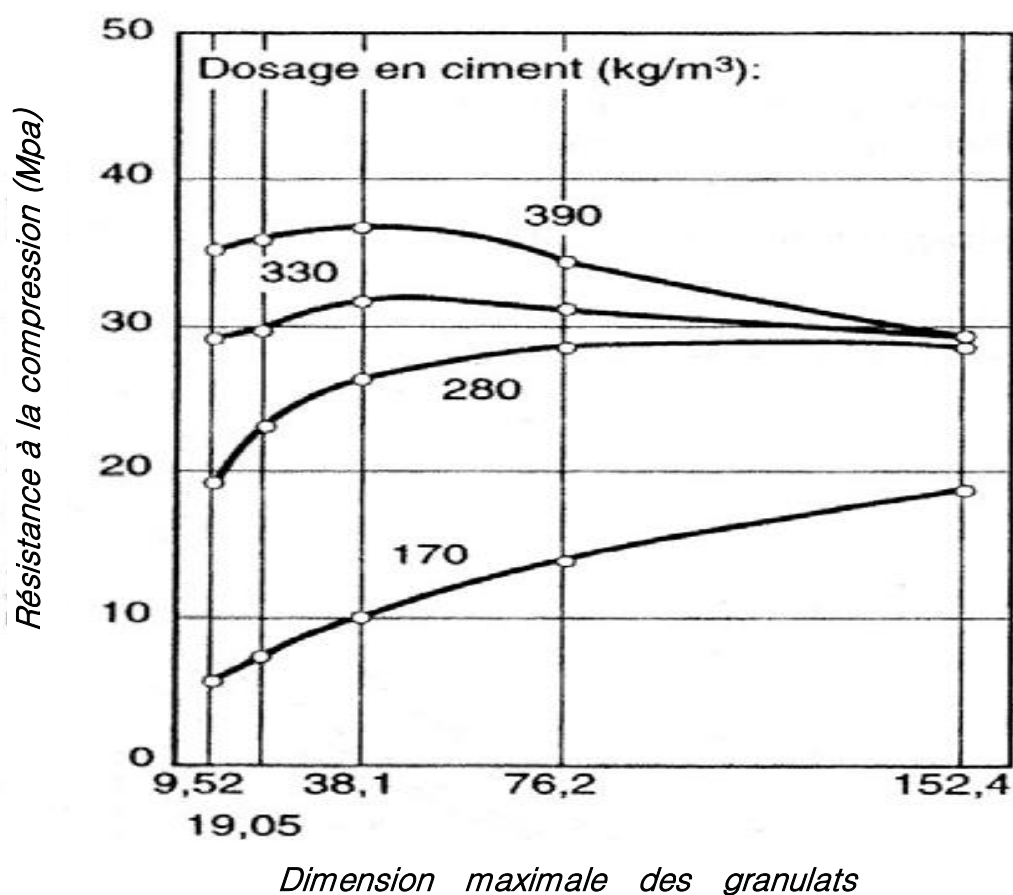


Figure II-6 : Influence de la dimension maximale du granulat sur la résistance à la compression à 28 jours pour des bétons ayant différents dosages en ciment [13].

II.6.3 Influence de la granularité

La figure (II-7) ci-après donné une idée de l'effet de la granularité sur la résistance du béton à 28 jours.

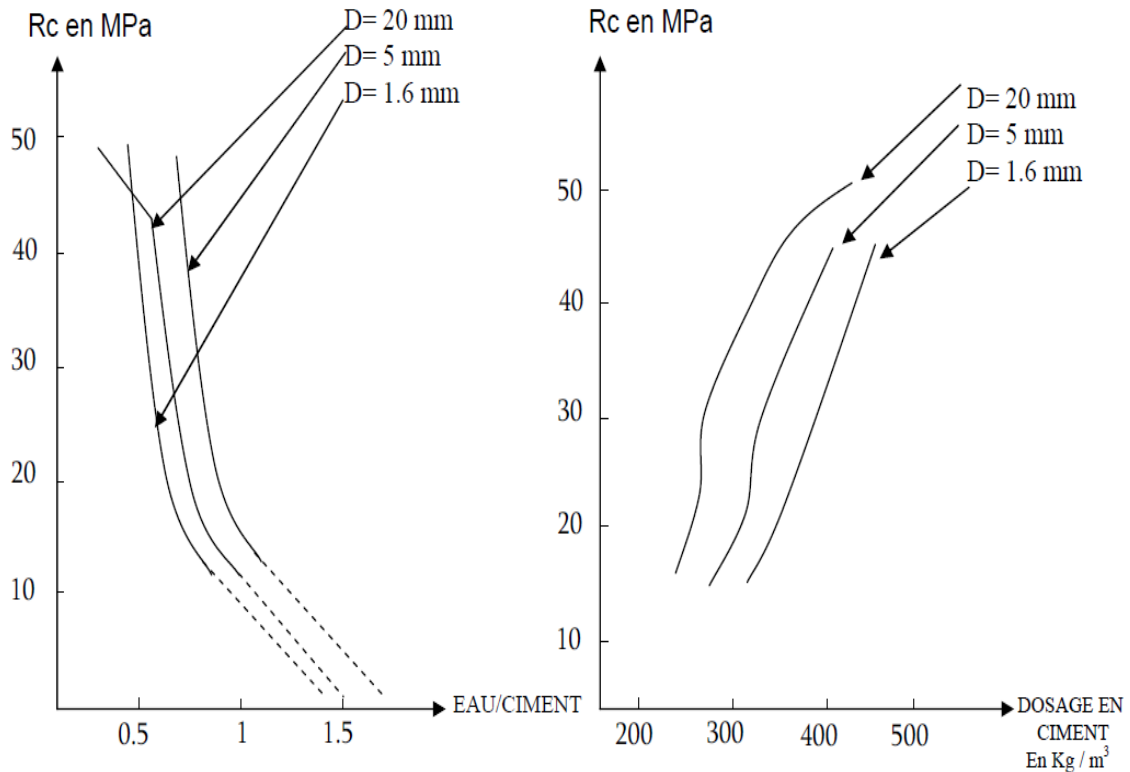


Figure II-7 : Effets de la granularité sur la résistance du béton [15].

On remarque sur cette présentation, que l'augmentation de la granularité augmente la résistance. Mais si on fixe le paramètre E/C dans les limites de la plasticité (0.5-1.5) les meilleurs résultats correspondent de granularité moyenne.

II.7 INFLUENCE DE SABLE

Le terme sable est généralement utilisé pour désigner un mélange de grains meuble n'ayant aucune cohésion et dont la dimension des grains est généralement comprise entre 0,062 et 5 mm, Du point de vue géologique, le terme sable recouvre deux aspects : un aspect granulométrique (taille des grains) et un aspect minéralogique (nature minéralogique des grains). Une particule individuelle est appelée grain de sable, le paramètre de sable que influence sur la résistance est présentée.

II.7.1 Influence de la granulométrie du sable

La granulométrie du sable a une grande importance sur la qualité des bétons. Une bonne granulométrie du sable permet d'économiser le liant sans réduire la résistance mécanique du béton. La granulométrie du sable doit assurer :

- d'une part un volume minimal des vides entre les grains.
- une surface spécifique minimale des grains.

Quand on utilise le sable avec une grande teneur en grains fins (de dimensions 0.15 à 0.6 mm) les boules sableuses non imbibées de pâte de ciment se forment.

Les grains de sable dont les dimensions s'approchent de celles du ciment jouent en réalité le rôle d'adjuvants minéraux actifs ou inertes en fonction de leur composition minéralogique et du régime de durcissement.

Le sable dont les dimensions dépassent 50 μ m peut être considéré comme un vrai agrégat. On recommande de séparer les fractions inférieures à 0.15 mm en deux ou trois fractions ; par exemple :

- ✓ la fraction 0 à 50 μ m.
- ✓ la fraction 50 à 100 μ m.
- ✓ la fraction 100 à 150 μ m.

Pour préciser l'influence de la granulométrie du sable sur la résistance du béton et la consommation en ciment, **Gordon [16]** a étudié les sables de granulométries diverses ; Cet auteur a conclu que la granulométrie du sable de 0.15 à 5 mm n'influe pas sur la résistance du béton si sa composition est optimale

Un facteur de grande importance c'est la dépense en ciment qui dépend beaucoup de la granulométrie du sable. Le béton préparé à base de sable moyen exige une dépense minimale en ciment. Le besoin en eau et la dépense en ciment augmentent de 8 à 20% quand on utilise le sable fin ; pour le sable gros cette augmentation est insignifiante. Le fait que l'utilisation des gros sables mène à un petit excédent de dépenses en ciment peut être expliqué par le contenu diminué de la fraction inférieure à 0.6mm dans ces sables ; ce qui influe négativement sur l'ouvrabilité du béton frais.

Les sables fins augmentent la surface spécifique totale ce qui exige aussi l'augmentation de la dépense en pâte de ciment dans les mélanges de béton de même maniabilité. Il convient de noter que les auteurs précédemment cités indiquent qu'au cours de la réalisation des recherches de

l'influence de la granulométrie du sable sur la résistance du béton. Il n'était pas possible de sélectionner la granulométrie des sables comme l'unique variable car la variation de la composition est aussi nécessaire [15].

II.7.2 Influence de module de finesse

Figure II-8 Montre les variations de la plasticité et de la résistance d'un béton en fonction du module de finesse à dosage en eau constant.

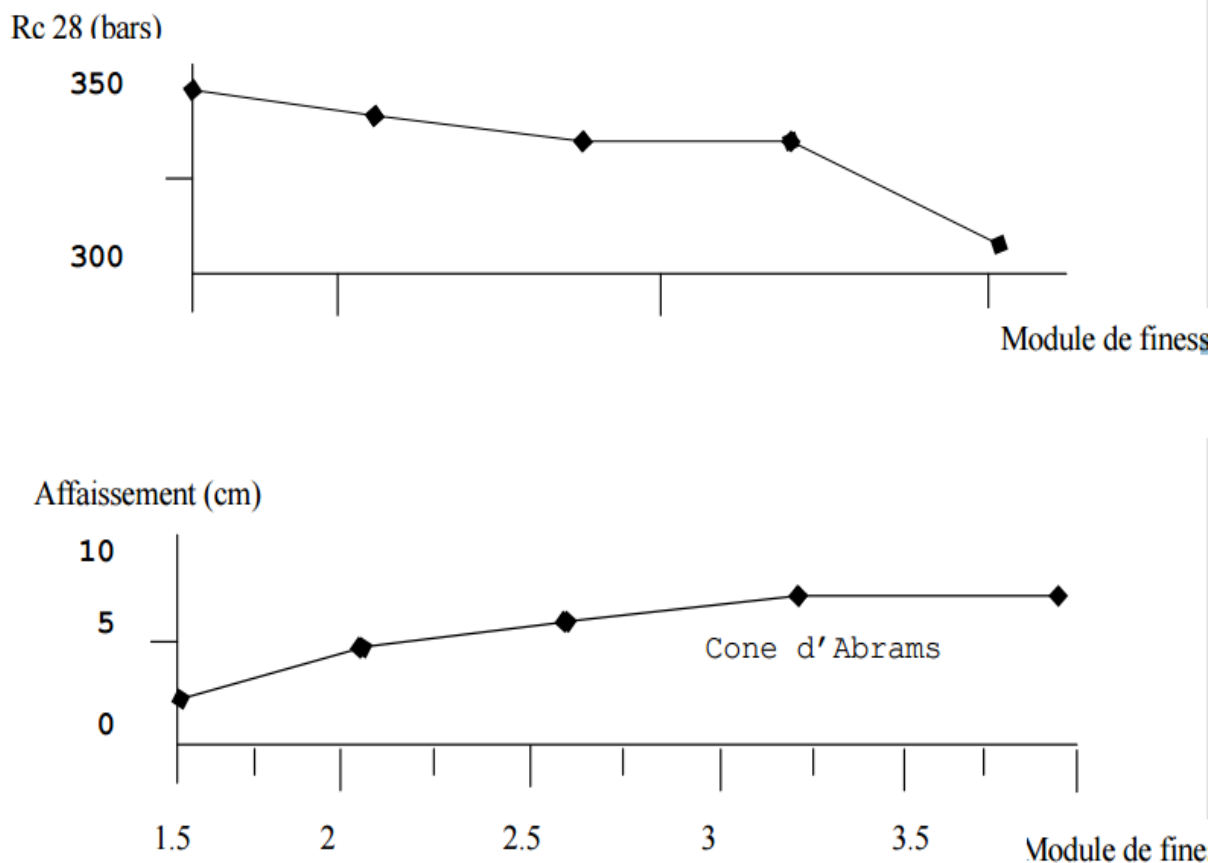


Figure II-8 variation de la plasticité et de la résistance en compression en fonction du module de finesse à dosage en eau constant.

Les Figure (II-9) et Figure (II-10) montrent successivement la variation du coefficient de perméabilité et de la résistance en fonction du module de finesse selon.

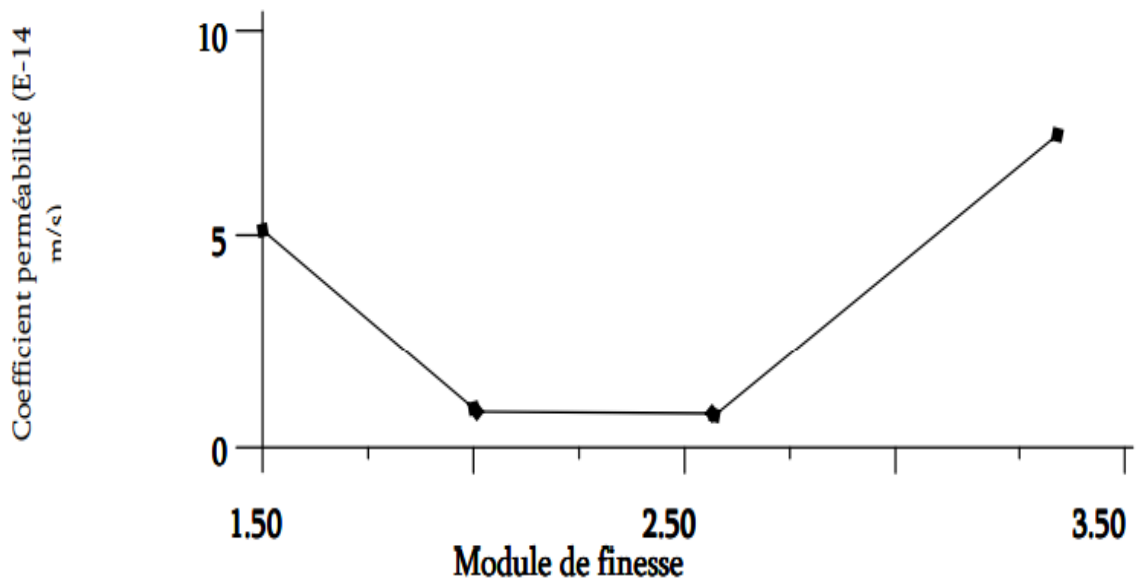


Figure II-9: perméabilité mesurée par écoulement de kérosène sous pression (20bras) et pendant une heure (un dosage en ciment de 350 Kg/ m3) et un affaissement constant.

