

**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**

C:.....  
R:.....

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Filière : Génie Civil**

**Spécialité : Étude et Control des Bâtiments et Routes**

*Thème*

**Etude d'amélioration des caractéristiques physico-mécaniques  
du béton de la centrale à béton de la société SMC-Ouargla**

*Présenté par :*

**AIAD Mohamed Elmouldi**

**ARIF Abd El Hakim**

**Soutenue devant le jury composé de :**

<b>ABANI Said</b>	<b>MCA</b>	<b>UKMOuargla</b>	<b>Président</b>
<b>KHELLOU Abderrezak</b>	<b>MCB</b>	<b>UKMOuargla</b>	<b>Examineur</b>
<b>DJOUHRI Mohamed</b>	<b>MCB</b>	<b>UKMOuargla</b>	<b>Encadreur</b>

*Année Universitaire: 2021 /2022*

## **Remerciements**

*À la fin de ce travail, je voudrais remercier Dieu tout d'abord, car il est le conciliateur pour ce qui est bon et juste, des expressions complètes de remerciements suivies avec un plein respect et appréciation au Dr. Mohamed DJOUHRI, qui a supervisé ce travail et avait une grande fiabilité pour son achèvement et sa perfection.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur d'accepter d'examiner ce modeste travail*

*Je dédie mes remerciements et ma gratitude à ma fiancée, Munira Chenin, qui m'a soutenu et moralement soutenu dans l'accomplissement de ce travail.*

*Je remercie chaleureusement mes collègues de classe, Abdel Bari Boushamal et Rahmani Aissa, qui m'ont soutenu dans les circonstances les plus difficiles, ainsi que tous les collègues que j'ai rencontrés au cours de mon parcours universitaire.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tout le personnel :*

*Laboratoire des travaux publique Sud LTPS (Ouargla)-*

*Entreprise matériaux de construction Ouargla (SMCO)*

*Enfin, merci à tous les enseignants du département génie civil et hydraulique université d'Ouargla.*

**المخلص:** تعتمد الخلطة الخرسانية على تحديد النسب المثلى لمختلف المكونات بهدف الحصول على خرسانة ذات خصائص فيزيائية وميكانيكية مقبولة ومطلوبة ، في هذا العمل قمنا بدراسة أنواع مختلفة من الخلطات بهدف تحسين خصائصها الميكانيكية والفيزيائية باقتراح غسل الركام (الحصى) الذي تستعمله شركة مواد البناء ورقلة (SMCO) حيث أن الخلطة الخرسانية الخاصة بها تحتوي على رمل، حصى 03/08، 15/08 و 25/15، اسمنت ، إضافات وماء وخلطة أخرى بدون إضافات وبدون حصى 15-25 و قمنا بمقارنتها مع عينات من الخرسانة المقترحة بركام مغسول والتي تم تحديد مكوناتها باستعمال طريقة DREUX GORISSE وبعد صناعة العينات ومدة الحفظ 14، 7 و 28 يوم في أوساط مختلفة الهواء ، ماء الشرب ووسط ثالث المياه السطحية بعدها قمنا بإجراء سلسلة من التجارب على أكثر من 120 عينة لتحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية حيث أظهرت النتائج أن الخرسانة ذات الخلطة المقترحة والتي تم غسل الحصى المستعمل بها والمحفوظة في المياه العادية أعطت نتائج جيدة في مقاومة الضغط لتصل إلى 40 MPa عند 28 يوم و بزيادة 20% عن خلطة الشركة في نفس الوسط ومقاومة الشد إلى 5 MPa.

**الكلمات الدالة:** الخرسانة، خلطة خرسانية، مقاومة ميكانيكية، امتصاص الماء، الأمواج فوق صوتية، وسط الحفظ.

**Résumé :** la formulation de béton dépend de la détermination des proportions optimales des différents composants afin d'obtenir un béton aux propriétés physiques et mécaniques requises. Il contient du sable, des graviers 08/03, 15/08 et 15/25, du ciment, des adjuvants, de l'eau potable et autre mélange sans adjuvants et sans gravillons 15-25. Nous les avons comparés avec des éprouvettes de notre formulation de béton à des granulats lavés, dont les composants ont été déterminés, selon la méthode de DREUX GORISSE. Ensuite, nous avons mené une série d'essais sur plus de 120 éprouvettes. Pour déterminer les propriétés physiques et mécaniques. Les résultats ont montré que le béton avec le mélange proposé dans lequel le gravier utilisé a été lavé et conservé dans de l'eau potable a donné de bons résultats en résistance à la compression jusqu'à 40 MPa à 28 jours avec une augmentation de 20 % par rapport le mélange de la société (SMCO) dans le même milieu de conservation et la résistance à la traction par flexion de 5 MPa.

**Mots clé :** béton, formulation de béton, résistance mécanique, absorption d'eau, ondes ultrasoniques, milieux de conservation.

**Abstract:** The formulation of concrete depends on the determination of the optimal proportions of the various components in order to obtain a concrete with the required physical and mechanical properties. It contains sand, gravel 08/03, 15/08 and 15/25, cement, admixtures, water and other mixture without admixtures and without gravel 15-25. We compared them with test specimens of our concrete formulation with washed aggregates, the components of which were determined according to the DREUX GORISSE method. Then we conducted a series of tests on more than 120 specimens. To determine the physical and mechanical properties. The results showed that the concrete with the proposed mixture in which the gravel used was washed and preservation in potable water gave good results in compressive strength up to 40 MPa at 28 days with an increase of 20 % par for the company mix (SMCO) in the same preservation medium and the flexural tensile strength of 5 MPa.

**Key words:** concrete, concrete formulation, mechanical resistance, water absorption, ultrasonic waves, conservation media.

# Table des Matières

Remerciement	I
Résumé	II
Table des Matières	III
Liste des Figures	V
Liste des Photos	VI
Liste des Tableaux	VII
	<b>Page</b>
<b>Introduction</b>	1
<b>Chapitre I : Généralité sur le béton</b>	
I.1 Introduction	3
I.2 Les composants d'un béton ordinaire	3
I.2.1 Les composants	3
I.3. Les différents types du béton	6
I.3.1. Béton auto-plaçant (BAP)	6
I.3.2. Béton de hautes performances (BHP)	6
I.3.3. Béton de fibres	6
I.3.4. Béton compacte au rouleau (BCR)	6
I.3.5 Béton préfabriqué	7
I.3.6. Béton à durcissement rapide	7
I.3.7. Béton de terre	7
I.3.8. Béton léger	7
I.3.9. Béton lourd	7
I.3.10. Béton extra lourd	7
I.3.11. Béton réfractaire	7
I.3.12. Béton de poudre réactive (BPR)	8
I.3.13. Béton ordinaire	8
I.4 Formulation de béton	8
I.4.1. La méthode de Dreux –Gorisse	8
I.5. La résistance à la compression	11
I.6. Les différentes technologies des centrales à béton	11
I.6.1. Approvisionnement et stockage des matières premières	12
I.7. Le dosage des composants	14
I.8. LE Malaxage	16
I.8.1. Le malaxeur	16

I.8.2. Les paramètre de malaxage	17
I.9. Le pilotage d'une centrale à béton	17
I.10. La qualité et la traçabilité du béton fabriqué en centrale BPE	18
I.11. Conclusion	18
<b>Chapitre II : Caractérisation des matériaux</b>	
II.1. Introduction	19
II.2 Les essais réalisés avant lavage	19
II.2.1. L'analyse granulométrique selon la norme NF P 18-560	19
II.2.2. La masse volumique absolue et apparente	21
II.3. Le gravier avant lavage	22
II.3.1. Analyse granulométrique	22
II.3.2. La masse volumique absolue et apparente	24
II.4. Après lavage	25
II.4.1L'analyse granulométrique	25
II.5. Le gravier après lavage	27
II.5.1. L'analyse granulométrique du gravier de classe 03/08 et 08/15 après lavage	27
II.5.2 La masse volumique absolue et apparente	29
II.6. Essai de losAngeles	29
II.7. Essai de micro Deval NF P 18-572	31
II.8. Le ciment	32
II.9. Conclusion	32
<b>Chapitre III : Formulation de béton</b>	
III.1. Introduction	33
III.2. La méthode de Dreux –Gorisse	33
III.2.1. Les données préalables de béton	33
III.2.2 La relation de « BOLOMY »	33
III.2.3. Courbe de référence (O, A, B)	34
III. 3. Les étapes de préparation des éprouvettes :	37
III.4. Conclusion	41

<b>Chapitre IV : Résultats et interprétations</b>	
IV.1. Introduction	42
IV.2. Résistance à la traction par flexion	42
VI.3. Résistance à la compression	45
IV.4. Vitesse de propagation des ultrasons	47
IV.5. La masse volumique	49
IV.6- L'absorption de l'eau	50
IV.7. Conclusion	51
Conclusion générale	52
Références	53
ANNEXES	

### **Liste des Figures**

<b>Chapitre I : Généralité sur le béton</b>	
Figure 1.1 : Constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire	3
Figure 1.2 : La courbe optimale type selon la méthode Dreux-Gorisse	9
Figure 1.3 : Centrale de type trémies en ligne	12
Figure 1.4 : Centrale de type tour	12
<b>Chapitre II : Caractérisation des matériaux</b>	
Figure II.1 : La courbe d'analyse granulométrique de sable avant lavage	20
Figure II.2 Essai équivalent de sable	22
Figure II.3 : La courbe d'analyse granulométrique de gravier de classe 08/15	23
Figure II.4 : La courbe d'analyse granulométrique de gravier de classe 03/08	24
Figure II.5 : La courbe d'analyse granulométrique de sable après lavage	26
Figure II.6 : La courbe d'analyse granulométrique de gravier 03/08 après lavage	27
Figure II.7 : La courbe d'analyse granulométrique de gravier 08/15 après lavage	28
<b>Chapitre III : Formulation de béton</b>	
Figure III.1 : La méthode Dreux-Goriss Avant lavage	34
Figure III.2 : La méthode Dreux-Gorisse après lavage	36
<b>Chapitre IV : Résultats et interprétations</b>	
Figure. (IV.1) : Principe de l'essai traction par flexion	43
Figure. (IV.2) : Résultats de traction par flexion	44
Figure. (IV.3) : Résultats de compression	46