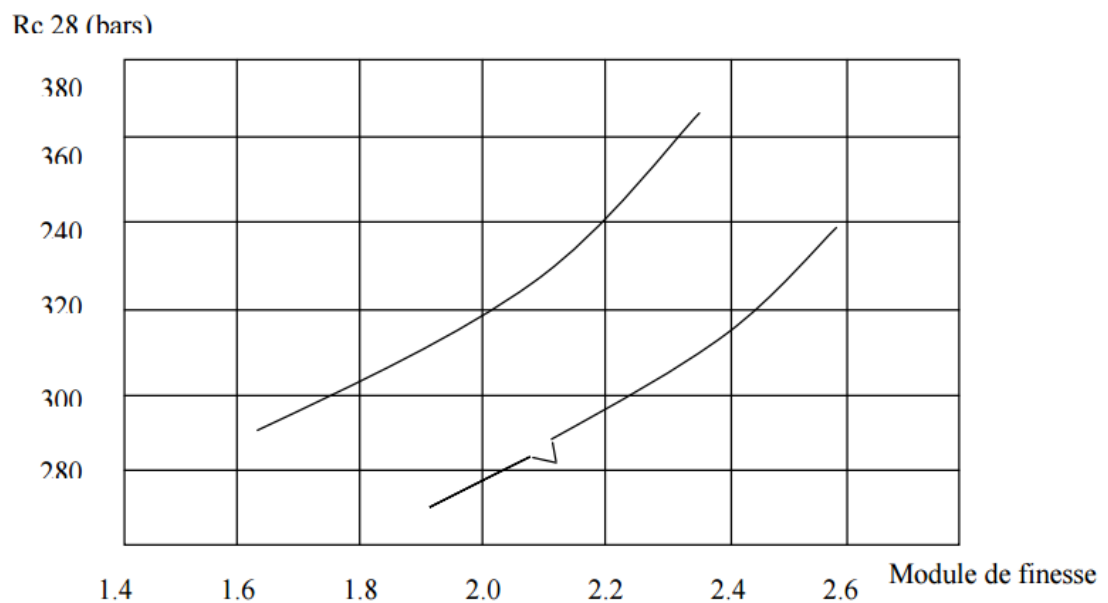


Figure II-10: Relation approximative entre le module de finesse et la résistance en compression du béton.

Figure (II-11), montre que la variation d'affaissement au cône en fonction de module de finesse, est liée également par les dimensions des granulats. Sachant que le module de finesse d'un bon sable est compris entre 2,2 à 2,8, des finesses.

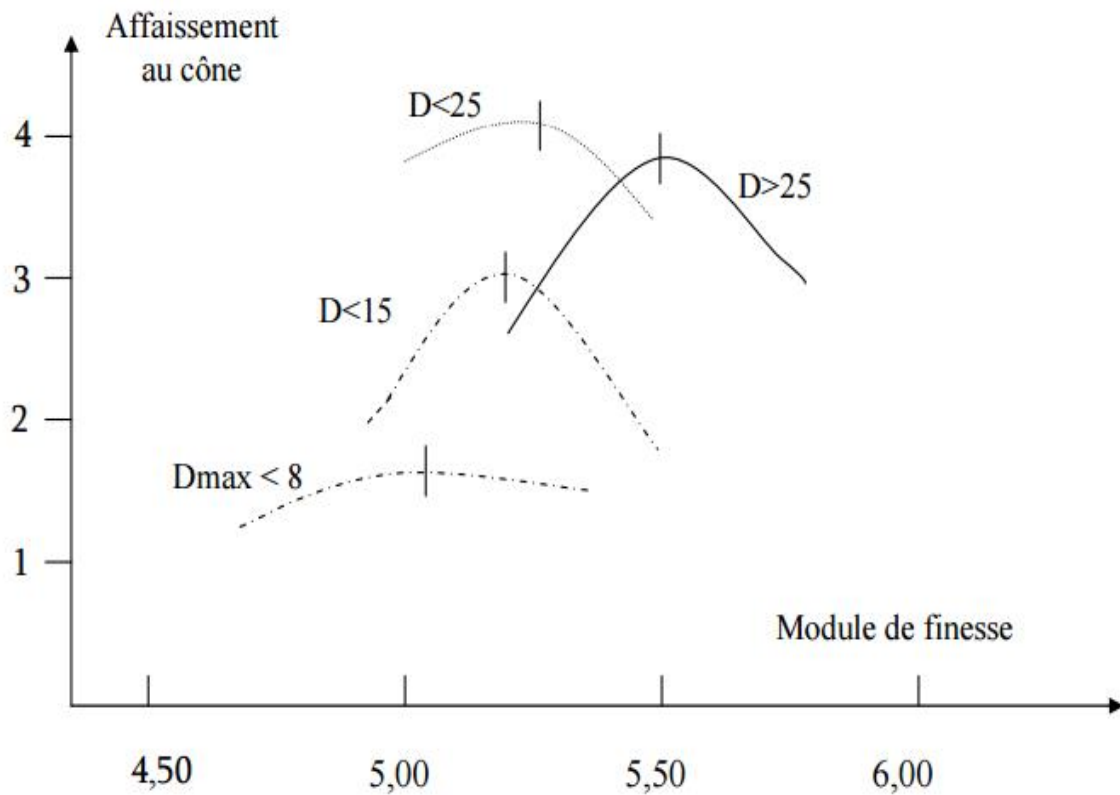


Figure II-11: affaissement au cône d'Abrams en fonction du module de finesse.

Un bon sable pour béton doit avoir un module de finesse d'environ 2,2 à 2,8. Au-dessous de 2,2, le sable est riche en éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du besoin en eau. Au-dessus de 2,8, le sable manque de fines particules et le béton y perd en ouvrabilité [15].

II.7.3 Influence de l'équivalent de sable

Au but d'éclaircir l'effet de l'équivalent de sable sur la résistance à la compression, on affiche un résultat d'une recherche précédents. [15], dans la figure ci – dessous ce qui présente la relation entre la résistance et l'équivalent de sable.

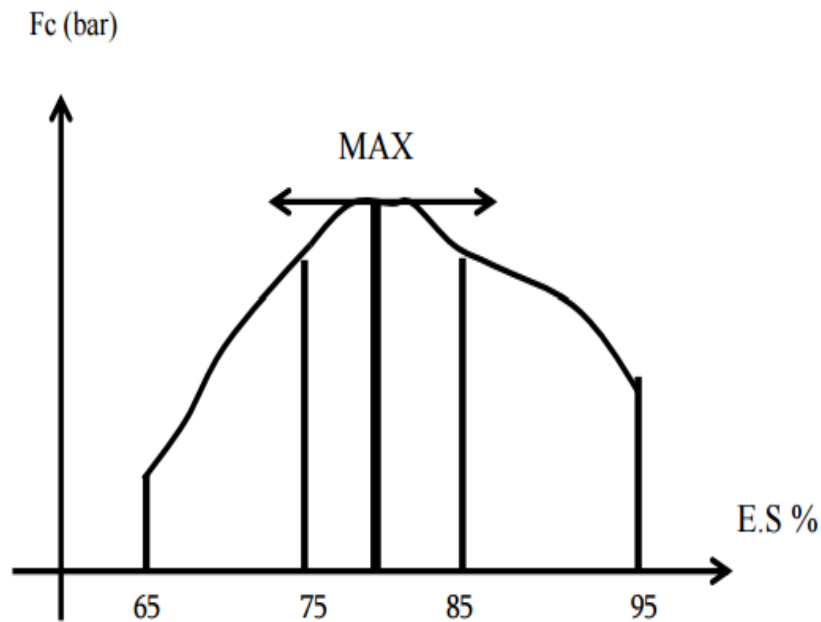


Figure II-12: Résistance du béton en fonction de l'équivalent de sable [15].

Et suivant à ce résultat montre dans la Figure (II-12), sort que les valeurs favorables de l'équivalent de sable (E.S) pour un béton résistant, se trouvent dans l'intervalle entre 75% et 85% [15].

II.8 INFLUNCE DE LA TEMPERATURE

L'influence de la température de fabrication puis de mûrissement du béton sur ses résistances à court et à long terme a fait l'objet de plusieurs études au cours des soixante dernières années. De façon générale, toutes ces études (Klieger P., 1958 ; Verbeck G.J. et Helmuth R.H., 1968 ; Mamillan M., 1970 ; Alexandersson J., 1972 ; Byfors J., 1980 ; Regourd M. et Gautier E., 1980, etc.) [9].

Ont montré que : plus la température de fabrication et/ou de mûrissement est élevée, plus la résistance à court terme est élevée. Alors qu'à long terme, l'influence de la température est inversée, c'est-à-dire que plus la température initiale est élevée, moins bonnes sont les résistances.

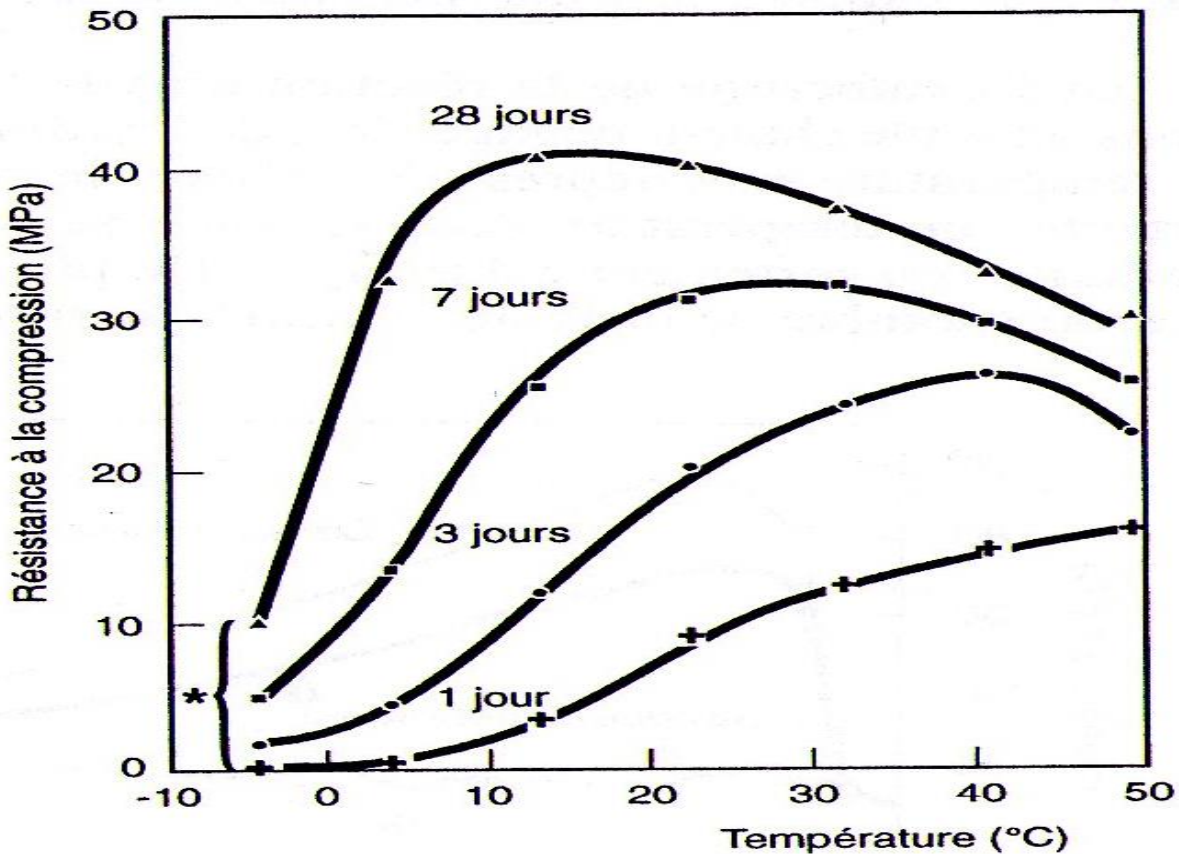


Figure II-13: Influence de la température de mûrissement du béton sur la résistance à la compression d'un béton à différentes échéances [9].

La figure (II-13) montre que plus la température de fabrication et de mûrissement du béton est élevée, plus la résistance à un jour de ce béton est élevée ; alors que pour les âges de trois à vingt-huit jours l'influence de la température change radicalement. En effet, pour chacun des âges étudiés à partir de trois jours, il existe une température optimale à laquelle correspond le maximum de résistance. En fait, cette température optimale de mûrissement diminue lorsque l'échéance considérée augmente. Cependant, les causes à l'origine des réductions de résistances observées à long terme pour les bétons mûris à des températures élevées sont beaucoup plus complexes et suscitent encore aujourd'hui des questions [9].

II.9 INFLUENCE DE L'ÂGE

Meyer (1963) a montré que l'augmentation de la résistance (exprimée en pourcentage de la résistance à long terme) des bétons à faible rapport E/C est plus rapide que celle des bétons ayant un rapport E/C plus élevé (figure II-14). Ceci s'explique par le fait que les grains de ciment sont plus près les uns des autres et que le réseau de gel continu s'établit plus rapidement.

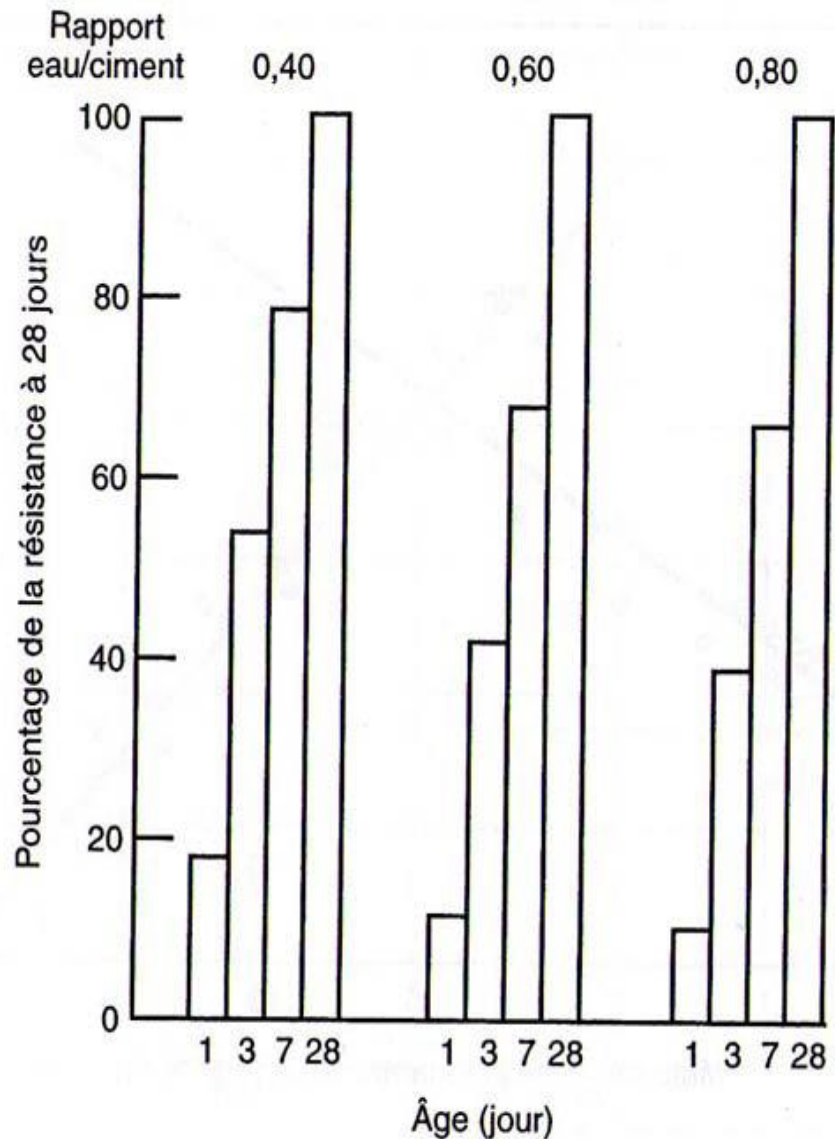


Figure II-14 : Augmentation relative de la résistance dans le temps de bétons ayant différents rapports E/C confectionnés avec un ciment portland ordinaire.

Il est important de connaître l'évolution de la résistance en fonction du temps lors de la mise en service d'une structure, c'est-à-dire lorsque cette dernière devra supporter, à un âge plus éloigné, la charge totale pour laquelle elle a été dimensionnée. Dans ce cas, le gain de résistance après l'âge de 28 jours peut être pris en compte lors du dimensionnement de la structure. Dans d'autres situations, comme dans le cas des bétons précontraints, préfabriqués ou lorsque les coffrages doivent être enlevés rapidement, il est important de connaître la résistance au jeune âge.

La figure(II-15) présente l'évolution de la résistance en fonction du temps pour des bétons de rapports E/C de 0,40, 0,53 et 0,71 confectionnés avec un ciment de type I en 1948 et conservés constamment dans l'eau .

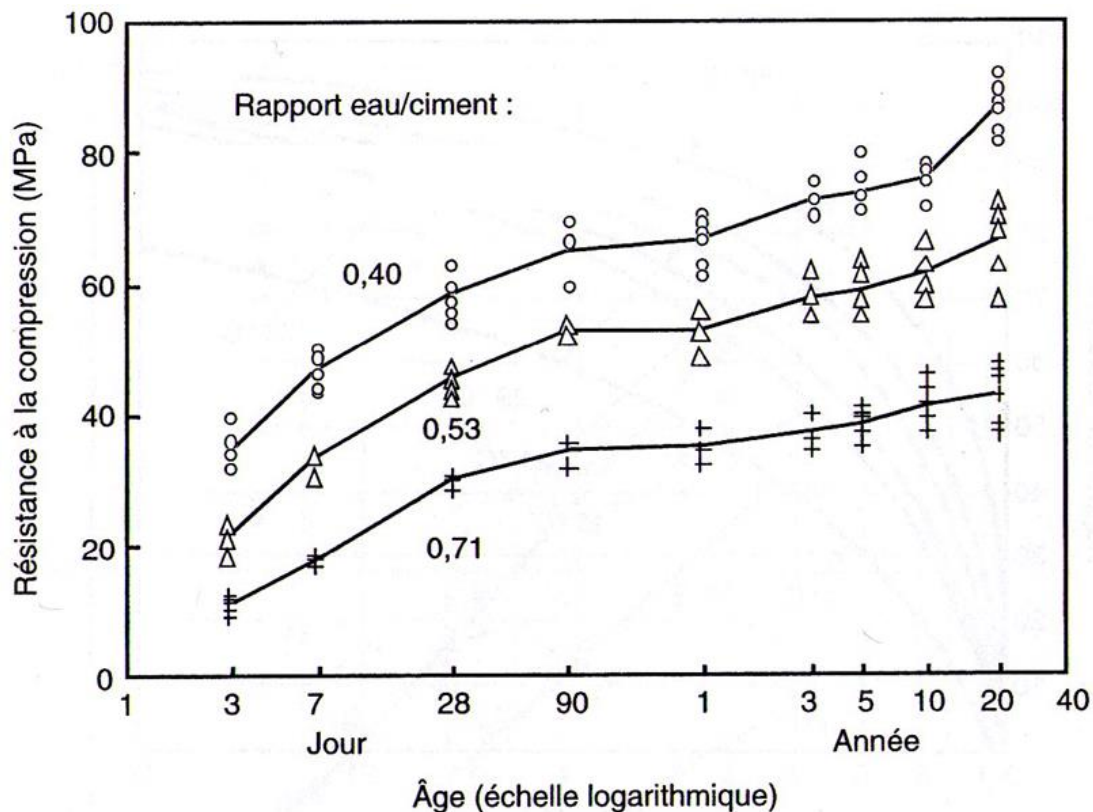


Figure II-15: Augmentation de la résistance de bétons (mesurée sur des cubes modifiés de 150 mm) sur une période de plus de 20 ans ; condition de conservation humide [9].

II.10 CONCLUSION

A la fin de ce chapitre, on peut conclure que le béton est un matériau complexe, très sensible à la variation des paramètres liés à ces composantes et à son environnement.

C'est dans ce contexte qu'on peut inscrire notre étude, qui est une contribution à l'étude de l'influence de la propreté de sable sur la résistance de béton à court et moyen terme.

CHAPITRE III

CARACTERISATION ET PRESENTATION DES MATERIAUX

III.1 INTRODUCTION

Avant d'entamer les études de formulation de béton, on doit procéder à la vérification des caractéristiques des différentes composantes rentrantes dans la formulation de nos bétons.

Dans cette partie, on s'intéresse à la présentation des matériaux utilisés et la détermination de leurs caractéristiques physico-mécaniques et chimiques.

En deuxième lieu, on présente la méthode de détermination des formules optimales pour chaque cas.

Tous les essais réalisés sur les agrégats (sable + graviers), le liant hydraulique et l'eau de gâchage ont été réalisés au niveau du Laboratoire des Travaux Publics du Sud à Ghardaïa

III.2 CARACTERISATION ET PRESENTATION DES MATERIAUX

III.2.1 Gravier

Le gravier utilisé de classes, 3/8 ,8/15 et 15/25 à été ramène du la station de concassage SARL ALCOGAZ à Metlili, il est de nature calcaire grisâtre, examen visuelle du gravier montre que les grains sont poreux.

A. Echantillonnage

Il faut que l'échantillon utilisé au laboratoire soit représentatif de l'ensemble. Le passage de l'échantillon total prélevé sur le tas à l'échantillon réduit nécessaire à l'essai, peut se faire par quartage ou à l'aide d'un échantillonneur.

L'échantillon doit être séché à l'étuve à 105 °C s'il est exempt de minéraux argileux, et par la suite on va diviser en quatre parties égales dont on ne retient que la moitié en réunissant deux quarts opposés. Cette sélection est homogénéisée et un nouveau quartage est effectué (voir la figure (III.1) Opération de quartage).

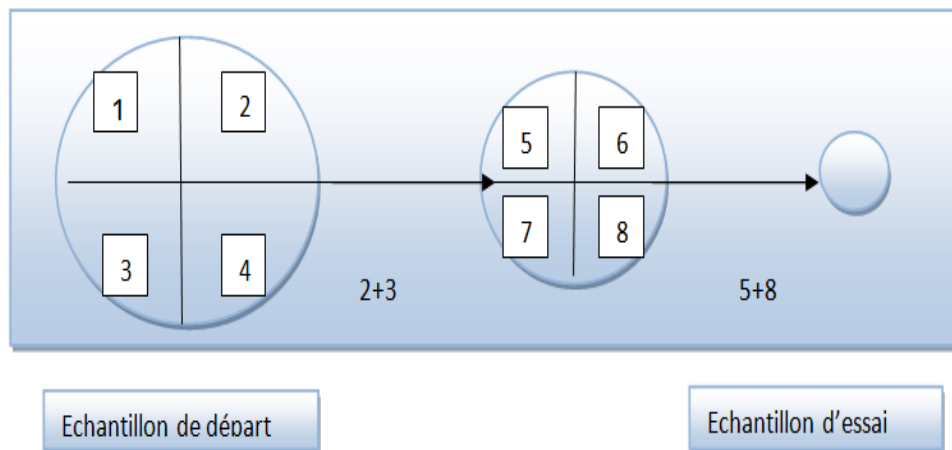


Figure III-1 : Opération de quartage.

B. granulométrie

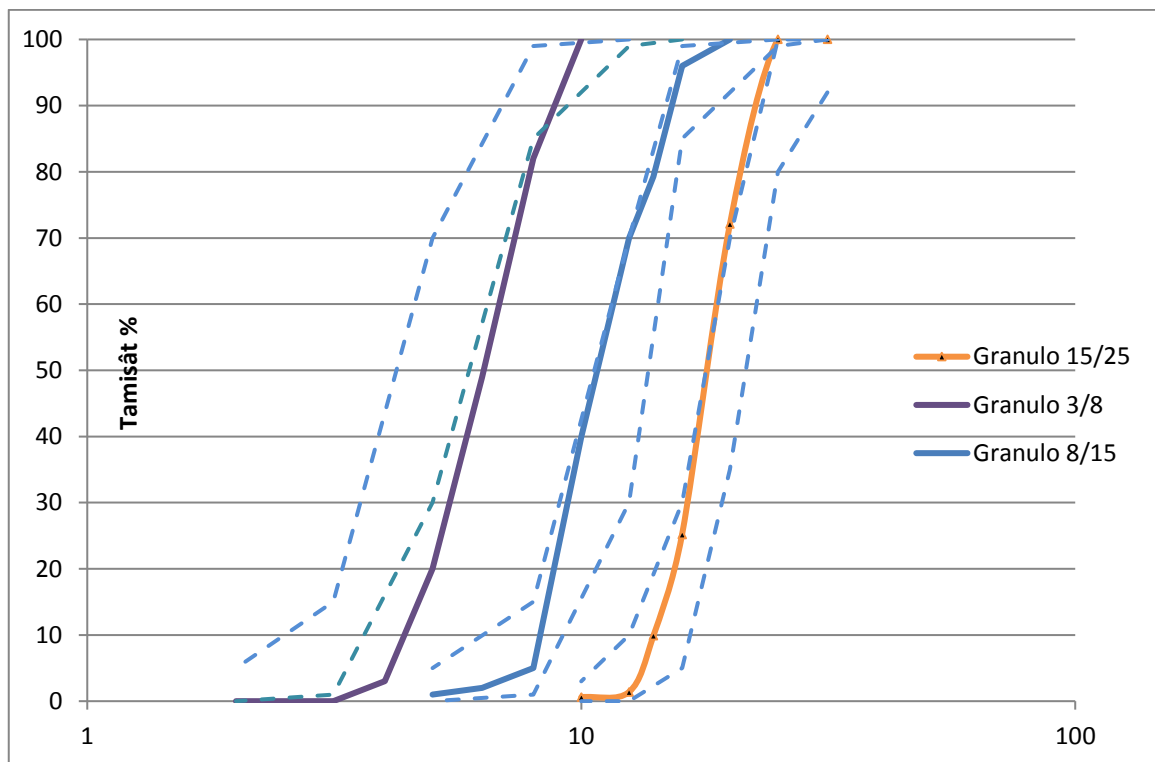
L'essai de l'analyse granulométrique tableau (III.1) et figure (III.3) permet de déterminer les pourcentages par le tamisage d'un échantillon dans une série des tamis et de déterminer le Pourcentage de passants et du refus sur chaque tamis.



Figure III-2 : tamis utilise.

Tableau III-1 : résultats de l'analyse granulométrique du gravier.

Echantillon : gravier 3/8.8/15 et 15/25.			
Référence normative : NA2607.			
Classe	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25
Tamis ouverture (mm)	tamisât %	Tamisât %	Tamisât %
25	100	100	100
20	100	100	72.1
16	100	98	25.2
12.5	100	80	1.4
10	100	48	1
8	82	21	0.6
6.3	49	5	0
5	4	2	0
2.5	3	1	0
1.25	0	0	0

**Figure III-3 : courbe granulométrique des graviers.**

C. Aplatissement

La détermination du coefficient d'aplatissement d'un échantillon de granulats dont les dimensions sont comprises entre 4 et 40 mm, Le présent coefficient s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle suivant la norme NA256 [17].

Tableaux III-2 : résultats d'aplatissement du gravier.

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Aplatissement [%]	18.91	13.82	6.42	≤ 35 %

Le coefficient d'aplatissement des graviers répond aux spécifications de la norme spécifiait que la valeur du coefficient d'aplatissement doit être $A \leq 35 \%$.

D Masses volumiques absolue

Entend par masse absolue la masse de l'unité de volume absolue d'un corps (volume matière plein). la masse volumique spécifique du gravie peut être calcule par la formule suivant :

$$\gamma_{\text{Abs}} = \frac{M_a}{V_s} \dots \dots \dots \text{(III.1)}$$

γ_{Abs} : la masse volumique absolue.

M_a : la masse de gravie a l'air.

V_s : $V_2 - V_1$, volume absolue de gravie.

V_1 : volume d'eau initial.

V_2 : volume d'eau après l'introduction de l'échantillon.

Dans notre cas nous avons trouvé que :

Tableaux III-3 : résultatsts de masse volumique absolue des graviers.

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Masse volumique absolue [t/m^3]	2.60	2.63	2.62	-

D. Absorption d'eau

Cette manipulation a pour objectif de déterminer le coefficient d'absorption de un matériau à partir de différentes pesées suivant la norme NA255 [18]. On détermine un coefficient d'absorption, qui est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse de l'échantillon après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon.

Dans notre cas nous avons trouvé que :

Tableaux III-4 : résultats d'absorption des graviers.

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Absorption d'eau [%]	5.87	2.57	3.47	≤ 5.0 %

Ces résultats montrent que le taux d'absorption d'eau est relativement élevé.

E. Propreté superficielle

Pour savoir la propreté des granulats on utilise l'essai de propreté superficielle suivant la norme NA 463[19], qui consiste à mesurer le pourcentage d'éléments fins subsistant après lavage.

Dans notre cas, les graviers ont :

Tableaux III-5 : résultats Propreté superficielle des graviers.

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Propreté superficielle [%]	0.548	0.659	0.488	≤ 1.5 %

Ces résultats caractérisent un gravier propre

F. Essai LOS ANGELES

Afin que les granulats puissent répondre aux spécifications de fabrication de béton il est donc nécessaire de procéder à l'essai de résistance aux chocs, suivant la norme NA 458[20].

Dans notre cas :

Tableaux III-6 : résultats LOS ANGELES des graviers.

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
LOS ANGELES [%]	38.0	36.1	31.9	≤ 40 %

Les valeurs obtenues montrent que notre gravier peut être utilisé par formulation un béton de qualité.