Figure. (IV.4) : Résultats d'ultrason	48
Figure. (IV.5) : Résultats de la masse volumique	49
Figure. (IV.6) : Résultats d'absorption d'eau	51

### **Liste des Photos**

#### **Chapitre I : Généralité sur le béton**

Photo 1.1 : Pré-stockage des granulats dans des cases au sol	13
Photo 1.2 : Trémies à granulats	13
Photo 1.3 : Silos à liants	13
Photo 1.4 : Local à adjuvant	14
Photo 1.5 : Bassins de décantation pour l'eau recyclée	14
Photo 1.6 : Dosage des granulats par tapis peseur	15
Photo 1.7 : Arrivées des vis d'extraction et bascule à liants	15
Photo 1.8 : Bascule à eau	15
Photo 1.9 : Pompes et doseurs à adjuvants	16
Photo 1.10 : Bloc malaxeur	16
Photo 1.11 : Intérieur d'un malaxeur	16
Photo 1.12 : Postes de chargement des camions toupies.	17

#### **Chapitre II : Caractérisation des matériaux**

Photo II.1: Essai MVabs	22
Photo II.2 : Essai MVabs	22
Photo II.3 : Equivalent de sable	22
Photo II.4 : Lavage de gravier	25
Photo II.5 : Séchage de gravier	25
Photo II.6 : Essai de los Angeles	30
Photo II.7 : Appareil de los Angeles	30
Photo II.8 : Fin de l'essai	30
Photo II.9 : Eau de l'essai	31
Photo II.10 : Billes de l'essai	31
Photo II.11 : Essai de Micro-Deval	31

#### **Chapitre III : Formulation de béton**

Photo III.1 : Malaxeur de Béton 30l	38
Photo III.2 : l'essai de l'ouvrabilité au Cône d'Abrames	40
Photo III.3 : Les moules	40

Photo III.4 : Préparation des moules	40
Photo III.5 : Fabrication d'éprouvettes	40
Photo III.6 : Epreuve après coulage	40
Photo III.7 : Epreuve	40
Photo III.8 : Derniers éprouvettes	40
<b>Chapitre IV : Résultats et interprétations</b>	
Photo(IV.1) : L'appareil de traction et comprissions	43
Photo(IV.2) : Epreuve après essai traction	45
Photo(IV.3) : Epreuve après essai compression	45
Photo (IV.4) : Appareil d'ultrason	47
Photo (IV.5) : Essai d'ultrason	47
Photo (IV.6) : Essai l'absorption de d'eau	50

### **Liste des Tableaux**

#### **Chapitre II : Caractérisation des matériaux**

Tableau (II.1) :L'analyse granulométrique de sable avant lavage	20
Tableau II.2 : Résultat d'équivalent de sable	22
Tableau II.3 : Analyse granulométrique de gravier de classe 08/15	23
Tableau II.4 : Analyse granulométrique de gravier de classe 03/08	23
Tableau (II.1) :L'analyse granulométrique de sable avant lavage	20
Tableau II.2 : Résultat d'équivalent de sable	22
Tableau II.3 : Analyse granulométrique de gravier de classe 08/15	23
Tableau II.4 : Analyse granulométrique de gravier de classe 03/08	24
Tableau II.5 : La masse volumique Abs et App	25
Tableau II.6 : Analyse granulométrique de sable après lavage	25
TableauII.7 : Caractéristiques de sable après lavage	27
Tableau II.8 : Analyse granulométrique du gravier 03/08	27
Tableau II.9 : Analyse granulométrique du gravier 08/15	28

#### **Chapitre III : Formulation de béton**

Tableau III.1 : Les données de béton	33
Tableau III.2 : Les pourcentages des granulats	34
Tableau III.3 : Les volumes de composant pour 1 m <sup>3</sup> (compositions volumique )	35



## **Introduction Générale :**

Le béton est considéré comme le matériau le plus utilisé dans le domaine de constructions. Le ciment, les granulats (gravier + sable) et l'eau sont les principaux composants. Le béton a fait l'objet d'une grande attention de la part des chercheurs et des personnes intéressées par ce domaine dans le but de développer et l'améliorer pour suivre le rythme de la renaissance urbaine moderne et des exigences du confort.

Au fil du temps, le béton a été renforcé avec des additifs chimiques utilisés lors du processus de malaxage afin d'améliorer ses propriétés physiques et mécaniques à l'état frais et durci.

Les propriétés du béton font partie des propriétés de ses composants et sont également soumises au type d'origine, son importance, les méthodes de coulée et de transport, en tenant compte du degré de contrôle sur le chantier. Grâce à elle, ses composants sont déterminés ou ce qu'on appelle la formulation de béton, dans le but de produire un béton économique d'une part et avec des caractéristiques physico-mécaniques préalables d'autre part, telles qu'une bonne résistance mécanique et une bonne durabilité, la résistance à la compression est considéré comme l'une des propriétés les plus importantes du béton durci requises par les chercheurs dans le domaine de béton.

Dans ce travail expérimental, on a proposés des différents types de mélanges de béton afin d'améliorer leurs propriétés mécaniques et physiques à l'état durci, notamment un mélange la société compose de : gravier (03/08, 08/15,15/25) ciment, adjuvants, eau de gâchage et un autre mélange sans adjuvants et sans gravier 15-25 enfin, on compare avec notre mélange proposé (béton avec granulats lavés) qui ont été déterminés par la méthode « **DREUX GORISSE** ».

Après la confection des éprouvettes en béton pour tous les mélanges et après la conservation à 7, 14 et 28 jours dans plusieurs milieux de conservation à l'air libre, l'eau potable et l'eau de la nappe phréatique de **Cite Naser Ouargla** ensuit, une série d'essais effectuer pour déterminer leurs propriétés physiques et mécaniques à l'état frai et durci.

Cette étude a été divisée en quatre chapitres :

**Le premier chapitre** : nous avons abordé la définition du béton, ses composants, les différents types, les méthodes de formulation de béton des détails concernant le centre à béton de la Société des Matériaux de Construction d'Ouargla (**S.M.C.O**) et autres types connus et utilisés dans le domaine de construction.

**Le deuxième chapitre** : une série d'expérimentations pour déterminer les caractéristiques les matériaux de composition de béton utilisant par la Société (S.M.C.O) : gravier 08/03, 15/08, sable et ciment.

**Chapitre Trois** : Ce chapitre est consacré à la détermination des différentes formulations de béton avant et après lavage, selon la méthode DREUX GORISSE, et à la préparation des éprouvettes.

**Chapitre Quatre** : Réalisation de divers essais mécaniques : traction par flexion et compression et physiques : la masse volumique, la vitesse de pénétration des ondes ultrasonores et le taux d'absorption d'eau pour les différents échantillons, et après analyse et interprétation des résultats et comparaison entre eux.

Enfin, une conclusion générale où on a présenté les résultats les plus importants obtenus dans cette étude.

# **Chapitre I : Généralité sur le béton**

## I.1 Introduction

Le béton est le matériau de construction le plus utilisant depuis presque un siècle. Constituer à l'origine de seulement (gravillons, sable, ciment et eau), leurs méthodes de formulation ont évolué d'un savoir-faire empirique vers la science des matériaux[1].

Nous abordons dans ce travail un type de béton qui est le béton ordinaire, est un matériau de construction composite constitué d'un mélange de granulats (sable, gravillons)un liant ciment.

Dans ce chapitre nous avons élaboré une présentation générale sur le béton et ses composants ces différent types. Ensuite une aperçu sur la formulation de béton par exemple la méthode de Dreux Gorisse et enfin une détaille sur les différentes technologies des centrales à béton existant.

## I.2 Les composants d'un béton ordinaire

Le béton est un mélange de plusieurs composants : ciment, eau, sable, gravier et, le plus souvent, adjuvants (figure 1.1) qui constituent un ensemble homogène. [2]

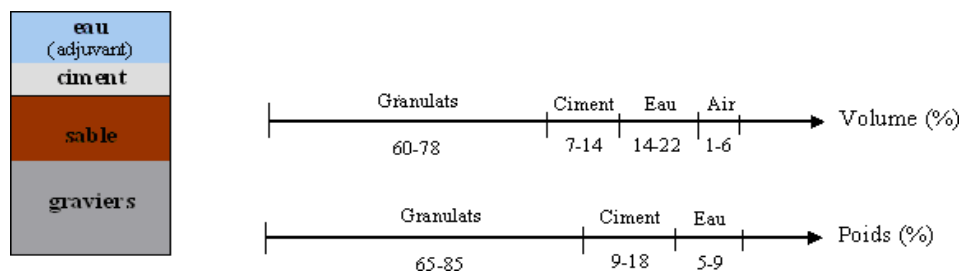


Figure 1.1 : Constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire [2]

### I.2.1 Les composants :

#### a. Les granulats : XPP 18-540

C'est l'ensemble des grains de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, peuvent être d'origine naturelle (sables et graviers de mer et de rivières), artificiels (argile expansée) ou issue du recyclage de déchets de l'industrie (laitier de haut fourneaux). Ils constituent l'ossature du béton et occupent 70 à 80 % environ du volume d'un béton, ils sont inertes en principe mais peuvent favoriser certaines réactions d'hydratation de certains minéraux du clinker c'est l'exemple des silicates tricalciques C3S en présence de filler d'origine calcaire. Leur utilisation pour la confection d'un béton est motivée par le faible coût volumique, par une meilleure durabilité et stabilité volumétrique par rapport au mélange ciment-eau.