G. Essai Micro DEVAL

Pour but la détermination de la résistance à l'usure par le frottement réciproque des éléments d'un granulat, on a procédé l'essai de micro DEVAL en présence d'eau suivant la norme NA 457 [21].

Dans notre cas :

Tableaux III-7 : résultats du Micro Deval.

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Micro Deval [%]	21.4	26	24.8	≤ 30 %

Notre gravier présente une bonne résistance à l'usine

H. Les analyses chimiques du gravier

Le tableau (III-8) donne la composition chimique du gravier.

Tableaux III-8 : résultats des analyses chimiques du gravier.

	gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Taux des insolubles [%]	5.5	5.4	3.5	-
Taux de carbonates CaCO ₃ [%]	88	89	90	-
Taux Chlorure Cl ⁻ [%]	0.005	0.005	0.006	≤ 0.06 %
Taux de Sulfates SO ₃ [%]	0.00	0.00	0.00	≤ 0.2 %

Ces résultats caractérisent un gravier de nature carbonaté qui contient un faible taux de chlorure.

III.2.2 Interprétation des résultats des graviers

A la lumière des résultats obtenus et d'après la norme algérienne NA 5043 [22], on peut conclure que :

- Les classes granulaires 8/15 et 15/25 inscrivent dans leurs fuseaux de référence par contre le gravier 3/8 est légèrement supérieur à sa classe ;
- Les autres caractéristiques de fabrication tel que la propreté et l'aplatissement sont acceptable vue les exigences de la norme correspondante ;
- L'essai de l'absorption des graviers sont acceptables, excepte le taux de celle de la classe 3/8 il est supérieur à la valeur exigée ;
- Les essais mécaniques sur gravier à savoir LOS ANGELES montre que les graviers ont une faible dureté, néanmoins ils sont tolérables pour des bétons ordinaires, ce qui peut influencer sur les résultats de résistance à la compression simple du béton de notre étude ;
- Les essais chimiques montrent que les graviers sont de nature carbonatée (calcaire), ne sont pas agressifs vis-à-vis du béton et en cas de présence des armatures tel que les Sulfates et les Chlorures, ce qui nous permet de dire qu'il n'y a pas de risque d'attaque chimique interne dans le béton.

Donc les trois classes de gravier peuvent être utilisées pour formuler un béton de qualité

III.2.3 Sables

Les sables utilisés pour notre recherche sont des sables alluvionnaires des gaines roulées proviennent des Oueds de la région Ghardaïa, il s'agit de :

- Sable de la zone Zelfana ;
- Sable de la zone Menia (El-Goléa) ;
- Sable de la zone Metlili ;

Les trois sables sont de nature siliceuse de couleur rosâtre.

Le sable de comparaison « sable témoin » provient de l'Oued M'zi de la région Laghouat, il est aussi de nature siliceuse à une couleur brunâtre.

A. Granulométrie

L'essai de l'analyse granulométrique tableau (III-9) et figure (III-5) Permet de déterminer par la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon, le sable passe à travers une série de tamis décroissante des mailles en (mm) 5 ; 2.5 1.25 ; 0.63 ; 0.315 ; 0.16 ; 0.08.



Figure III-4 : tamis utilise.

Tableaux III-9 : résultats de l'analyse granulométrique des sables.

	Tamisât %	Tamisât %	Tamisât %	Tamisât %
Tamis ouverture (mm)	Sable Laghouat	Sable Metlili	Sable Zelfana	Sable EL-Goléa.
8	100	100	100	100
6.3	91	100	100	96
5	89	100	100	94
2.5	86	98	96	85
1.25	82	96	92	78
0.63	72	84	81	75
0.315	20	8	13	38
0.160	2	2	2	3
0.080	1	1	1	1

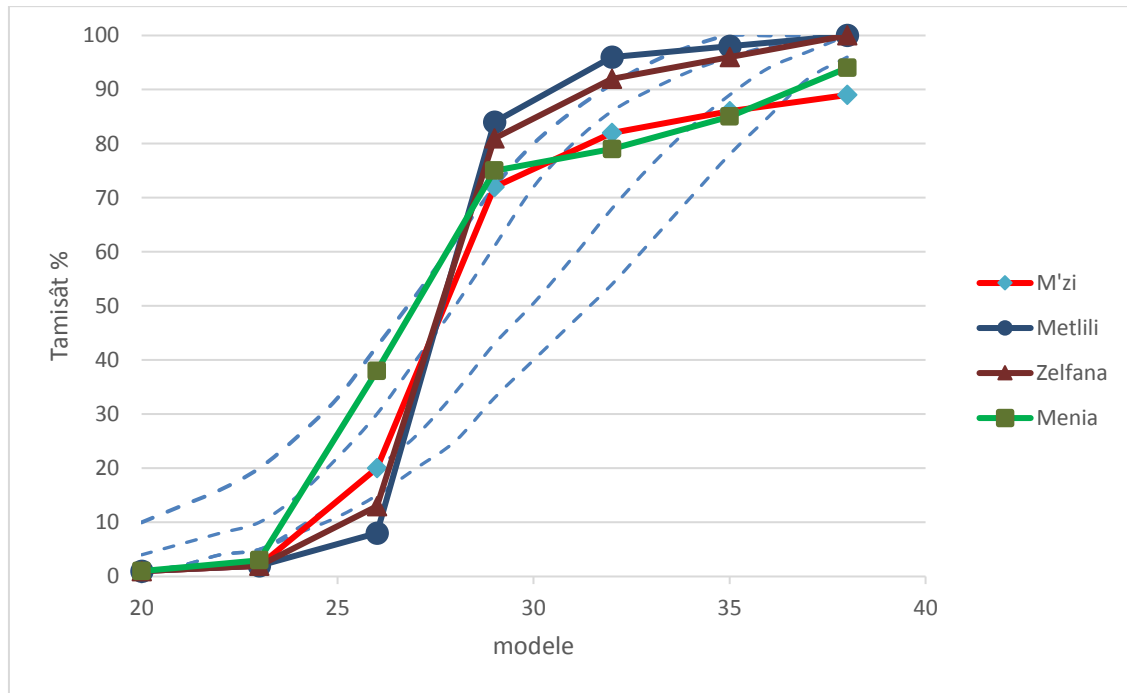


Figure III-5 : courbe granulométrique des sable études.

B. Module de finesse

Le module de finesse M_f d'un sable est égale au centième (1/100) de la somme des refus cumulés des tamis (5, 2.5 ; 1.25 ; 0.63 ; 0.315 ; 0.160) ce paramétré utilisé pour caractériser la finesse des sables. Le module de finesse donne par la relation suivante :

$$M_f = \frac{\sum \text{refus cumulée}\%}{100} \dots (III-2)$$

Dans notre cas les résultats des essais effectués sur les sables donnent les valeurs suivantes

Tableaux III-10 : résultats du Module de finesse.

Essai	Sable Oued m'zi	Sable oued Metlili	Sable oued Zelfana	Sable oued El-Goléa	Exigences de NA5043
Module de finesse	2.48	2.12	2.27	2.16	$1.5 \leq MF \leq 2.8$

Ces résultatsts montrent que de point de vu finesse, les quatre sables étudiés sont identique, (et répond à la norme).

C. Equivalant de sable

Cet essai est la base de notre étude

Cet essai est utilisé de manière courante pour évaluer la propreté du sable entrant dans la composition du béton .l'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sable.

On détermine l'équivalent de sable selon la norme NA 455[23], à l'aide de la formule suivante :

$$E_s = \frac{h_2}{h_1} \times 100 \dots (III.3)$$

h_1 : hauteur du niveau supérieur du flocculat par rapport au fond de l'éprouvette

h_2 : hauteur du niveau supérieur de la partie sédimentée.

E_s : équivalent de sable.

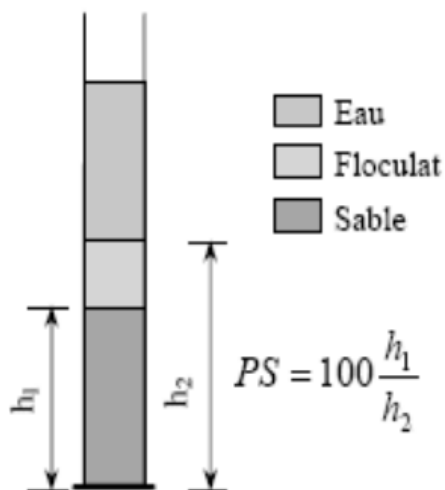


Figure III-6 : Equivalant de sable à vue et au Piston.

Figure III-7: essai de l'équivalent de sable.

Dans notre cas, les propretés des sables sont :

Tableaux III-11 : résultats d'équivalent de sable.

Essai	Sable Oued m'zi	Sable oued Metlili	Sable oued Zelfana	Sable oued El-Goléa	Exigences de NA5043
Equivalant de sable [%]	74.5	22.5	57.5	39	≥ 60 %

Ces résultats montrent que les quatre sables présente des ES différent.

D. Les Masse volumique.

Tableaux III-12 : résultats de la masse volumique.

Essai	Sable Oued m'zi	Sable oued Metlili	Sable oued Zelfana	Sable oued El-Goléa	Exigences de NA5043
Masse volumique absolue [t/m ³]	2.61	2.63	2.60	2.62	-
Masse volumique apparente [t/m ³]	1.64	1.50	1.59	1.64	-

E. Le coefficient d'absorption (capacité d'absorption d'eau du sable)

Le coefficient d'absorption d'eau est défini comme le rapport de l'augmentation de masse de l'échantillon entraîne par une imbibition partielle en eau, à la masse séché de l'échantillon. Cette imbibition partielle est obtenue par immersion de l'échantillon dans l'eau pendant 24 heures à 20 c° à la pression atmosphérique .pour le sable il faut utilise le cône et le piston pour détermine le coefficient d'absorption du sable, A_b est déterminer par la formule suivant :

$$A_b = \frac{M_h - M_s}{M_s} \times 100 \dots \text{(III.4)}$$



Figure III-8 : essai de capacité d'absorption d'eau.

Pour notre cas

Tableaux III-13 résultats de l'absorption.

Essai	Sable Oued m'zi	Sable oued Metlili	Sable oued Zelfana	Sable oued El-Goléa	Exigences de NA5043
Taux d'absorption de sable [%]	0.39	0.51	0.37	0.65	$\leq 5.0 \%$

F. Essai Bleu Méthylène

Couramment l'essai au bleu de méthylène est utilisé pour caractériser l'activité des argiles contenues dans les sols. Il est utilisé également pour quantifier de manière sûre et simple la propreté des granulats. Objectif de l'essai Evaluer l'influence des fines d'origines argileuses contenues dans les sables ou tout-venant suivant la norme NA 1948 [24].



Figure III-9 : les taches de bleu de notre sable



Figure III-10 : essai de Bleu méthylène

Tableaux III-14 résultats de Bleu méthylène

G. L Essai	Sable Oued m'zi	Sable oued Metlili	Sable oued Zelfana	Sable oued El-Goléa	Exigences de NA5043
Bleu méthylène	0.15	0.35	0.10	0.15	≤ 1.0

Ces résultats montrent que les fines dans les quatre sables ne sont pas argileuses

H. analyses chimiques du sable

Tableaux III-15 résultats d'analyse chimiques.

	Sable Oued m'zi	Sable oued Metlili	Sable oued Zelfana	Sable oued El-Goléa	Exigences de NA5043 [22]
Taux Chlorure Cl ⁻ [%]	0.003	0.002	0.002	0.003	≤ 0.06 %
Taux des insolubles [%]	93.1	93.7	96.0	95.6	-
Taux de carbonates CaCO ₃ [%]	05	05	03	03	-
Taux de Sulfates SO ₃ [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	≤ 0.2 %-

III.2.4 Interprétation des résultats des sables

A la lumière des résultats obtenus et d'après la norme algérienne NA 5043[22], on peut conclure que :

- La granulométrie des quatre sables est partiellement hors fuseau de référence, ils sont peu sévères, néanmoins ils ont module de finesse préférentiel ;
- Les valeurs de bleu Méthylène des quatre sables sont admises, celle de sable Metlili est peu élevée par rapport aux autres.
- Les valeurs de l'équivalent de sable sont très significatives pour notre étude comparative
- Les résultats des essais chimiques montrent que les sables sont de nature siliceuse vue taux des insolubles, et pauvre des éléments agressifs tels que les sulfates et les chlorure.

La variation des valeurs de propreté de sable sur notre recherche permet de nous faire un balayage large de ce critère des sables, aussi pour éclaircir l'effet de la valeur de l'équivalent de sable sur les propriétés mécaniques de béton surtout que les toutes autre caractéristique sont tolérable ou bien sont presque égales.

III.2.5 Ciment

Le ciment utilisé pour la fabrication des éprouvettes est un ciment Portland composé (CPJ CEM II/B-L 42.5) provenant de la cimenterie de M'sila de (Lafarge).

Les essais mécaniques sur le ciment sont :

Tableaux III-16 résultats d'essai mécanique.

Âge	Résistance à la Compression [Mpa]	Exigences de NA 442[25]
2 jours	23.13	$\geq 10,0$
28 jours	43.23	$42,5 \leq R_{c28j} \leq 62,5$

Les essais physiques sur le ciment sont :

Tableaux III-17 résultats d'essais physiques de ciment.

	Résultats	Exigences de NA 442 [25]
Début de prise	3h :57 min	≥ 60 min
Fin de prise	4h : 15 min	-
Temps de prise	35 min	-
Expositions dans à chaud	1 mm	≤ 10 mm

Les résultats physico-mécaniques de ciment utilisé est conforme à la norme en vigueur.

III.2.6 L'eau de gâchage

L'eau Utilisée dans la formulation est l'eau potable de réseau AEP de la ville de Ghardaïa, donc selon la norme NA 1966[26], elle ne nécessite aucun essai.

III.3 FORMULATION DU BETON

La variation de propreté de sable influe considérablement sur quelques propriétés du béton, et cela sera étudié expérimentalement dans ce chapitre, où on va étudier influence de la propreté de sable dans le béton en fonction de type de sable

Donc, nous allons étudier quatre formulations de béton a base des sables de différente valeurs de propreté (valeur l'équivalent de sable E_s),

Afin d'avoir l'influence de ce critère sur les caractéristiques du béton tels que la maniabilité (l'affaissement sur le cône d'Abrams) et mécanique (la résistance à la compression).

L'étude de composition de béton consiste à définir les quantités des différents constituants : graviers, sable, ciment ainsi que la quantité d'eau, afin de réaliser un béton de qualité.

Les bétons étudiés dans ce travail sont des bétons ordinaire de classe de résistances C25 MPa avec un dosage en ciment égale 350 kg/m^3 et consistance désirée de classe S2 (bétons plastiques Affaissement 5 à 9 cm).

Les quatre (04) formulations étudiées sont les suivantes

- Composition 1 de témoin, on utilisant le sable de Oued M'zi (Laghouat) avec $E_s = 74.5\%$ noté ***C1-ES-74*** ;
- Composition 2 on utilisant le sable de Oued Zelfana avec $E_s = 57.5\%$ noté ***C2-ES-57*** ;
- Composition 3 on utilisant le sable de Oued El-Goléa avec $E_s = 39\%$. note ***C3-ES-39*** ;
- Composition 4 on utilisant le sable de Oued Metlili avec $E_s = 22.5\%$. note ***C4-ES-22***.