En effet, la nature, la quantité, la forme, la granulométrie, la propreté, l'état de surface et le type de granulats sont des facteurs ayant une influence sur les caractéristiques du béton, aussi bien à l'état durci qu'à l'état frais. Les principales divisions granulométriques des granulats données par la norme XP P18-540, sont les suivantes [3] :

-fillers 0/D ou  $D < 2$  mm avec au moins 70 % de passant à 0,063 mm ;

-sablons 0/D ou  $D \leq 1$  mm avec moins de 70 % de passant à 0,063 mm

-sables 0/D ou  $1 < D \leq 6,3$  mm

-graves 0/D ou  $D > 6,3$  mm

-gravillons d/D ou  $d \geq 1$  et  $D \leq 125$  mm

-ballasts d/D ou  $d \geq 25$  mm et  $D \leq 50$  mm

D'après la même norme les caractéristiques essentielles des granulats destinés aux bétons hydrauliques sont les suivantes pour :

**b. Le gravier :** Grains de dimensions allant de 1 à 125 mm, d'après la norme P18-591, que l'essai de propreté des graviers consiste à déterminer le pourcentage d'éléments  $< 0,5$ mm, le pourcentage de vase et argiles, éliminées lors de l'essai doit être  $\leq 1,5\%$  pour gravillons n'ayant pas subi de concassage, et  $\leq 3\%$  pour ce qui ont subi le concassage [4].

La granularité du gravier est fixée par le D prescrit ou admissible pour le béton à préparer, l'absorption d'eau la norme NF P18 541, qui fixe à 5% la valeur maximale pour les bétons hydrauliques [5].

**c. Le sable :** Grains de dimensions allant de 0 à D où  $1 < D \leq 6,3$  mm, d'après la norme P18-598, que l'essai d'équivalent de sable (ES), les sables ayant un ES compris entre 75 et 85%, de granularités définies principalement par les paramètres suivants [6] :

-Teneur en fines (passant à 0,08mm  $\leq 12\%$ )

-Module de finesse ( $Mf = 1,8$  à  $3,2$ )

-Bonne continuité de la courbe granulométrique est nécessaire pour la maniabilité du béton suivant la norme P18-541.

Les sables peuvent être classés, selon leurs provenances comme suit [7] :

Sable de rivière, sable de mer, sable de carrière, sable artificiel, sable de dunes

**d. Le ciment** C'est un liant minéral obtenu par décarbonatation d'un calcaire et décomposition d'une argile à une température avoisinant les 1450 °C. Broyé sous forme d'une poudre fine souvent d'une couleur grise, en contact avec l'eau il s'hydrate et forme des minéraux hydratés très stables. Les principaux composés du ciment portland sont :

Les silicates tricalciques (alite) :  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  [C<sub>3</sub>S]

Les silicates bi-calciques (bélitre) :  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  [C<sub>2</sub>S]

Les aluminates tricalciques :  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  [C<sub>3</sub>A]

Les aluminoferrites tétra-calciques :  $4\text{CaO} \cdot \text{AlO}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  [C<sub>4</sub>AF]

Autres : (sulfates, alcalins, impuretés, . . .).

Les silicates de calcium C<sub>3</sub>S et C<sub>2</sub>S représentent à peu près 75% de la masse du ciment. Les caractéristiques granulaires du ciment sont exprimées par sa granulométrie et sa finesse de mouture. Cette finesse de mouture appelée aussi surface spécifique de Blaine peut atteindre 4000 cm<sup>2</sup>/g et plus pour les ciments à forte résistance au jeune âge [8].

Le ciment peut être classé comme suit :

Selon sa composition : le teneur des constituants autres que le gypse ajouté ou non au clinker, la norme européenne NF EN 197-1 donne 27 ciments courants, qui sont regroupés en cinq types principaux à savoir :

- . 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.

Selon ses résistances à la compression : La norme NF EN 197-1, classes les ciments courant d'après leur résistance à la compression (résistance normale) déterminée conformément à la norme EN 196-1, mesurée à 28 jours en six classes de résistance. (Annexe1)

Selon le type d'environnement : Certains ciments ont des propriétés supplémentaires leur permettant de s'adapter à des environnements spéciaux [9]

**e. L'eau de gâchage** : d'après la norme NF EN 1008, il joue deux fonctions principales : confère au béton sa maniabilité à l'état frais (ses propriétés rhéologiques) et assure l'hydratation des grains de ciment pour une prise et un durcissement. La quantité d'eau utilisée ou plus

précisément le rapport eau/ciment a une forte influence sur la porosité du béton, sa perméabilité, les résistances mécaniques, la durabilité [10].

L'eau de gâchage peut avoir plusieurs origines, mais seule l'eau potable est présumée conforme aux exigences de la norme NF EN 1008, les autres comme l'eau récupérée de la fabrication de bétons, eaux d'origine souterraine, eaux naturelles de surface et eaux de rejet industriel, eau de mer, doivent être soumises à des essais de contrôle préliminaire ainsi que les essais chimiques.

### **I.3. Les différents types du béton**

Le matériau béton, est devenu irremplaçable dans le domaine de la construction, pour des raisons économiques et techniques, il existe plusieurs types notamment sont :

#### **I.3.1. Béton auto-plaçant (BAP)**

Développé dans les années 80 par des chercheurs de l'université de Tokyo au Japon, le béton auto-plaçant est un béton fluide, très déformable, homogène et stable qui se met en place par gravitation et sans l'utilisation d'un moyen de vibration, ils se caractérisent en général par une formulation contenant au moins un adjuvant chimique et un ajout minéral en proportions bien précises pour satisfaire les exigences en matière de maniabilité et de stabilité [11,12].

#### **I.3.2. Béton de hautes performances (BHP)**

Sont des bétons aux résistances mécaniques élevées au jeune âge et à 28 jours (Supérieure à 50 MPa), et un rapport pondéral E/C inférieur à 0.40. Leur propriété essentielle est leur grande résistance en compression qui dépasse largement le cas des bétons ordinaires [13].

#### **I.3.3. Béton de fibres**

Est un béton dans lequel sont incorporées des fibres synthétiques ou naturelles, ce qui permet suivant l'ouvrage, de supprimer le treillis soudé traditionnel [14].

#### **I.3.4. Béton compacte au rouleau (BCR)**

Ayant une apparence très sèche et raide et un affaissement nul, constitué d'une proportion importante de granulats avec une faible quantité de ciment d'où l'ajout des minéraux (cendres volantes, fibres calcaires, résidus miniers etc...). Il est utilisé pour la construction de barrages et aussi très utilisé au Canada dans la construction des routes [15]

### **I.3.5 Béton préfabriqué**

Sert à la fabrication, généralement en usine et en milieu contrôlé, de diverses composantes allant de l'élément standardisé comme le bloc jusqu'aux éléments de structure ou des panneaux de façades multifonction [16].

### **I.3.6. Béton à durcissement rapide**

Sont des bétons dont le développement des résistances mécaniques est accéléré, ces bétons permettent la réalisation de petits ouvrages de réparation ou des travaux sur des éléments d'ouvrages demandant une remise en service rapide ainsi que le décoffrage, ou la mise en précontrainte le plus rapidement en préfabrication. Le durcissement rapide des bétons est obtenu soit par des adjuvants accélérateurs de durcissement, des ciments à durcissement rapide, la diminution du rapport E/C ou bien par le traitement thermique [17]

### **I.3.7. Béton de terre**

C'est un assemblage de granulats divers (cailloux, graviers, sables, limons ou silts), il doit sa cohésion à une colle qui n'est pas le ciment mais l'argile, la fraction la plus fine du sol [18].

### **I.3.8. Béton léger**

La norme NF EN 206-1 définit les bétons légers comme ayant une masse volumique après séchage entre 800 et 2100 kg/m<sup>3</sup>, parmi ces bétons on peut citer les bétons de granulats légers. Ils sont utilisés dans le domaine du confort thermique d'une habitation (isolation thermique) et même comme éléments porteurs de charges qui permettent d'alléger la construction [19].

### **I.3.9. Béton lourd**

C'est un béton dont la masse volumique apparente est supérieure à 2600 kg/m<sup>3</sup>, les résistances mécaniques du béton lourd sont comparables à celle des bétons classiques et même plus élevées compte tenu des faibles dosages en eau [20].

### **I.3.10. Béton extra lourd**

Est un béton à base de granulats spéciaux de densité élevée comme la barytine et l'hématite permettant la réalisation d'ouvrages protecteurs contre les rayons X, gamma et autres rayons radioactifs. La masse volumique du béton extra lourd dépasse 3000 kg/m<sup>3</sup> [21].

### **I.3.11. Béton réfractaire**

Est un béton qui résiste à des températures élevées pouvant atteindre 1300°C, obtenue par le mélange de ciment Alumineux et de granulats réfractaires (chamottes, corindon), ou granulats isolants (Pouzzolane, vermiculite, argile expansée), le béton réfractaire sert à la construction de cheminées et de sols d'usines sidérurgiques [21,22]



### **I.3.12. Béton de poudre réactive (BPR)**

Le BPR est caractérisé par des performances mécaniques élevées et une durabilité améliorée. La ductilité que l'ajout de fibres métalliques confère au BPR le rend apte à être utilisé dans de nombreuses applications sans aucune armature passive. Les résistances en traction et en compression sont très élevées voir mêmes supérieures à celles des aciers (350 MPa) [21].

### **I.3.13. Béton ordinaire**

Mélange homogène composé exclusivement des constituants de base ciment, granulats, eau, avec un rapport E/C qui varie en fonction de la plasticité ainsi que de la résistance désirée. Le béton ordinaire est caractérisé par sa résistance à la compression qui se situe entre 20 MPa  $\leq f_{c28} \leq 50$  MPa [22].

## **I.4 Formulation de béton**

La formulation joue le rôle effectuant par ses paramètres propriétaires qui permettent d'apporter un nouveau regard sur béton, elle consiste à choisir des proportions de chacun des constituants d'un béton afin d'obtenir les propriétés mécaniques et de mise en œuvre, elle doit intégrer avant tout les exigences de la norme NF EN 206-1, laquelle, en fonction de l'environnement dans lequel sera mis en place le béton, sera plus ou moins difficile vis-à-vis de la quantité minimale de ciment à insérer dans la formule ainsi que la quantité d'eau maximum tolérée. De même, à chaque environnement donné, une résistance garantie à 28 jours sur éprouvettes sera exigée aux producteurs, pouvant justifier des dosages de ciments plus ou moins supérieurs à la recommandation de la norme, et basée sur l'expérience propre à chaque entreprise, laquelle étant dépendante de ses matières premières dont la masse volumique peut varier, notamment celle des granulats [23].