La méthode utilisée dans cette étude est la méthode graphique dite méthode de J.FAURY.

Les dosages obtenus pour un mètre cube du béton sont consignés dans le tableau suivant :

Tableaux III-18 Composition en massique des différents constituants des bétons préparés

	C1-ES-74	C2-ES-57	C3-ES-39	C4-ES-22
COMPOSITIONS	Masse [kg]	Masse [kg]	Masse [kg]	Masse [kg]
<i>Ciment CPJ</i>	350	350	350	350
<i>Sable</i>	618	623	616	642
<i>Gravier 3/8</i>	269	269	269	248
<i>Gravier 8/15</i>	376	376	376	376
<i>Gravier 15/25</i>	521	521	521	521
<i>Eau</i>	205			
<i>Le rapport eau sur ciment efficace E/C</i>	0.44			
<i>Le rapport gravier sur sable G/S</i>	1.89	1.87	1.89	1.78

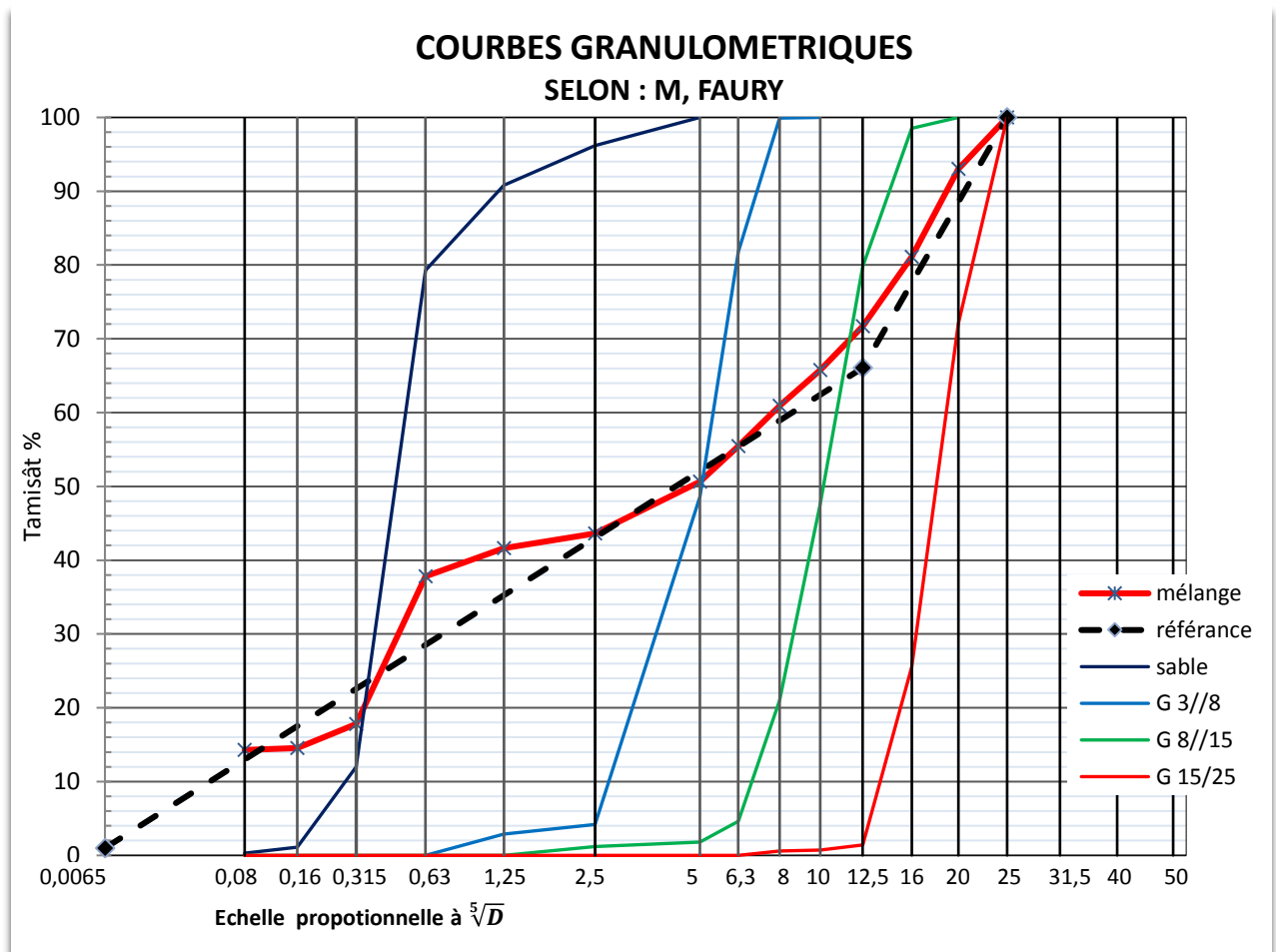


Figure III-11 : Courbe granulométriques selon la méthode Faury.

III.4 MATERIELS UTILISES

A. Bétonnière

Dont malaxeur à axe vertical



Figure III-12 : Bétonnier.

B. Cône d'Abrams

Le moule doit avoir la forme d'un tronc de cône creux aux dimensions interne, la figure (III-13) possède une hauteur 300 mm, diamètre de la base 200mm et diamètre de haut de 100mm, reposant perpendiculairement et fixé sur une plaque d'acier en base.



Figure III-13 : Cône d'abrams.

C. Balance

Une balance électrique, avec une précision de 0.1g, a été utilisée pour mesurer les ingrédients et la préparation des différents bétons.



Figure III-14 : Balance.

III.5 PREPARATION DES BETONS

Les constituants sont introduits dans l'ordre suivant : gros éléments, liant, sable. Après un malaxage à sec de l'ordre de 1 min, ajouter l'eau de gâchage et poursuivre le malaxage pendant 2 min. Vider le béton malaxer dans un bérouette afin de prélever le béton pour la suite des essais.

III.6 CONFECTION ET CONSERVATION DES EPROUVETTES

Lorsque la procédure de gâchage est achevée, et après avoir fait les essais relatifs au béton à l'état frais, des éprouvettes de type cylindrique (15×30) ont été confectionnés selon la norme NA 5093[27], le serrage des éprouvettes était à l'aide de la table, les éprouvettes sont démoulées après 24 h de coulage, ensuite elles sont conservées dans la chambre humide à une température de 20 ± 2 C° et humidité ≤ 95 % jusqu'à le jour d'écrasement.



Figure III-15 : confection et conservation d'éprouvette.

III.7 CONCLUSION

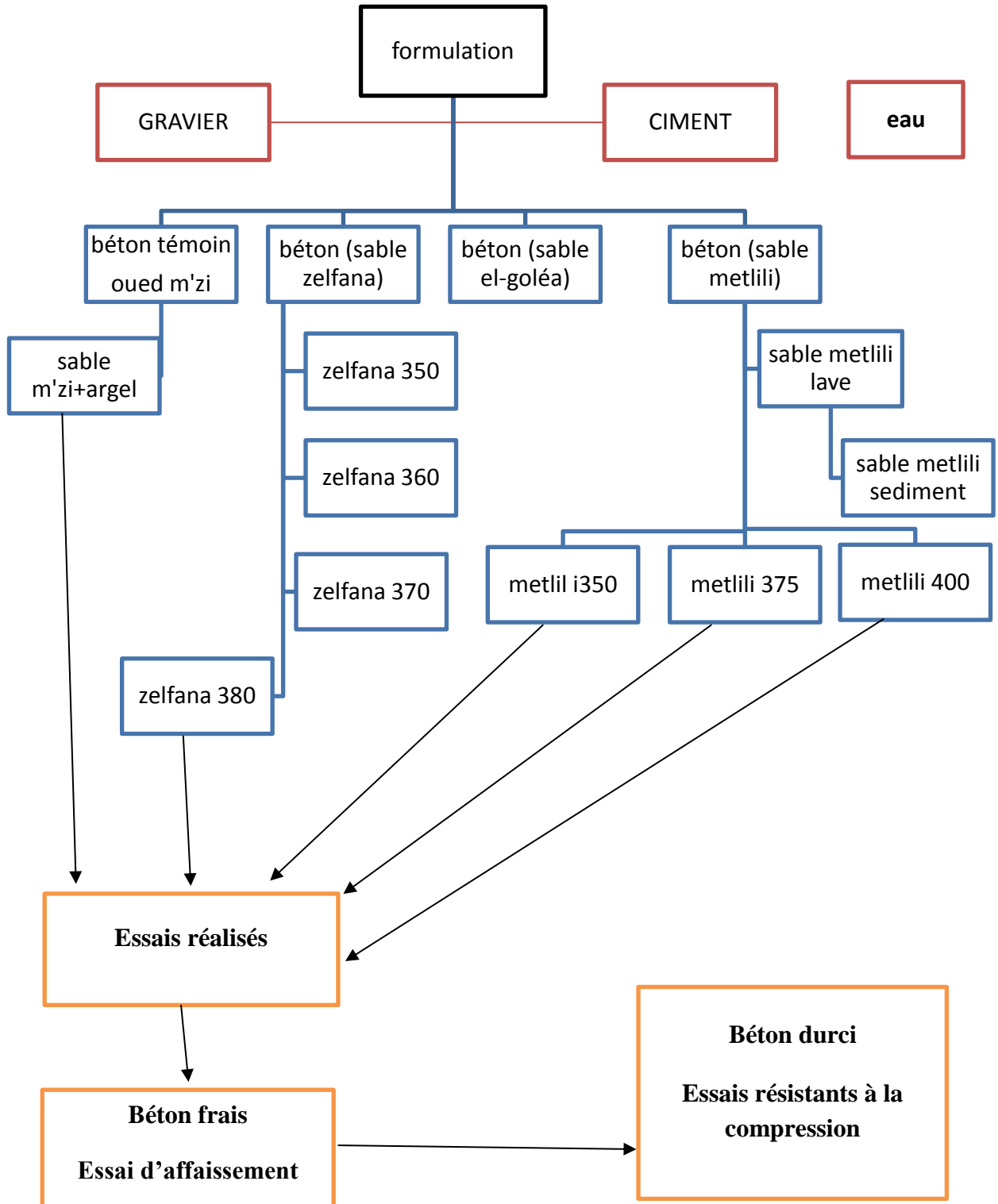
Les différents matériaux rentrant dans la présente étude présentent des caractéristiques acceptables qui favorisent notre étude.

Toutes les précautions de préparation et de conservation de béton sont respectées dans des conditions très favorables.

Les quatre sables utilisés dans la présente étude présentent des propriétés différentes (ES) différents qui permettent de comparer l'effet de la propriété sur la résistance du béton.

L'étude théorique de formulation a été faite par la méthode de Faury

L'organigramme suivant regroupe les différents constituants des bétons étudiés et leur notation et composition.



CHAPITRE IV

DETERMINATION DES CARACTERISTIQUE DE BETON

IV.1 INTRODUCTION

On utilisant les formulations étudiées dans le chapitre précédant, nous avons précédé à la préparation des gâchages au laboratoire, pour déterminer les caractéristiques des bétons frais et durci.

IV.2 ETUDE COMPARATIVE DE L'INFLUENCE DE LA PROPRETE DES SABLES SUR LE BETON

Nous allons exposer les différents résultats obtenus à partir des nombreux essais expérimentaux, réalisés sur les différentes formulations du béton à l'état frais et durci.

IV.2.2 Comparaison des résultats des formulations

Il est à rappeler que

- ✓ Composition 1 témoin, on utilisant le sable de Oued M'zi (Laghouat) avec ES = 74.5% noté **C1-ES-74** ;
- ✓ Composition 2 on utilisant le sable de Oued Zelfana avec ES= 57.5% noté **C2-ES-57** ;
- ✓ Composition 3 on utilisant le sable de Oued El-Goléa avec ES=39 %. note **C3-ES-39** ;
- ✓ Composition 4 on utilisant le sable de Oued Metlili avec ES=22.5%. note **C4-ES-22** ;

IV.2.1.1 Essai sur béton frais

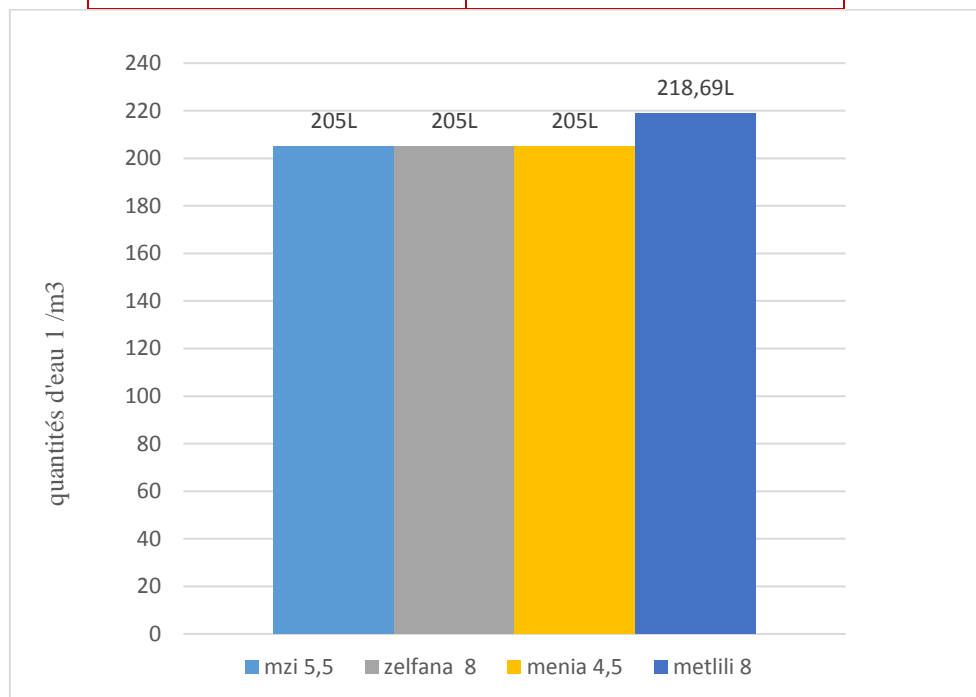
Sur le béton frais nous avons déterminé l'affaissement de chaque type de béton à l'aide du cône d'Abrams selon la norme NA5102 [28].



Figure IV-1 : Affaissement du béton

Tableaux IV-1 : résulta d'Affaissement

Composition	Affaissement cm
C1-ES-74	5.5
C2-ES-57	8
C3-ES-39	4.5
C4-ES-22	8

*FigureIV-2: quantités d'eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm***Discussion des résultats :**

Il est à noter que nous avons cherché à la confectionner d'un béton plastique (Aff = 5 à 9 cm)

On remarque que le sable de Zelfana a donné l'affaissement la plus élevée (8.00cm), et le sable d'El-Goléa (Menia) a donné la valeur la plus faible (4.5 cm).

La présence des fins dans le sable et le taux d'absorption d'eau des sables influent sur les affaissements des bétons, en effet la composition C4-ES-22 demandé environ 17.8 % d'eau en plus

IV.2.1.2 Essai sur béton durci

Les éprouvettes confectionnées à partir des bétons préparés au laboratoire, ont été soumis aux essais de compression à 7 et 28 jours, les résultats obtenus :

A. Présentation des essais :

Conformément à la norme NA 5075, [29] l'essai de compression s'effectue sur les éprouvettes dimensions (15×30)cm.

La résistance à la compression est donnée par l'équation suivante :

$$F_c = \frac{F}{AC} \dots\dots (IV.1).$$

Où :

F_c : Est la résistance en compression, exprimée en méga pascals (Newtons par millimètres carrés) ;

F : Est la charge maximale, exprimée en Newtons ;

A_c : Est l'aire de la section de l'éprouvette sur laquelle la force de compression est appliquée, exprimée en millimètres carrés.

B. Présentation des résultats :

Les résultats de la résistance à la compression des bétons de différents sables sont montrés dans le tableau (IV-2) la figure (IV-3) montré la variation de la résistance à la compression du béton a différents âges 7 et 28 jours.

Tableaux IV-2 : résultats de Résistance à la compression à 7et 28 jour

	<i>Sable de oued m'zi</i>	<i>Sable d'oued Zelfana</i>	<i>Sable d'oued El-Goléa</i>	<i>Sable d'oued Metlili</i>
Age	RC [MPa]	RC [MPa]	RC [MPa]	RC [MPa]
07 jours	26.5	24.1	24.6	21.8
28 jours	34.7	32.8	32.3	27.5

Les résultats obtenus sont consignés dans le graphe suivent :

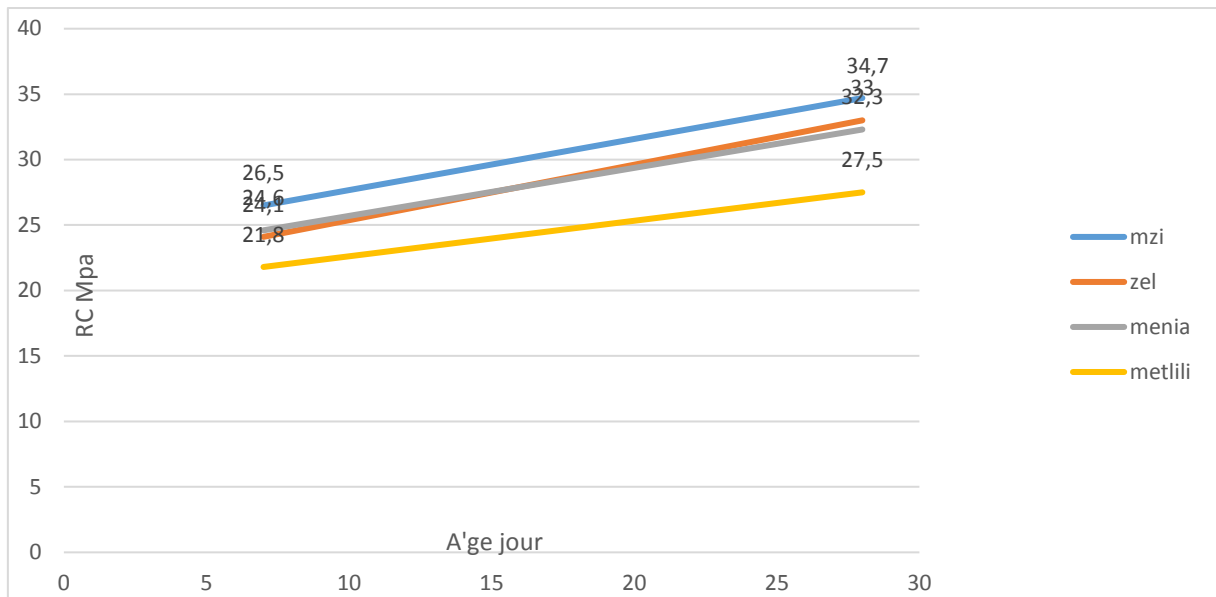


Figure IV-3 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours des sables

La figure (IV-3) montre que :

- le développement de la résistance à la compression en fonction de l'âge des bétons les quatre bétons augmentent régulièrement pour ;
- L'évolution de la résistance n'était pas de même rapport, le béton à base de sable Metlili (ES le plus faible) a une faible pente d'augmentation.
- les résultats de la résistance obtenue par le sable d'oued Zelfana et de El-Goléa sont proches à la résistance obtenue par le sable témoin (diminution entre 7 et 9 %), par contre la résistance obtenu par le sable de la zone de Metlili est relativement faible (diminution d'ordre 18 % par rapport au résultat de sable témoin), cette diminution peut être causé par la quantité d'eau supplémentaire ajoutée à cette formulation e/c augmenté ;
- la divergence entre les résultats confirme l'influence de la propreté de sable sur la résistance mécanique.
- L'ensemble des résistances obtenues à 28 jours en utilisant les quatre sables sont supérieures à la valeur recommandée pour un béton dosé à 350 kg/m^3 (27Mpa).

En première conclusion on peut dire que la propreté de sable a une influence sur la résistance de béton, mais on peut obtenir un béton classique de résistance acceptable même si l'équivalent de sable (ES) est faible.

IV.2.2 Confirmation de l'influence de la propreté de sable sur la résistance de béton.

Pour bien confirmer l'influence de la propreté de sable sur la résistance de béton, nous avons utilisé deux méthodes :

IV.2.2.1 Méthode 1

Dans cette méthode, on a essayé de préparer au laboratoire un sable de faible propreté (équivalent de sable environ 20%) à partir d'un sable propre.

Donc la méthode consiste à éliminer la partie fine de sable d'Oued M' zi (les éléments inférieure de 0.080 mm) et la remplacer par des fines de nature argileuse.

Plusieurs formule d'ajout de pourcentage de fine ont été faite en commençant par un pourcentage de 5% ou 10% et 15% en fin on a abouti au résultat demandée (ES=23%) pour formule 15% d'argile

Par l'ajout de 15 % de l'argile on a obtenu une valeur de l'équivalent de sable d'ordre de 23% et la valeur au bleu méthylène de fines est de 1.9

On a réalisé par le sable modifie un Gachet d'essai en utilisant la même formulation C1-ES-74, et par la suite on a comparé les résultats obtenus avec les résultats de béton témoin (avant ajout d'argile).

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau et le figures suivants :

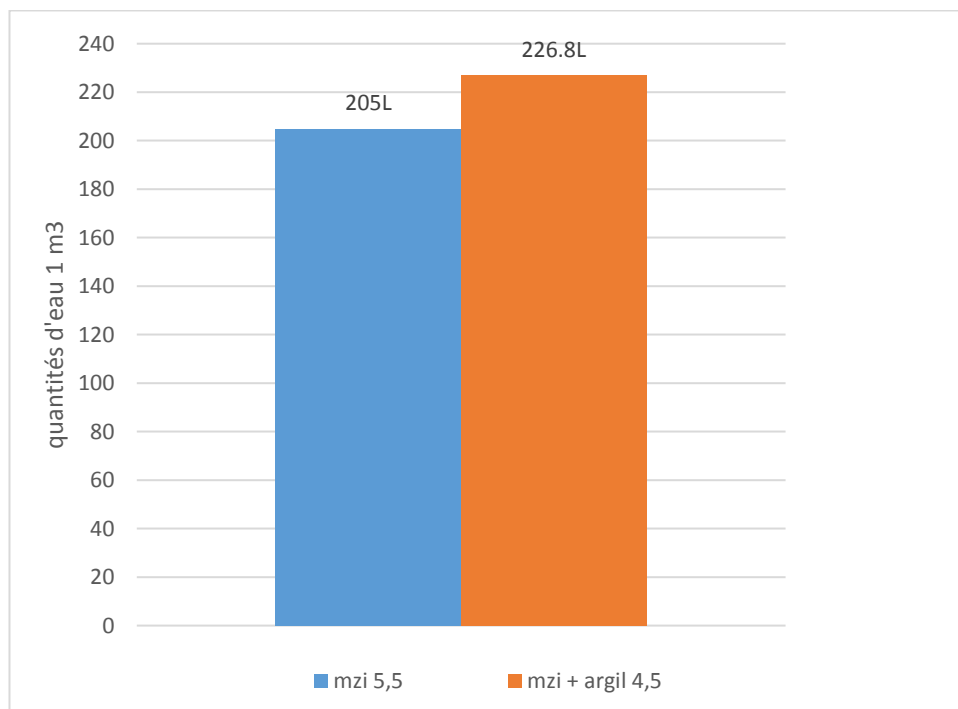
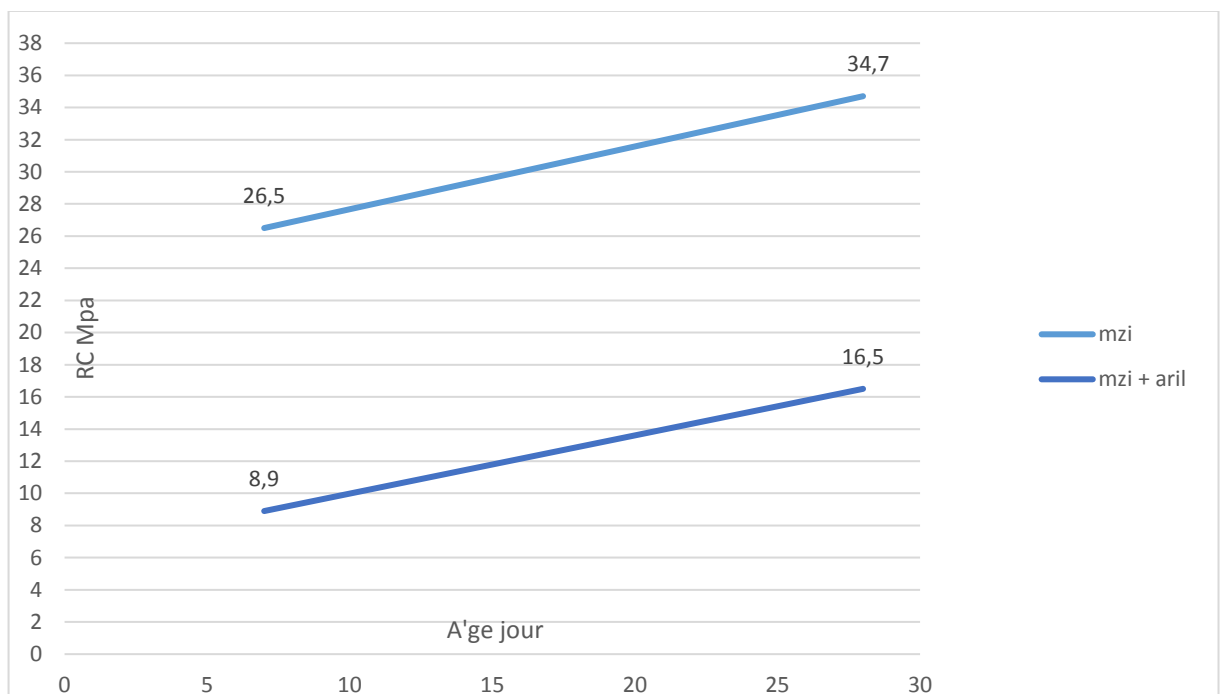


Figure IV-4: quantités d'eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm

Tableaux IV-3 : Résultats de la résistance à la compression à 7et 28 jour

	<i>Sable de oued m'zi</i>	<i>Sable de oued m'zi+argil</i>
Age	RC [MPa]	RC [MPa]
07 jours	26.5	8.9
28 jours	34.7	16.5

**Figure IV-5 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours.****Discussion des résultats :**

Le béton lors de gâchage a absorbé une grande quantité d'eau, en effet il a demandé une quantité supplémentaire dépassant les 44% de l'eau (calculé 205L), en fin on a arrivé à un affaissement sur le cône d'Abrams de 4,5 cm ce que signifier l'effet négatif de la présence des éléments fins argileux dans le béton.

La présence de l'argile dans le béton à un grand effet sur la résistance mécanique de béton :

- La résistance à la compression de béton a chuté de 52 % par rapport le béton témoin (béton à base de sable propre).
- La résistance à la compression a chuté de 40% par rapport à la résistance obtenues en utilisant un sable de même valeur d'ES mais la nature des fines n'est pas la même (Sable de Metlili).

Les résultats précédente signifiés que les fins de sable d'Oued Metlili ne sont pas de nature argileuse (conforme par l'essai de bleu méthylène),

IV.2.2.2 Méthode 2

Dans cette étape nous avons procédé inversement par rapport à la méthode 1 c à d on a pris un sable pollué et on a essayé de le rendre propre

La méthode consiste à diminuer la fraction fine des sables, pour cette raison on a proposé deux procédures :

- Elimination des fines par la sédimentation de sable ;
- Elimination des fines par le tamisage par vois humide du sable sur le tamis 0.080 mm.

Les nouveaux sables obtenus ont été utilisés dans la même formulation C4-ES-22 et vérifier par des gâchés d'essai au laboratoire et comparer leurs caractéristiques par rapport au béton à base de sable intact C4-ES-22, dans le but de vérifier l'influence de la valeur d'ES sur la résistance de béton et au même temps se prononcer sur l'efficacité des méthodes d'élimination des fines.