Plusieurs auteurs Bolomey (1925), (Caquot 1937), (Valette 1940), (Faury 1942), (Joisel 1952), cités dans la référence (Dreux et Festa, 1998) ont développé des méthodes de formulation de bétons. Selon le pays et l'école de pensée, les plus utilisés sont la méthode Américaine (1994), la méthode Britannique (1988), la méthode française (Dreux, 1970), la méthode (Barron Lesage France, 1976), la méthode basée sur le modèle d'empilement compressible (France, 2000), la méthode des plans d'expériences (Louvet F.) cité dans (Baronet Olliver, 1996). [23].

### **I.4.1. La méthode de Dreux –Gorisse**

Cette méthode française est de nature fondamentalement empirique qui date de 1970. Dreux a mené une large enquête pour recueillir des données sur des bétons satisfaisants, sur la base

**Chapitre I : Généralité sur le béton**

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 granulair de référence ayant la forme de deux lignes droites dans un diagramme Semi-logarithmique.

Elle est d'autre part très simple d'utilisation puisqu'elle ne demande que de connaître les courbes granulométriques des granulats utilisés [24]

- Résistance visée :

$$\sigma'_{28j} = \sigma_{28j} + 0.15 \sigma_{28j}, \quad \text{Soit } \sigma'_{28j} = 1.15 \sigma_{28j}$$

- Dosage en ciment et en eau :

$$f_c' = G \cdot f_{CE} \left( \frac{C}{E} - 0.5 \right)$$

avec :  $f_c'$  =  $\sigma'_{28j}$  résistance visée à 28 jours

$f_{CE}$ : classe vraie de ciment en MPa.

$G$  : coefficient granulaire. (Annexe 2)

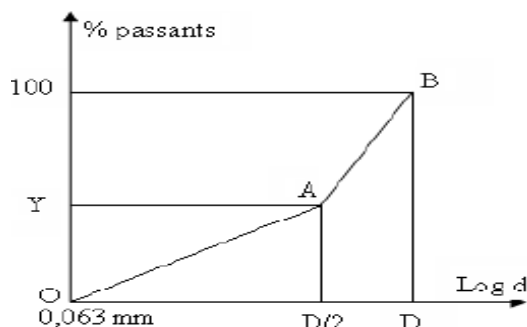
$C$  : dosage en ciment (Kg de ciment/m<sup>3</sup> de béton).

$E$  : dosage en eau (Kg d'eau/m<sup>3</sup> de béton ou litre d'eau/m<sup>3</sup> de béton).

- par la suite d'après le rapport  $\frac{C}{E}$  on détermine le volume d'eau comme suit :

$$E = \left( \frac{C}{E} \right) \times \text{dosage de ciment} \dots \dots \dots (1)$$

- Tracé de la courbe granulair de référence AOB :



**Figure 1.2** : La courbe optimale type selon la méthode Dreux-Gorisse[24]

- Sur le graphe d'analyse granulométrique, nous traçons une composition granulaire de référence OAB avec :

## Chapitre I : Généralité sur le béton

---

- le point O est repéré par ses coordonnées : [0.01 ; 0]
- 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 ; Y], suivantes :

- en abscisse :
- si  $D \leq 20$  mm, le point de brisure a pour abscisse :  $A = D/2$
- en ordonnée :  $Y = 50 - \sqrt{D} + K$

D : diamètre du plus gros granulat

K : un terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de l'efficacité du serrage, de la forme des granulats roulés ou concassés. (Annexe3)

- La ligne de partage :

La ligne de partage joint le point d'ordonnée 95% de la courbe granulairé du plus petit granulat au point d'ordonnée 5%, de la courbe granulairé du plus gros granulat. Le point d'intersection entre cette ligne et la courbe théorique du mélange optimum indique les proportions en pourcentage de volume absolu de sable et gravier. Ces proportions sont lues sur le pourcentage de tamisât correspondant à ce point d'intersection. Ce pourcentage indique la proportion de sable, le complément donne la proportion de gravier.

-Après le traçage de la courbe on obtient les pourcentages des granulats (sable et gravier).

- Détermination de la composition en volume absolu :

Le dosage en béton est déterminé pour obtenir un mètre cube de béton en place cela signifie que le volume de matière vaut  $1\text{m}^3$  :

$$V_{abs} = V_s + V_g + V_c = 1\text{m}^3$$

$V_{abs}$  : la masse absolue de ciment  $\text{kg}/\text{m}^3$

$V_s, V_g$  et  $V_c$  : le volume de sable ,gravier et ciment respectivement d'un mètre cube du béton.

$$V_c = \frac{C}{V_{abs}} \quad \text{soit, } C : \text{dosage en ciment } (\text{kg}/\text{m}^3)$$

- Volume absolu de granulats :

De la relation de  $\gamma = (V_c + V_g + V_s) / V_T$  on en déduit  $V_g$  et  $V_s$  en remplaçant le volume de granulats  $V_s + V_g$  par la valeur  $V_G$ , alors  $\gamma = (V_c + V_G)$

$$V_G = (1000 \times \gamma) - V_c$$

$V_G$  : volume absolu des granulats en litre ( $V_G = V_g + V_s$ )

$\gamma$  : Coefficient de compacité (Annexe 4)

-Volume de sable = Le pourcentage  $\times V_G$

- Détermination de la composition pondérale sèche en Kg

-Masse de ciment : le dosage choisi

-La quantité d'eau : E par la formule (1)

-Masse de sable  $S = V_s \times M_{Vabs}$

-Masse de gravillons  $G_{3/8} = V_G \times M_{Vabs}$

$G_{8/15} = V_G \times M_{Vabs}$

Ciment pour un mètre cube de béton.

### **1.5. La résistance à la compression**

Généralement la résistance en compression c'est la caractérisation de base du béton durci. Cette résistance est déterminée suivant la norme européenne NF EN 12390-3. La résistance à 28 jours après un mûrissement à l'eau sert en général de référence.

La liaison entre la pâte durcie et les granulats qu'elle enrobe conditionne également la résistance mécanique du béton. Une bonne résistance à la compression est la performance bien souvent recherchée pour le béton durci. Cette résistance dépend d'un certain nombre de paramètres, en particulier le type et le dosage du ciment, le facteur E/C, rapport du dosage en eau au dosage en ciment. [25]

D'après BOUTIBA la résistance à la compression d'un béton ordinaire formulé par la méthode de Dreux-Gorisse pour des éprouvettes 15x15 pour 02, 07 et 28 jours est égale à 14.19, 26.81 et 32.68 MPa respectivement. [26]

La centrale à béton sert à préparer le béton BPE. Elle assure les fonctions suivantes :

- Stockage des composants.
- Dosage des composants.
- Malaxage des composants.
- Chargement du matériel de transport du béton (camions toupies).

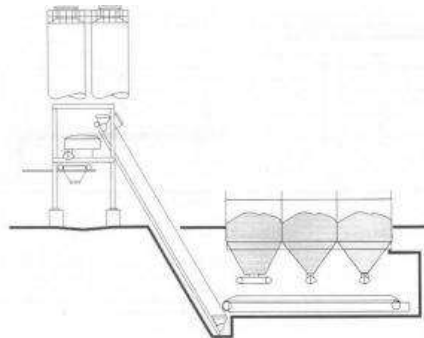
Ces fonctions sont réalisées à partir d'équipements judicieusement dimensionné set assemblés pour répondre à des objectifs de productivité et de qualité.

### **1.6. Les différentes technologies des centrales à béton**

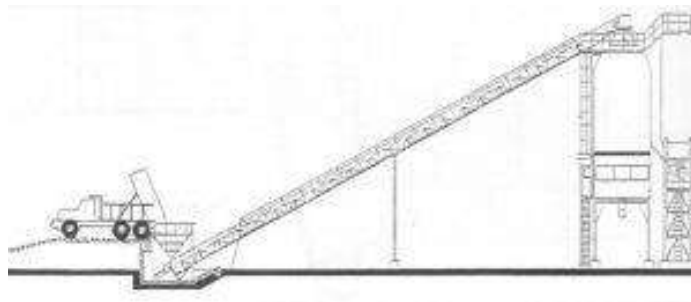
On qualifie généralement les centrales à partir du mode de stockage des granulats. En effectué mode de stockage conditionnel 'implantation des différents équipements.

Voici les différentes technologies :

- Centrales de type « cases en étoile ».
- Centrale de type « cases en lignes ».
- Centrale de type « trémies en lignes » (trémies enterrées ou non).
- Centrale de type « tour ».



**Figure 1.3** : Centrale de type trémies en ligne.



**Figure 1.4** : Centrale de type tour.

### **1.6.1. Approvisionnement et stockage des matières premières**

Les composants du béton sont approvisionnés sur les centrales à béton par la route, par le rail ou bien alors par voie d'eau.

La capacité de stockage sur la centrale doit être en adéquation avec la capacité de production et la demande en béton des différents chantiers. L'objectif étant d'éviter toute rupture de stock, ou à l'inverse tout sur-stockage.

#### **Stockage des granulats**

Les granulats sont approvisionnés par camion-benne ou par péniche pour les centrales à proximité de fleuves.

Les granulats (sables et gravillons) sont généralement stockés dans des trémies ou bien des silos compartimentés. Leur capacité de stockage va de 20 tonnes à 150 tonnes pour les plus grosses centrales.

Certaines centrales sont équipées d'une aire de pré-stockage (cases au sol réalisées sur une surface bétonnée) afin de pouvoir stocker des granulats spéciaux (granulats décoratifs par

exemple) et/ou de constituer un stock tampon des granulats courants pour éviter les ruptures. Le stockage en trémies ou en silos couverts protège les granulats des intempéries. Leur teneur en eau est alors plus régulière, ce qui permet de fabriquer des bétons de qualité constante. La teneur en eau des granulats est mesurée via des sondes au niveau des trémies ou silos, juste avant pesage. Chaque stockage est identifié pour éviter les mélanges.



**Photo 1.1 : Pré-stockage des granulats dans des cases au sol.**



**Photo 1.2 : Trémies à granulats.**

### **Stockage des liants (ciments et additions)**

Ces matériaux pulvérulents sont livrés en vrac par camion-citerne ou par péniches pour les centrales à proximité de fleuves.

Ils sont déversés pneumatiquement et stockés en hauteur dans des silos verticaux cylindriques de capacité allant de 30 à 200 tonnes.

Une centrale à béton est équipée de plusieurs silos, lui permettant ainsi de stocker différents types de ciments (comme par exemple des ciments spéciaux du type PM, ES ou bien SR) et différentes additions. Chaque silo est identifié pour éviter les mélanges.



**Photo 1.3 : Silos à liants.**

### **Stockage des adjuvants**

Les adjuvants sont entreposés dans un local spécifique fermé et hors gel attenant à la centrale (local à adjuvants). Les différents adjuvants sont stockés dans des cuves (capacité de 2000 à 10000 L), des cubitainers (1000 ou 1500 L) ou bien des fûts (200 L), tous placés sur bac de rétention, fermés et bien identifiés pour éviter les mélanges. Une centrale à béton peut stocker entre 8 et 20 adjuvants.



**Photo 1.4 : Local à adjuvant**

### **Stockage de l'eau**

L'eau de gâchage peut être de l'eau potable (eau du réseau) ou bien de l'eau naturelle (ex : puits, rivière, étang). Dans ce cas la centrale à béton est alimentée directement. L'eau récupérée du processus de fabrication du béton (eau recyclée), qui peut être utilisée sous réserve contrôlé sa conformité, est pompée dans des bassins de décantation. Il peut être nécessaire, selon les cas, de stocker ces eaux avant utilisation dans des cuves tampon.



**Photo 1.5 : Bassins de décantation pour l'eau recyclée**

### **I.7. Le dosage des composants**

- **Les granulats** : dans le cas le plus courant d'une centrale de type trémies en ligne, ils sont dosés par un tapis peseur (convoyeur à bande monté sur pesons) situé sous les trémies de stockage. Une fois dosés, les granulats sont remontés vers le malaxeur par un tamis transporteur ou un skip.



**Photo 1.6 : Dosage des granulats par tapis peseur.**

- **Les liants** (ciment et additions) : ils sont extraits de l'embase des silos et amenés jusqu'à la bascule à liants via une vis sans fin. Ils sont dosés par pesage dans la bascule à liant qui est située juste au-dessus du malaxeur.



**Photo 1.7 : Arrivées des vis d'extraction et bascule à liants.**

- **L'eau** : le dosage en eau est effectué par pesage dans la bascule à eau. Une fois pesée elle tombe dans le malaxeur par l'arrivée d'eaux. La quantité d'eau d'ajout (encore appelée eau de gâchage) tient compte de l'eau apportée par les granulats (humidité naturelle contenue dans les



sables et gravillons). Afin d'obtenir un béton de qualité constante, la teneur en eau des granulats est mesurée en continu par des sondes d'humidité situées au niveau des trémies de stockage.



**Photo 1.8 : Bascule à eau.**

- **Les adjuvants** sont dosés par compteurs volumétriques. Ils sont acheminés jusqu'à la bascule à eau par des pompes.



**Photo 1.9 : Pompes et doseurs à adjuvants.**

## **I.8. LE Malaxage**

L'efficacité du malaxage impacte directement la qualité et l'homogénéité du béton. Elle dépend du type de malaxeur et de son état, ainsi que des paramètres du malaxage.

### **I.8.1. Le malaxeur**

Le malaxeur est constitué d'une cuve, à l'intérieur de laquelle un système de pales mobiles assure le mélange des matériaux, par brassage et cisaillement. La plupart des centrales BPE sont équipées de malaxeur à axe vertical. Les pales raclent les parois d'un anneau, dont le volume utile se situe entre 1 et 3m<sup>3</sup>. On trouve aussi des malaxeurs à arbre horizontal, simple ou double. Dans ce dernier cas, les mouvements de rotation se font en sens inverse, et le matériau est projeté vers le haut, puis cisailé entre les pales et les parois latérales. Enfin, il existe des malaxeurs à axe vertical et à mouvement planétaire ; en plus de pales « passives » qui raclent les parois, des pales secondaires tournent autour d'un axe, lui-même en rotation autour de l'axe principal.



**Photo 1.10 : Bloc malaxeur.**



**Photo 1.11 : Intérieur d'un malaxeur.**

Tous ces malaxeurs industriels assurent une homogénéité du mélange bien plus importante à celle obtenue avec une bétonnière. Ils opèrent à vitesse constante, et sont vidangés par une trappe située au fond de leur cuve. Le matériau tombe alors dans le matériel de transport, le plus souvent un camion toupie. Les gâchées successives viennent constituer la « portée » de béton frais contenue dans un camion. Suivant la commande, plusieurs gâchées sont nécessaires pour remplir un camion toupie dont les capacités évoluent de 4 à 11 m<sup>3</sup>.



**Photo 1.12 : Postes de chargement des camions toupies.**

### **I.8.2. Les paramètres de malaxage**

Pour avoir une efficacité optimale, le malaxage doit prendre en compte les éléments suivants :

- La séquence d'introduction des constituants : elle est généralement la suivante : 1/ Granulats, 2/ Liants, 3/ Eau mélangée aux adjuvants.
- La vitesse de rotation des pales : celle-ci est fixe, de l'ordre de 20 à 30 tours par minute.

- La durée du malaxage : elle est généralement de 35 secondes après introduction de l'ensemble des constituants (durée minimale fixée par le référentiel de certification NF BPE). Pour des bétons spéciaux (bétons autobloquants par exemple) elle peut nécessiter des durées plus longues : 1 à 3 minutes.

### **I.9. Le pilotage d'une centrale à béton**

Les centrales à béton sont de nos jours très automatisées. Le pilotage est assuré par un opérateur de centrale (encore appelé centraliste ou centraliser).

Le centraliser a pour missions de :

- prendre les commandes et préparer le planning des livraisons du lendemain,
- définir les besoins correspondants en nombre de camions-toupies, de tapis et de pompes,
- s'assurer des approvisionnements en matières premières,
- effectuer les fabrications suivant les volumes, délais et qualités demandés,
- procéder au chargement des camions,
- assurer le nettoyage et l'entretien de 1er niveau de la centrale,
- faire respecter les consignes de sécurité sur la centrale.

L'ensemble des organes de la centrale est raccordé à un ensemble PC + automate, situé au niveau du poste de pilotage. Les mesures accessibles sont délivrées par les sondes de teneurs en eau des granulats, les pesons, les doseurs volumétriques, et le wattmètre qui mesure à tout instant la puissance électrique consommée par le malaxeur. L'automate assure la séquence des opérations, et garanti la précision des dosages du béton. Une fois le cycle de fabrication lancé, l'opérateur ne peut plus intervenir sur son déroulement. Le catalogue des formules est renseigné dans l'automate. Celui-ci comporte généralement plusieurs centaines de formules de béton.

### **I.10. La qualité et la traçabilité du béton fabriqué en centrale BPE**

L'automatisation des centrales et la mise en place de systèmes d'enregistrement des paramètres de fabrication du béton ont permis d'améliorer la traçabilité, la régularité et la qualité des bétons produits.

Cette industrialisation du BPE est un facteur de qualité car la composition d'un béton et son cycle de fabrication répondent à la norme NF EN 206/CN. Cette norme est renforcée par la marque de qualité volontaire, NF-BPE, délivrée par l'AFNOR.

Le **bon de livraison** qui accompagne chaque camion, permet la traçabilité du matériau. Il indique le nom et l'adresse du chantier, la date et l'heure de fabrication, la désignation

normalisée du béton et les quantités de béton livrées.

Le **bon de pesées** va encore plus loin en termes de traçabilité de la fabrication du béton, puisqu'il récapitule les enregistrements des bascules (quantités pesées).

### **I.11. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons élaboré une présentation sur le béton et ses composants ces différents types existant. Ensuite un aperçu sur la formulation de béton par exemple la méthode de Dreux Gorisse et enfin une détaille sur les différentes technologies des centrales à béton existant. On peut dire que le béton est un matériau hétérogène améliorable avec le temps par plusieurs méthodes également la modification de leur matrice par des autres matériaux pour but d'améliorer leur performance mécanique et physique ou dans la phase de la confection par de nouvelles techniques et ou technologies de fabrication.

## **Chapitre II : Caractérisation des matériaux**

## **II.1. Introduction**

Ce chapitre est consacré pour la caractérisation des matériaux utilisant donne ce travail (sable, gravier, ciment et l'eau) puisque les propriétés de béton soit à l'état frais ou durci dépendantes les propriétés de leur composition, dans ce travail on a effectuées essais :

- ✓ Analyse granulométrique
- ✓ La masse volumique absolue
- ✓ La masse volumique apparente
- ✓ Equivalent de sable
- ✓ Lose Angeles
- ✓ Micro Derval

Ces essais sont réalisés au laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla et laboratoire LTPSud Ouargla.

## **II.2 Les essais réalisés avant lavage :**

### **II.2.1. L'analyse granulométrique selon la norme NF P 18-560 :**

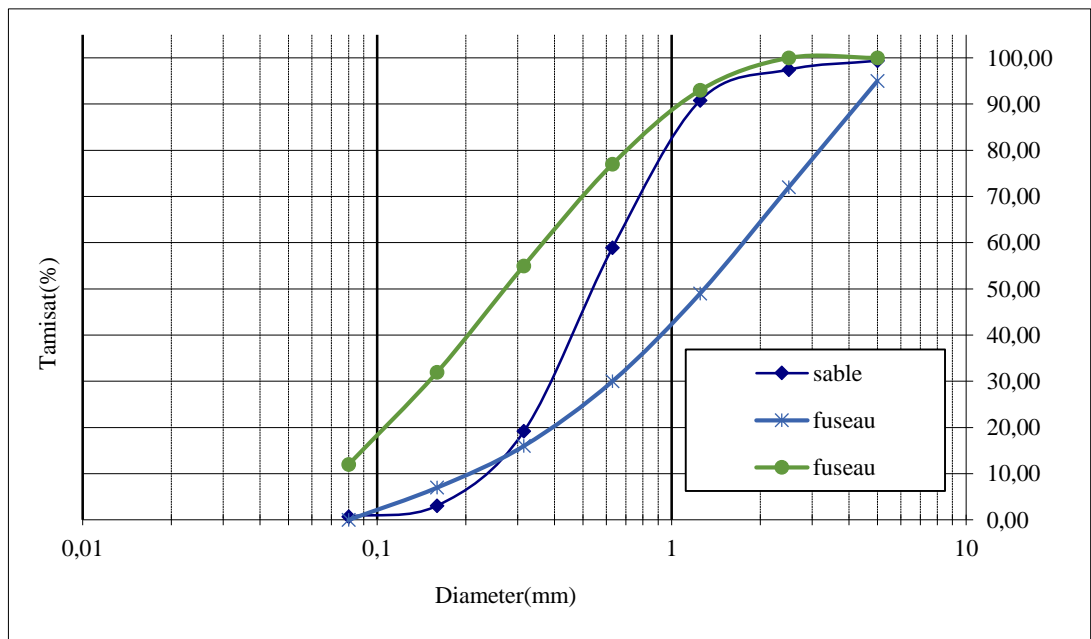
Le sable : le sable utilisé est sable de construction provenant de DJAMAA qui est utilisé par la société de matériaux de construction Ouargla (S.M.C.O).