Après élimination des fins on a :

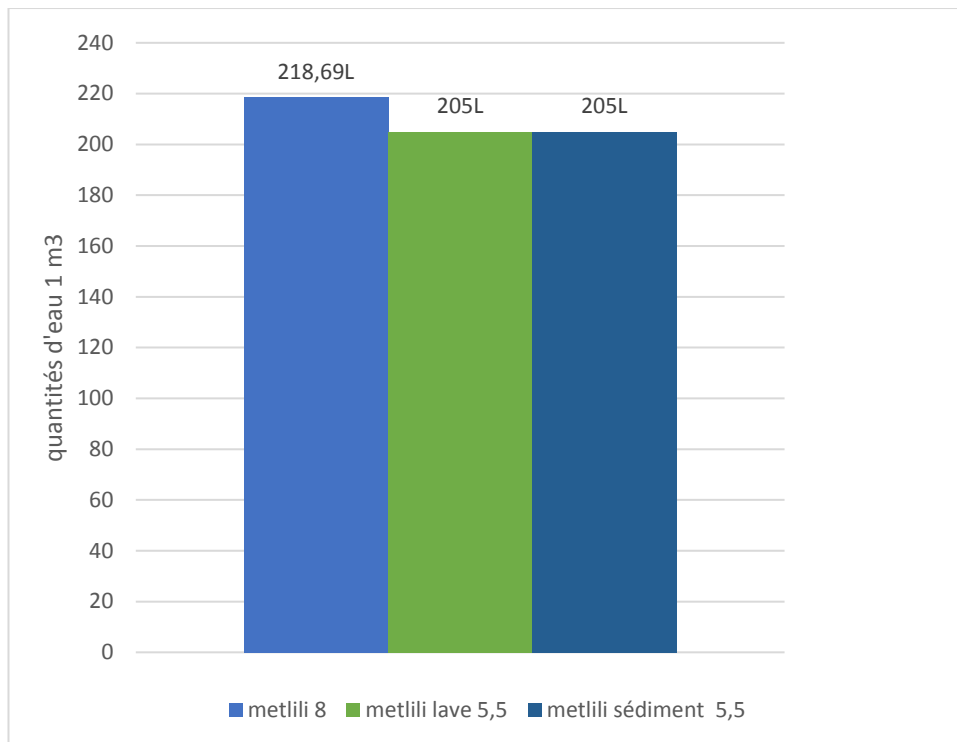
-par lavage ES=97%

-par sédimentation ES=85%

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau et le figures suivantes :

Tableaux IV-4 : Résultats d’Affaissement de sable Metlili correction

Composition	Affaissement cm
<i>Sable d’oued Metlili</i>	8
<i>Sable d’oued Metlili lave</i>	5.5
<i>Sable d’oued Metlili sédiment</i>	5.5

*FigureIV-6: quantités d’eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm
Sable Metlili correction*

Tableaux IV-5 : résultats de la Résistance à la compression à 7et 28 jour (sable Metlili correction)

	<i>Sable d'oued Metlili</i>	<i>Sable d'oued Metlili lavé</i>	<i>Sable d'oued Metlili après sédimentation</i>
Age	RC [MPa]	RC [MPa]	RC [MPa]
07 jours	21.8	27.3	26.3
28 jours	27.5	39.4	37.6

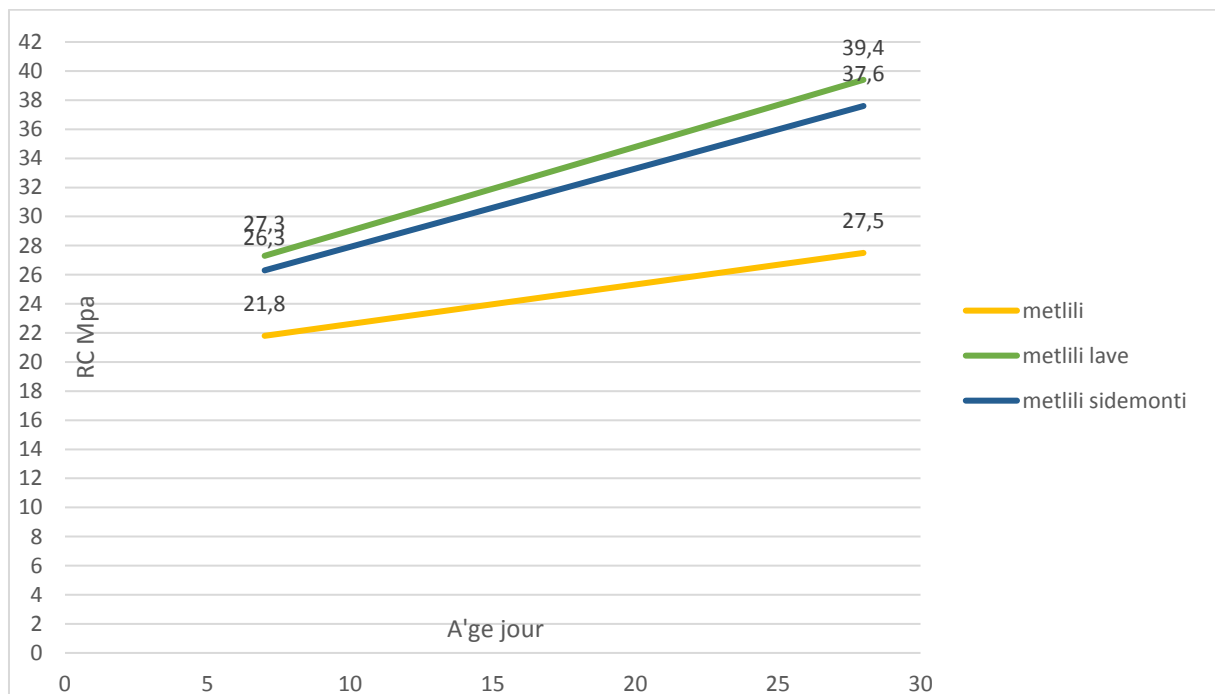


Figure IV-7 : Résultats de la Résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Metlili correction)

Discussion des résultats :

- Les deux procédures de traitement ont bonifié de diminuer l'absorption de l'eau dans le béton à l'état frais en effet ils ont une même valeur affaissement (5.5 cm) par contre l'ancien béton demandé environ 18% d'eau en plus.
- Les résultats de la résistance à la compression obtenus sont nettement améliorés par une augmentation de résistance varie entre 36.7% à 43.3 % par rapport au béton de sable brut C4-ES-22, il sont même mieux que le béton C1-ES-75(béton témoin).
- Ces derniers résultats confirment l'effet de la propreté du sable sur le béton et montrent l'efficacité des deux méthodes proposées pour l'élimination des fines.

IV.2.3.1 Proposition de solution pour les sables pollués.

En plus de la méthode d'élimination des fines des sables, on a étudié la possibilité d'augmenter le dosage en ciment pour contre caller au problème de propreté des sable (ES faible)

Parmi les trois sable de la région de Ghardaïa, on a choisi le sable de la zone Zelfana (sable peu pollue) et le sable de la zone Metlili (sable très pollué) et on a augmenté le dosage en ciment d'une façon proportionnelle à la pollution des sables.

- Pour le sable Zelfana on a proposé les dosages suivants : 360, 370 et 380 kg/m³ avec le témoin 350 kg/m³ ;
- Pour le sable Metlili on a proposé les dosages suivants : 375 et 400 kg/m³ avec le témoin 350 kg/m³ ;

Les résultats obtenus sont présenté pour chaque sable.

IV.2.3.1 Sable Zelfana

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau et le figures suivants :

Tableaux IV-6 : résultats d’Affaissement (sable Zelfana)

Composition	Affaissement cm
Zelfana 360	10
Zelfana 370	10
Zelfana 350	5,5
Zelfana 380	8

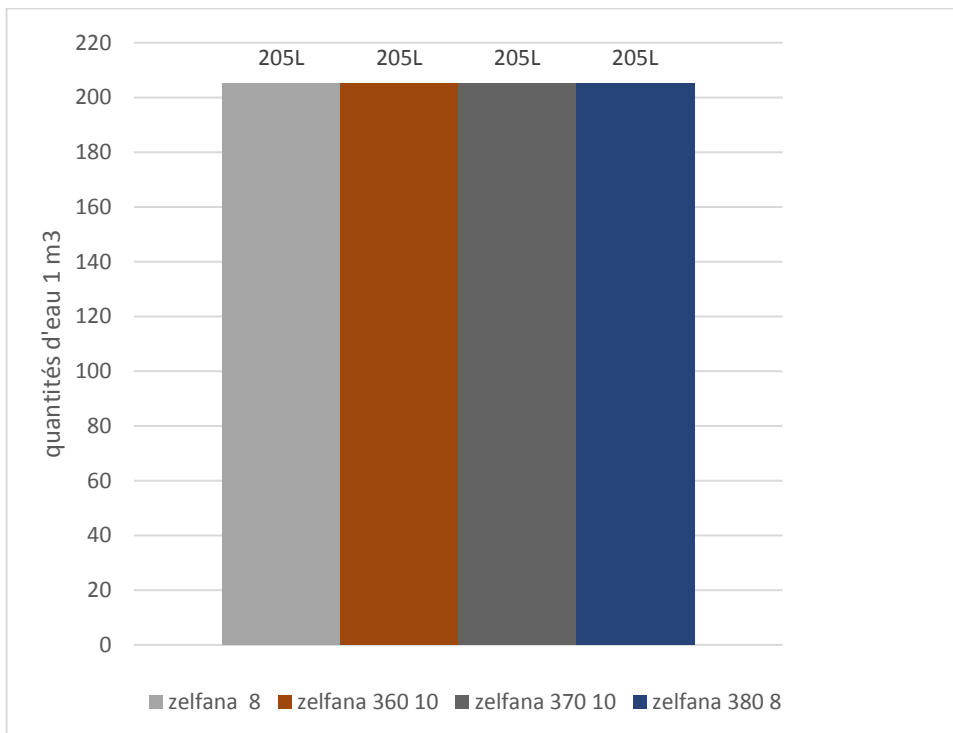


Figure IV-8 : quantités d’eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm (sable Zelfana différents dosages)

Tableaux IV-7 : résultats résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Zelfana)

	<i>Sable d'oued Zelfana 350</i>	<i>Sable d'oued Zelfana 360</i>	<i>Sable d'oued Zelfana 370</i>	<i>Sable d'oued Zelfana 380</i>
Age	RC [MPa]	RC [MPa]	RC [MPa]	RC [MPa]
07 jours	24.1	31.0	32.5	34.60
28 jours	32.8	34.7	36.96	39.30

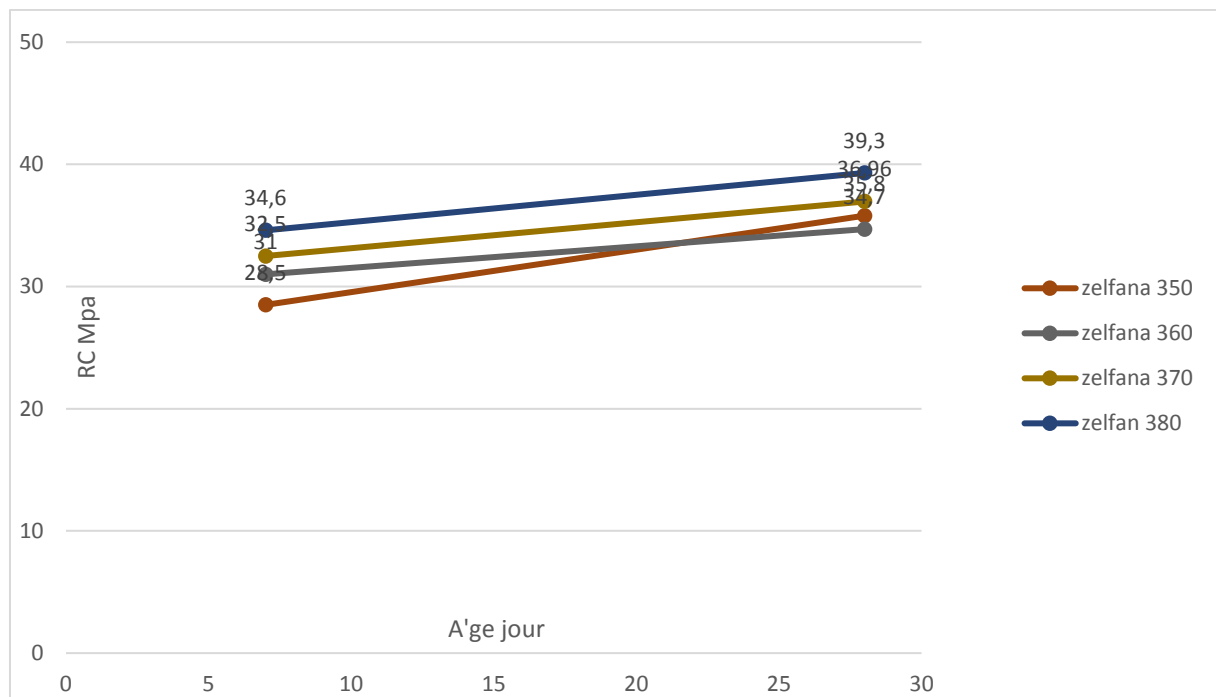


Figure IV-9 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Zelfana différents dosages)

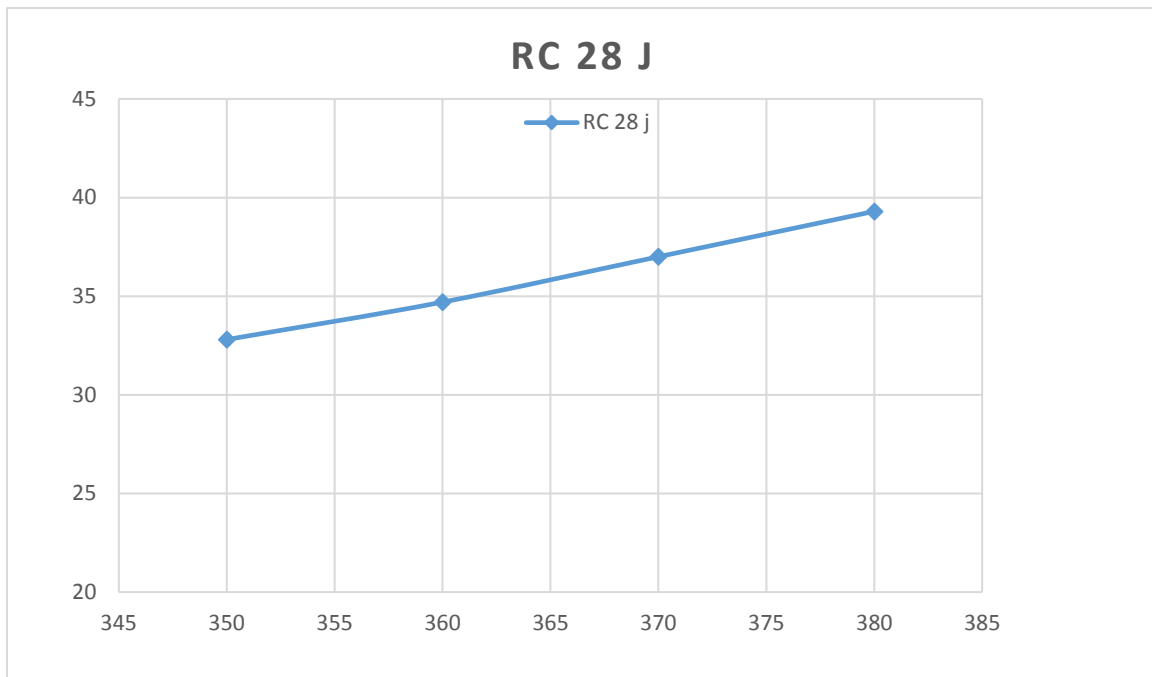


Figure IV-10 : résultats de RC en fonction du dosage du ciment

Discussion des résultats :

- La consistance de béton reste presque stable pour tous les mélanges ;
- La résistance à la compression simple de béton augment d'une façon linéaire et donne des valeurs encourageantes, en effet l'ajout seulement de 10 kg de ciment dans le béton augmente la résistance et permet d'avoir une valeur qui dépasse la résistance obtenus par la formule C1-ES-74(à partir de sable très propre).