Le but de l'essai : connaître les pourcentages des constituants du sable

Principe de l'essai : l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis à mailles carrées un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes l'échantillon représentatif doit avoir une masse comprise entre  $200D < P < 600D$  avec D : diamètre moyen estimé du plus gros grain, les masses de différents refus et tamisages sont rapportées à la masse initiale du matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

**Tableau (II.1) :** L'analyse granulométrique de sable avant lavage

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulé(g)	Refus cumulé(%)	Tamisât cumulé (%)
5	40	40	1.6	98.4
2.5	46	86	3.4	96.6
1.25	170	256	10.24	89.76
0.63	907	1163	46.52	53.48
0.315	957	2120	84.8	15.20
0.160	287	2407	96.28	3.72
0.080	70	2477	94.08	0.92



**Figure II.1 :** La courbe d'analyse granulométrique de sable avant lavage

La courbe granulométrique de ce sable est dans les fuseaux recommander par Dreux pu dire ce sable est acceptable pour le béton normale.

**Module de finesse et calculer selon la norme NF P 18-304 :**

Le module de finesse d'un sable est égal au centième de la somme des refus exprimés en pourcentage pondéral sur les différents tamis de la série sauf le tamis (0.08) il est donné par la relation suivante :

$$MF = \frac{\sum Ri}{100}$$

Avec : Ri refus cumulés en (%)

$$MF = \frac{1.6+3.4+10.24+46.52+84.8+96.28}{100} = 2.4$$

Donc notre sable est un sable moyenne et préférentiel pour le béton.

### **II.2.2. La masse volumique absolue et apparente : NF P 18-555**

Pour étudier la formulation d'un béton il est indispensable de connaître la masse volumique absolue et apparente des granulats, elles sont exprimées en  $Kg/m^3$

La masse volumique absolue est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains.

La masse volumique apparente est la masse du matériau par unité de volume, celui-ci intégrant à la fois les grains et les vides.

#### **A- La masse volumique absolue :**

Pesé une fiole avec une quantité d'eau  $V_1 = 150ml$ , pesé 300g de sable M, et l'introduire dans la fiole (éliminer les bulles d'air)

Lire le nouveau volume  $V_2 = 265ml$ , le volume absolue est :  $V_{abs} = V_2 - V_1$ .

La masse volumique absolue est :  $MV_{abs} = M_s/V_{abs}$  (Kg/L)

$$\text{Donc la } MV_{abs} = 300/115 = 2.6 \text{ Kg/L}$$

#### **B - La masse volumique apparente :**

La masse volumique apparente du sable est donnée par la formule suivant :

$$MV_{app} = M_T/V_T = 2.68/1.64 = 1.6 \text{ Kg/L}$$

$$V_T = 1.64 \text{ L}$$



**Equivalent de sable NF P 18-597 :**

L'équivalent de sable est donné par :

$$ES_v = (h_2/h_1) \times 100 \quad ; \quad ES = (h_2'/h_1) \times 100$$

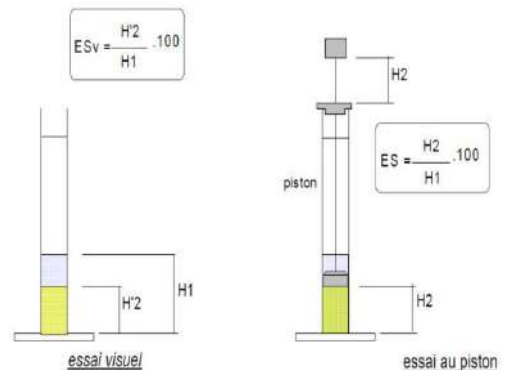
ES : équivalent de sable mesuré au piston

ES<sub>v</sub> : équivalent de sable visuel mesuré visuellement

H<sub>1</sub> : hauteur de sable propre et élément fins

H<sub>2</sub> ; hauteur de sable propre seulement

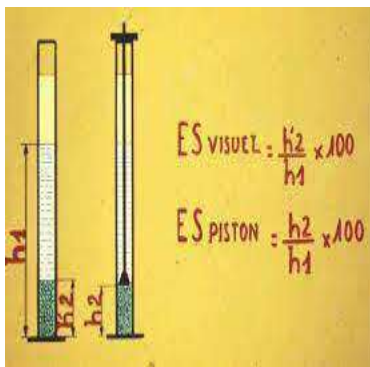
H<sub>2'</sub> : hauteur de sable propre seulement au piston



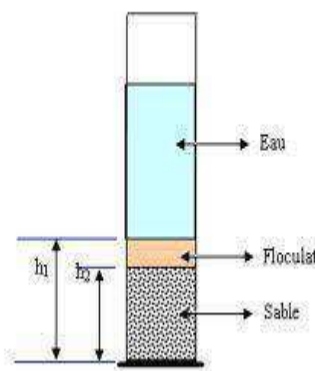
**Figure II.2** Essai équivalent de sable

**Tableau II.2 :** Résultat d'équivalent de sable

Type de sable	ESV(%)	ES(%)	Nature et qualité du sable
Sable de construction	85.56	87.62	Selon la norme NFP 18-541, on a un sable propre à faible pourcentage de fine (argile).



**Photo II.1:** Relation de équivalent de sable



**Photo II.2:** Principe de l'essai de équivalent de sable



**Photo II.3:** L'essai de équivalent de sable

**II.3. Le gravier avant lavage**

Dans ce travail on a utilisé deux classes de gravier de 03/08 et 08/15

II.3.1. Analyse granulométrique : NF P 18-560

Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés sur les tableaux suivant :

Tableau II.3:Analyse granulométrique de gravier de classe 08/15

Tamis	Refuspartiel	Refuscumulé	Refuscumulé(%)	Tamisât(%)
20	59	59	1.9	98.1
16	425.7	484.7	16.16	83.84
12.5	1037.6	1522.3	50.74	49.26
10	891.5	2413.8	80.46	19.54
8	463.2	2877	95.9	4.1
6.3	121.10	2998.10	99.94	0.06

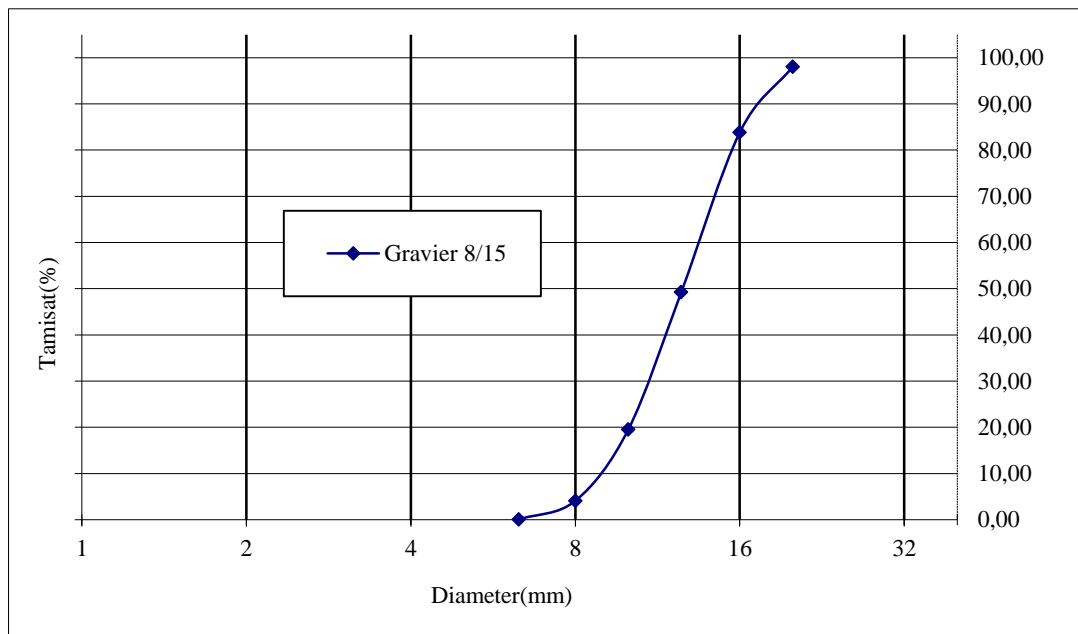
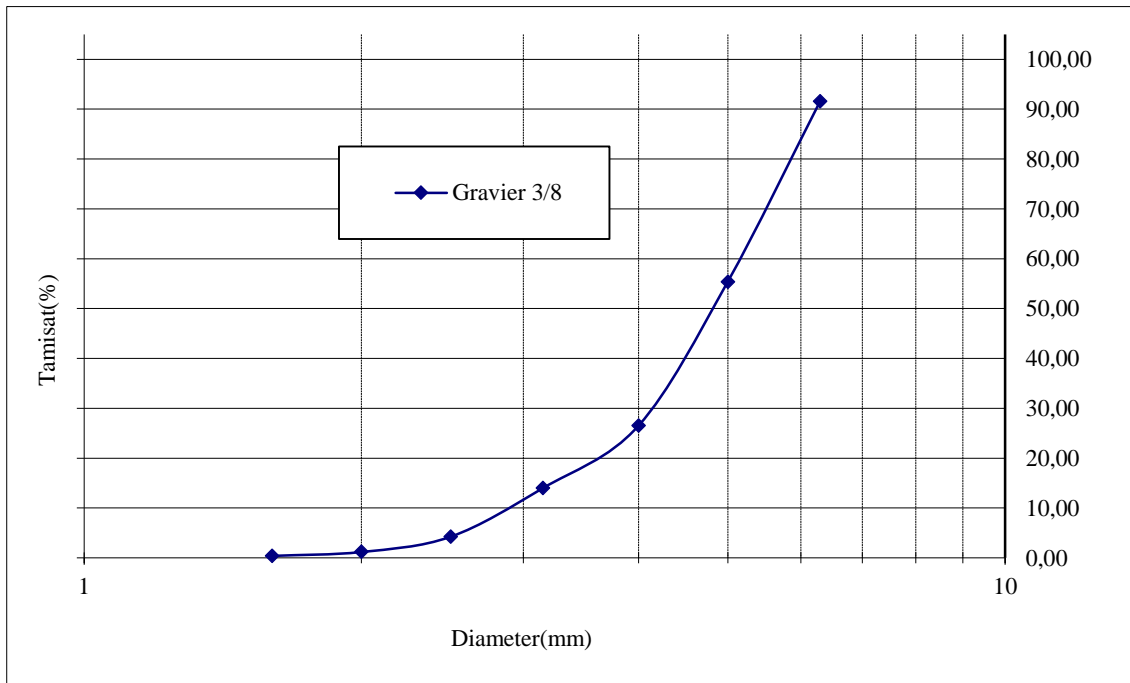