IV.2.3.2 Sable Metlili

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau et le figures suivants :

Tableaux IV-8 : Résultats d’Affaissement (sable Metlili d différents dosages du ciment)

Composition	Affaissement cm
Metlili 350	5,5
Metlili 375	4,5
Metlili 400	5,5

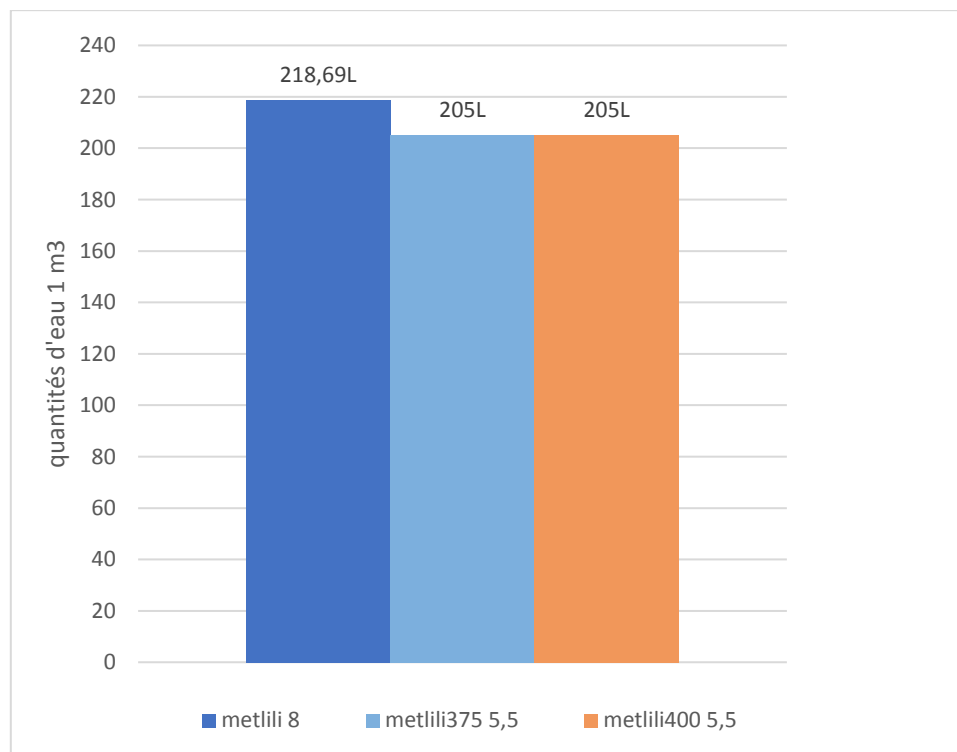


Figure IV-11: quantités d’eau pour avoir un Affaissement entre 5 et 9 cm (sable Metlili différents dosages)

Tableaux IV-9: résultats Résistance à la compression à 7et 28 jour (sable Metlili différents dosages)

	<i>Sable d'oued Metlili 350</i>	<i>Sable d'oued Metlili 375</i>	<i>Sable d'oued Metlili 400</i>
Age	RC [MPa]	RC [MPa]	RC [MPa]
07 jours	21.8	25.70	29.60
28 jours	27.5	32.24	37.00

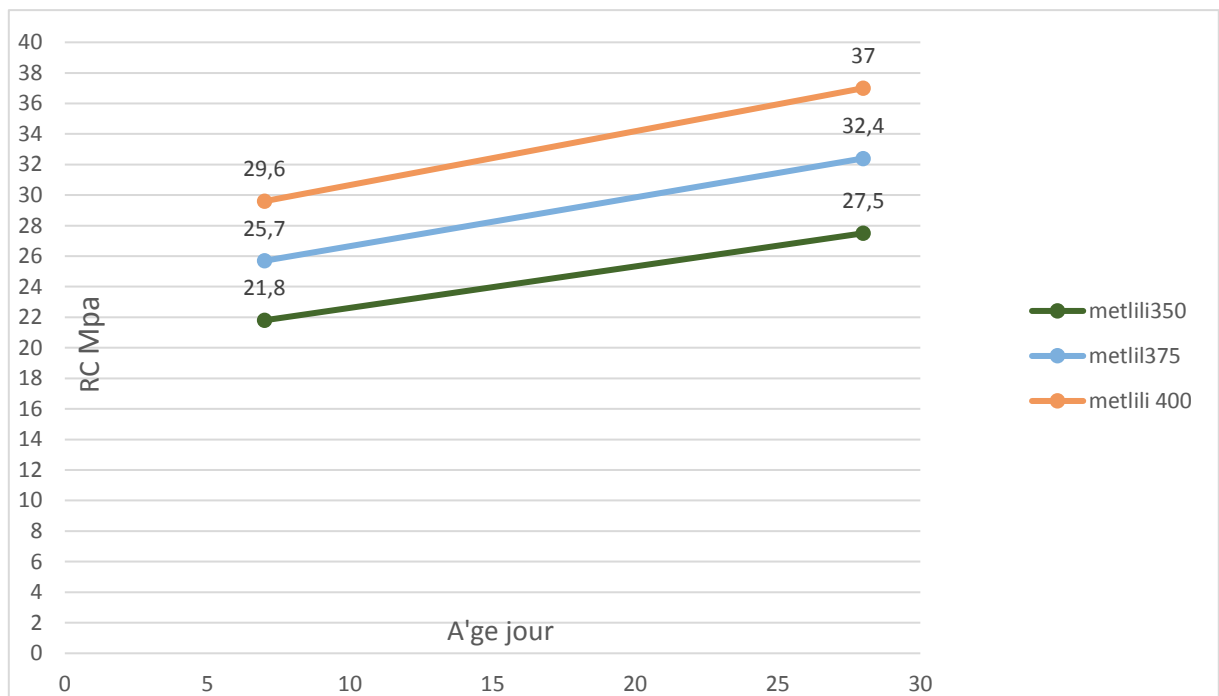


Figure IV-12 : résultats Résistance à la compression à 7et 28 jours (sable Metlili)

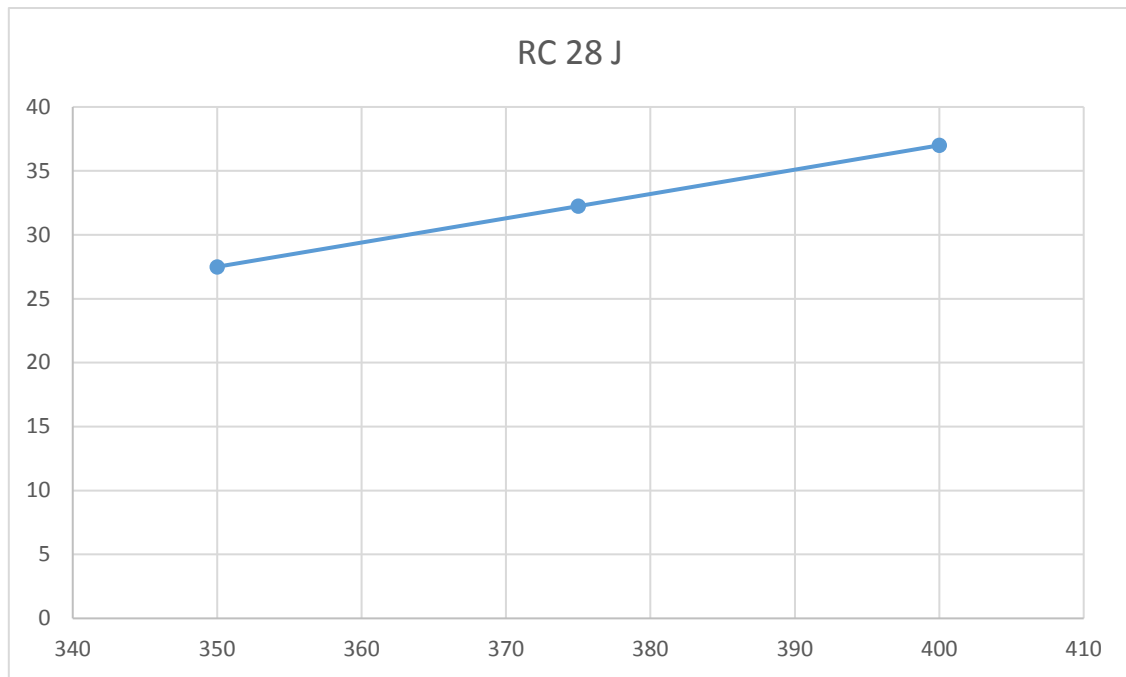


Figure IV-13 : résultats de RC en fonction du dosage du ciment (sable Metlili)

Discussion des résultats :

- La consistance de béton reste presque stable pour tous les mélanges ;
- La résistance à la compression du béton augment d'une façon linéairement elle a donné des valeurs encourageantes, néanmoins l'augmentation dans la résistance est de même rapport que pour le sable Zelfana.

IV.3 Conclusion

La comparaison des résultats des bétons obtenus à base des quatre sables a montré que toutes les résistances à 28 jours sont acceptables.

L'effet de la propreté de sables sur la résistance de béton est démontré, mais les résultats obtenus pour un sable pollué restent acceptables.

L'utilisation des fines argileuse pour diminuer la valeur d'ES pour le sable d'oued m'zi a montré l'effet négatif de ce type de fines sur la résistance de béton.

Les méthodes d'élimination des fines pour le sable de Metlili ont montré leur efficacité.

L'augmentation du dosage en ciment pour résoudre le problème de propreté de sable peut être utilisée.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le béton est un matériau composite très délicat et sensible aux variations de plusieurs paramètres.

Le sable est parmi les principaux constituants du béton qui a une influence direct sur sa résistance.

La propreté de sable et considérée comme un critère de choix primordiale pour la qualification d'un sable destiné pour le béton hydraulique,

L'étude expérimentale faite sur des bétons à base de sables jugés de mauvaise qualité dans la wilaya de Ghardaïa et comparée à un béton témoin à base d'un sable de bonne qualité (sable Laghouat), ces résultats nous conclusions suivantes :

- L'influence de valeur de l'équivalent de sable sur la résistance de béton n'est pas toujours vérifier, en effet pour quatre sables de valeur ES très différente on a obtenu des bétons de résistance acceptables ;
- L'effet de la nature des fines dans le sable peut être plus importante que la valeur de ES
- La vérification de la nature des fines par des essais de laboratoire tel que la valeur au bleu de méthylène peut être plus significative pour le jugement d'un sable.
- L'élimination des fines par lavage de sable ou sédimentation représente une solution pour améliorer caractéristiques de béton.
- L'augmentation du dosage en ciment peut être une solution pour remédier le problème de pollution de sable

Recommandations

A la fin de notre étude, nous souhaitons bien présenter quelques recommandations pour l'utilisation des sables non propre dans les travaux des constructions :

- Il ne faut pas juger un sable directement suite aux résultats de l'essai de l'équivalent de sable ;
- Procéder à la vérification de la nature des fines par des essais de laboratoire tel que l'essai de valeur au bleu de méthylène ;
- Compléter l'étude par des essais approfondie sur l'état frais et la rhéologie de béton, ainsi que les propretés physique de béton tel que le retrait, la résistance à la pénétration des fluides (air et eau), aussi que la remontée capillaire de béton base de ces type des sables ;

Perspectives

- Revoir le mode d'évaluation des sables destinés pour le béton par l'introduction d'autres paramètres tel que la finesse, le taux d'absorption et la nature des fines
- Etudiez le comportement de béton à base de sables pollués, à long terme (durabilité) ;
- Etude de l'influence de la nature des fines sur le comportement mécanique du béton.

Espérant d'aller un jour exposer notre travail au niveau de organismes spécialisé dans la réglementation tel que l'IANOR et le CNERIB pour valider cette étude et de la mettre en valeur, aussi pour donner une exception de choix des sables pour notre région et les régions similaires, ou bien d'établir un annexe national pour les normes en vigueur .

REFERENCE

- [1] CIMBÉTON, « Les bétons: formulation, fabrication et mise en œuvre », Paris ,(2006).
- [2] Valorisation des sables locaux dans la formulation de béton ordinaire AYADI, GUENOUNE UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES
- [3] Dr. Ir. P. Boeraeve, Cours de Béton armé.
- [4] Walther .R et Miehlbradt.M, « Dimensionnement des structures en béton », traité de Génie Civil de l'école polytechnique fédérale de Lausanne, (1990).
- [5] COURS DE MDC, « LES GRANULAT », Université De Sétif.
- [6] Francque ville G, La Technologie du Béton, Degussa Construction Chemicals France Guf\Formation\Béton\Techno béton, V05, 111 p.
- [7] Maillot R. Mémento technique des Granulats. Les Presses de l'Ecole des Mines, Paris, (2001); 166p.
- [8] CHAUVIN J.J. (1987), Les sables, guide pratique d'utilisation routière, I.S.T.E.D,Paris, France, KETTAB Ratiba «Contribution à la valorisation du sable de dunes », Mémoire deMagister, ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
- [9] BOUKLI HACENE Sidi Mohammed El Amine,« CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE CARACTERISTIQUE DES BETONS DE LA REGION DE TLEMCEN», Thèse de Doctorat à L'université Aboubekr belkaid, Tlemcen , (2009).
- [10] G. DREUX & J. FESTA, « Nouveau guide du béton et ses constituants », Edition Eyrolles, 8eme édition, (1998).
- [11]CIM Béton. Les ouvrages en béton, durabilité, dimensionnement et esthétique. Fiches techniques, (2008) ; 110p.
- [12]Ayad Mohamed et barka yassine, « modélisation des bétons ordinaires par des plans d'expériences », mémoire de master, Tlemcen, (2013).
- [13] Neville, propriétés du béton,(2000).
- [14] BOUKLI HACENE, Sidi Mohammed El Amine, « CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE CARACTERISTIQUE DES BETONS DE LA REGION DE TLEMCEN »doctora,(2009).
- [15]BENTATA Aissa, «étude expérimentale d'un béton avec le sable de dune» magister L'université kasdi merbah Ouargla, (2004).

- [16] Remadnia, A. « étude de l'influence de la qualité des granulats locaux sur les propriétés des mélanges de béton et du durci dans les conditions des entreprises de fabrication de la région d'Annaba » magister université Annaba, (1986).
- [17] NA 256, «Granulats - Mesure du coefficient d'aplatissement», (1990).
- [18] NA 255, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau» ,(2006).
- [19] NA 463, « Granulats - Détermination de la propreté superficielle », (1990).
- [20] NA 458, «Granulats - Essai de Los Angeles», (1990).
- [21] NA 457, «Granulats - essai d'usure micro-deval », (1990).
- [22] NA 5043, « Granulats - Éléments de définition, conformité et codification », (2007).
- [23] NA 455, «, Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Evaluation des fines – Equivalent de sable », (2006).
- [24] NA 1948, « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Qualification des fines - Essai au bleu de méthylène», (2006).
- [25] NA 442, «Ciment - Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants », (2006).
- [26] NA 1966(5036), « Bétons - Eau de gâchage pour béton de construction», (1997).
- [27] NA 5093, « Essai pour béton durci - Confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance », (2007).
- [28] NA 5102, « Essai pour béton frais - Essais d'affaissement», (2007).
- [29] NA 5075, « Essais pour béton durci - Résistance à la compression des éprouvettes », (2006).