Figure II.3:La courbe d'analyse granulométrique de gravier de classe 08/15

**Tableau II.4:** Analyse granulométrique de gravier de classe 03/08

Tamis	Refuspartiel	Refuscumulé	Refuscumulé(%)	Tamisât(%)
6.3	107.7	107.7	5.39	94.61
5	488.7	596.4	29.82	70.18
4	703.8	1300.2	65.01	34.99
3.15	275	1575.2	78.76	21.24
2.5	286.1	1861.3	93.07	6.93
2	125.2	1986.5	99.33	0.67
1.6	12	1998.5	99.93	0.07



**Figure II.4:** La courbe d'analyse granulométrique de gravier de classe 03/08

### II.3.2. La masse volumique absolue et apparente NF EN 12620 :

Nous avons déterminé les masses volumiques absolue et apparent des graviers conformément à la norme NF EN 12620.

Les résultats des masses volumiques obtenus pour les différents graviers, sont récapitulés sur le tableau suivant :

**Tableau II.5:**La masse volumique Abs et App

<b>Classe de Gravier</b>	<b>MV<sub>app</sub>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>MV<sub>abs</sub>(kg/m<sup>3</sup>)</b>
3/8	1200	2400
8/15	1300	2300

Après avoir fait ces essais nous avons répété les mêmes essais mais nous avons lavé les composants (gravier et sable).

**II.4. Après lavage :**



**Photo II.4:** Lavage de gravier



**Photo II.5:**Sechage de gravier

II.4.1L'analyse granulométrique NF P 18-560 :

Tableau II.6 : Analyse granulométrique de sable après lavage

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulé(g)	Refus cumulé(%)	Tamisât(%)
5	6.17	6.17	0.617	99.38
2.5	19.21	25.38	2.54	97.46
1.25	66.70	92.08	9.2	90.79
0.63	318.43	410.51	41.05	58.95
0.315	397.66	808.17	80.82	19.18
0.160	160.84	969.01	96.901	3.09
0.080	23.70	992.71	99.27	0.73

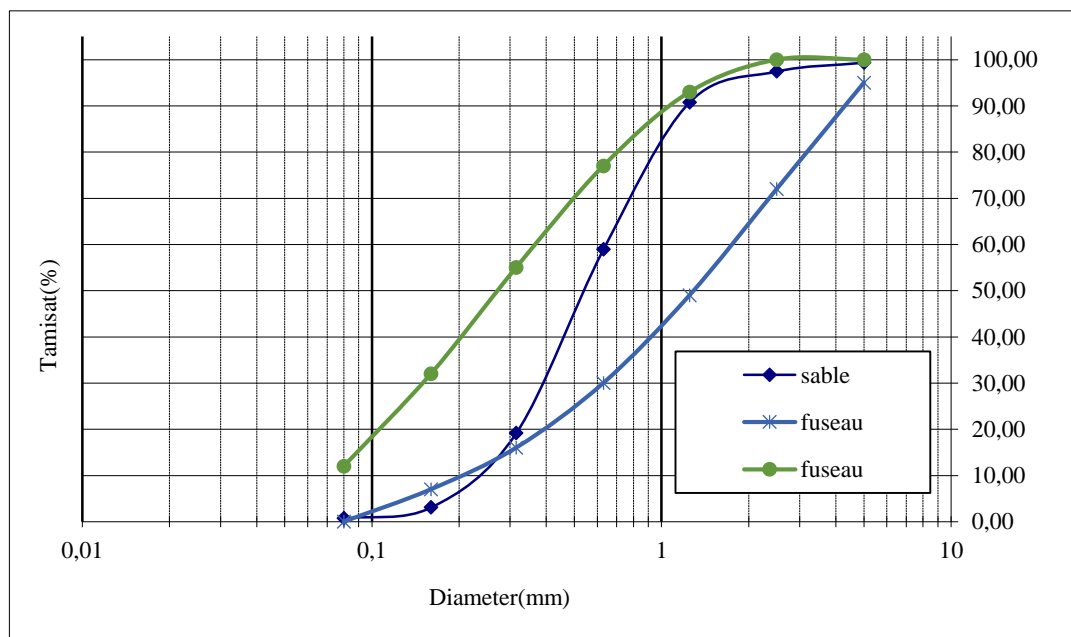


Figure II.5 : La courbe d'analyse granulométrique de sable après lavage

La courbe granulométrique de sable après lavage est dans les fuseaux recommander par Dreux pu dire ce sable est acceptable pour le béton normale.

**Tableau II.7 :** Caractéristiques de sable après lavage

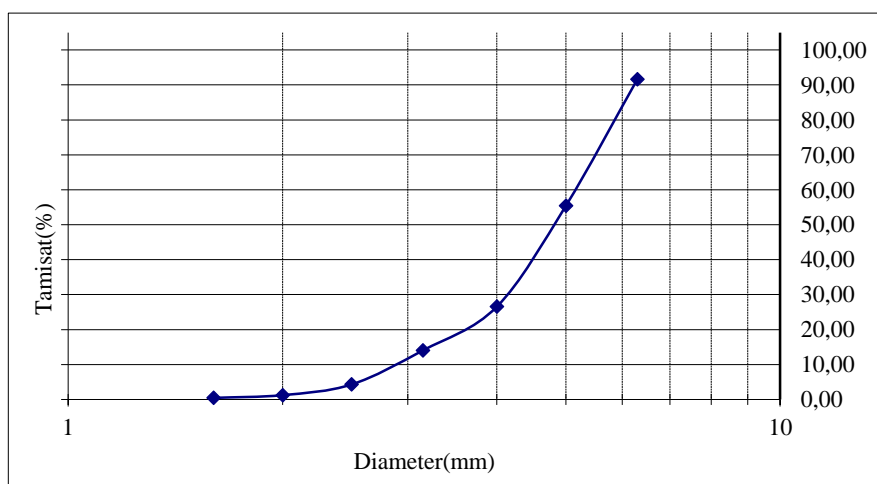
Caractéristiques	Résultat
La masse volumique apparente ( $\text{kg/m}^3$ )	1600
La masse volumique absolue ( $\text{kg/m}^3$ )	2500
Equivalent de sable %	90
Modules de finesse	2.4

## II.5. Le gravier après lavage :

### II.5.1. L'analyse granulométrique du gravier de classe 03/08 et 08/15 après lavage :

**Tableau II.8 :** Analyse granulométrique du gravier 03/08

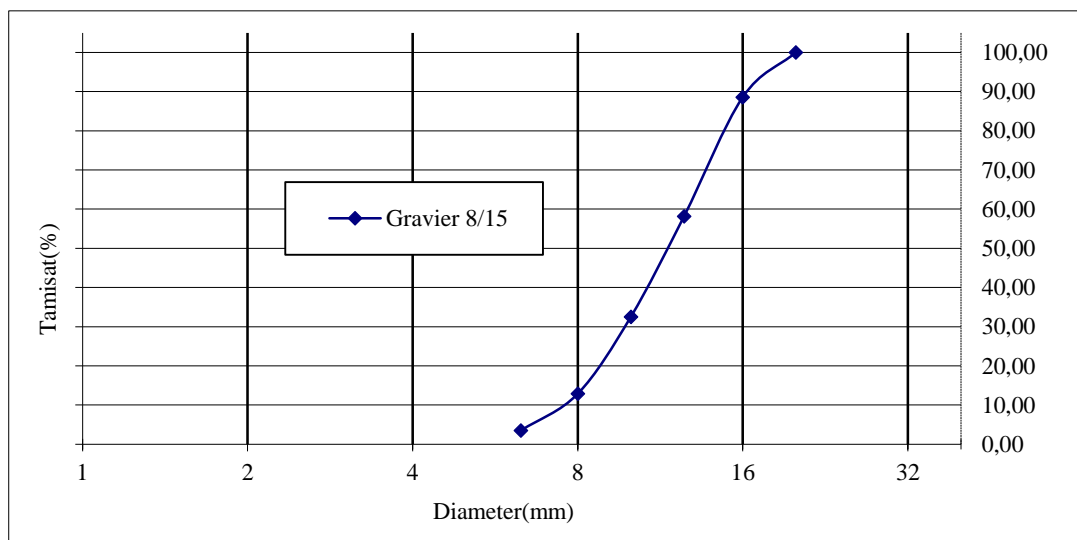
Tamis	Refus partiel	Refus cumulé	Refus cumulé(%)	Tamisât(%)
6.3	252.5	252.2	8.42	91.58
5	1086.1	1338.6	44.62	55.38
4	865.8	2204.4	73.48	26.52
3.15	375.2	2579.6	85.99	14.01
2.5	292.8	2872.4	95.75	4.25
2	91.7	2964.1	98.80	1.2
1.6	23.5	2987.6	99.59	0.41



**Figure II.6 :** La courbe d'analyse granulométrique de gravier 03/08 après lavage

**Tableau II.9** : Analyse granulométrique du gravier 08/15

Tamis	Refus partiel	Refus cumulé	Refus cumulé(%)	Tamisât(%)
20	0	0	/	/
16	457.3	457.3	11.43	88.57
12.5	1218.2	1675.5	41.89	58.11
10	1024.8	2700.3	67.5	32.5
8	785.7	3486	87.15	12.85
6.3	375.5	3861.5	96.53	3.47
5	106.2	3967.7	99.12	0.88



**Figure II.7** : La courbe d'analyse granulométrique de gravier 08/15 après lavage

### **II.5.2 La masse volumique absolue et apparent NF EN 12620 :**

La masse volumique absolue et apparente après lavage donnée par :

Gravier de classe 03/08 :

$$MV_{abs} = 2500 \text{ Kg/L}$$

$$Mv_{app} = 1200 \text{ Kg/L}$$

Gravier de classe 08/15 :

$$MV_{abs} = 2600 \text{ Kg/L}$$

$$MV_{app} = 1300 \text{ Kg/L}$$

### **II.6. Essai de los Angeles :**

Le but de l'essai :

Il s'agit de connaître l'étendue de résistance des matériaux graveleux à l'abrasion et à l'usure et sa capacité à résister aux chocs, et ainsi déterminer sa validité et la possibilité de son utilisation dans les ouvrages de béton et de construction.

#### **Outils expérimentaux :**

1-appareil de los Angeles

2-échelle haute sensibilité

3-la température du four varie entre 100 et 110 degrés Celsius

4-une série de tamis standard réguliers

#### **Etapas de l'essai :**

Avant de commencer l'essai de los Angeles l'expérience de gradient granulaire doit être menée sur l'échantillon étudié et les poids dans chaque tamis doivent être déterminés, en classant le gradient granulaire de l'échantillon étudié le nombre approprié de cycles que l'appareil los Angeles fera tourner est sélectionné et le nombre de pastilles minérales qui seront placées dans l'appareil est également déterminé les échantillons restants dans les tamis sont nettoyés et lavés à tamis sont nettoyés et lavés à l'eau courante jusqu'à ce qu'ils deviennent clairs, puis les échantillons sont placés dans un four à une température comprise entre 100 et 110 pendant une journée entière.

Le coefficient de los Angeles est donné par la relation :



$$A = (5000 - M) / 5000 \times 100$$



**Photo II.6:** Essai de los angeles



**Photo II.7:** Appareil de los angeles



**Photo II.8:** Fin de l'essai

- **GRAVIER 3/8 :**

$$M = 5000g$$

$$m = 3356.28g$$

$$M - m = 5000 - 3356.28 = 1643.72$$

$$A = 1643.72 / 50 = 33\%$$

- **GRAVIER 8/16 :**

$$M = 5000g$$

$$m = 3564.55g$$

$$M - m = 5000 - 3564.55 = 1435.45$$

$$A = 1435.45 / 50 = 29\%$$

Danc selon les classifications de l'essai Los Angeles le gravier de classe 03/08 est dans le domaine de l'utilisation du béton normal et le gravier de classe 08/15 pas dans le domaine de l'utilisation du béton normal.

## **II.7. Essai de micro Deval NF P 18-572:**

But et principe de l'essai :

L'essai micro-deval (MDE) permet de déterminer la résistance à l'usure d'un échantillon de granulat,

Quatre échantillon identiques de fraction 10/14 mm, sont soumis à un cycle d'usre en présence d'eau, par cotact avec des billes d'acier à l'intérieur d'un cylindre en rotation.

Le coefficient Micro-Deval obtenu est le pourcentage de l'échantillon initial passant au tamis de 1.6 mm après usure, plus le pourcentage d'usure est bas, plus l'échantillon est résistant à l'usure.

45% est la limite entre les sols durs et les sols friables.



**Photo II.9:** Eau de l'essai



**Photo II.10:** Billes de l'essai



**Photo II.11:** Essai de Micro-Deval

### **Mode opératoire :**

1-prise d'essai de 500g lavée et séchée

2-mise en place dans un tambour avec 5Kg de billes métalliques calibrées et 2.5 litres d'eau

3-appliquer une rotation de 12 000 tours au tambour à la vitesse de 100 tours/minute

4-retier alors la prise de l'essai, pour lavage au-dessus d'un tamis de 1.6mm

5-peser le refus (m) à ce tamis après séchage.

Le coefficient de Micro-Deval est donné par la relation :

$$A = (500 - M) / 500 \times 100$$

**GRAVIER 3/8 :**

$$M=500\text{g}$$

$$m=167.5\text{g}$$

$$M-m=500-167.5=332.5\text{g}$$

$$\text{MDE}=332.5/5=66.5\%$$

**GRAVIER 8/16 :**

$$M=500\text{g}$$

$$m=328.3\text{g}$$

$$M-m=500-328.3=171.7\text{g}$$

$$\text{MDE}=171.7/5=34.34\%$$

Danc selon les classifications de l'essai de Micro-Deval le gravier de classe 03/08 est dans le domaine de l'utilisation du béton normal mais le gravier de classe 08/15 est d'hors le domaine de l'utilisation du béton.

**II.8. Le ciment :**

Le ciment utilisé est un CPJ – CEM II/B 42.5 N en provenance de la cimenterie de Biskra, Les analyses physiques et mécaniques du ciment sont représenté sur la fiche technique à l'annexe6.

**II.9. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons pu étudier les propriétés physiques et mécaniques de matériaux on peut le dire des composants :

le sable utilisé est très bon sable avec des bonnes propriétés qui peuvent se résumer comme suit :  $M_f = 2.4$ ,  $E_{qv} = 90\%$ ,  $M_{Vabs} = 2500 \text{ Kg/L}$ ,  $M_{vapp} = 1600 \text{ Kg/L}$  .

Quant au gravier 03/08, il à de très bonnes propriétés en termes de résistance et de qualité et le gravier 08/15, il est plutôt faible, où on a montré par l'essai de los Angeles et Micro Deval dans lequel le gravier de classe 08/15 est faible résistance.

# **Chapitre III : Formulation de béton**

### **III.1. Introduction**

pour choisir des proportions de chacun des constituants d'un béton afin d'obtenir les propriétés mécaniques et de mise en œuvre, en fonction de l'environnement dans lequel sera mis en place le béton, sera plus ou moins difficile vis-à-vis de la quantité minimale de ciment à insérer dans la formule ainsi que la quantité d'eau maximum tolérée. De même, à chaque environnement donné, une résistance garantie à 28 jours sur éprouvettes sera exigée aux producteurs, pouvant justifier des dosages de ciments plus ou moins supérieurs à la recommandation de la norme [23].

Plusieurs méthodes de formulation de bétons existantes dans cette étude on a choisir la méthode le plus utilisant aux laboratoires (la méthode de Dreux –Gorisse).

### **III.2. La méthode de Dreux –Gorisse**

1-avant lavage :

#### **III.2.1. Les données préalables de béton :**

**Tableau III.1** : Les données de béton

Dmax	Fcm	Fce
15mm	28.75 MPA	42.5 MPA

**Fcm** : la résistance souhaite de béton moyen

**Fce** : la résistance moyenne du ciment à 28 jours

#### **III.2.2 La relation de « BOLOMY » :**

$$F_{cm} = G.F_{ce} \cdot \left(\frac{C}{E} - 0.5\right)$$

$$C/E = (F_{cm} / G.F_{ce}) + 0.5 = (28.75 / 0.55 \times 42.5) + 0.5 = 1.7$$

$$\text{Dosage de ciment} = 350 \text{ Kg}$$

$$E = 350/1.7 = 205.9 \text{ L}$$

$$E = 205.9 + 4\% = 214.14\text{L}$$

**214.14L** la quantité d'eau théorique nécessaire pour  $1m^3$

**III.2.3. Courbe de référence (O, A, B) :**

O :( 0; 0); B :( 100%; Dmax)

A: (X= Dmax/ 2 = 15/2 = 7.5 ; Y= 50 -  $\sqrt{D}$  + K + Ks + Kp

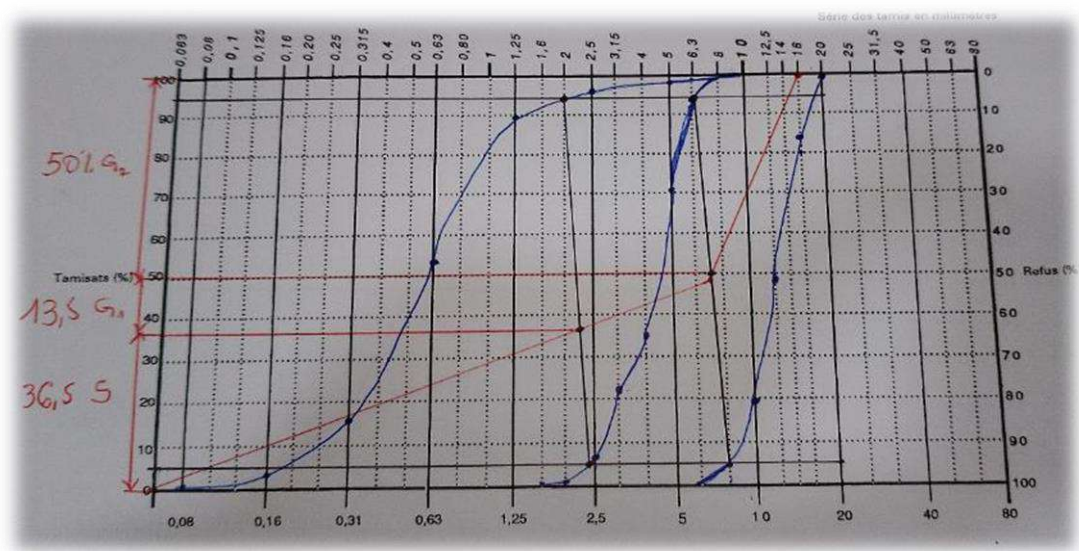
K = 2 d'après le tableau de (Dreux-Goriss)

Ks = 6 x Mf – 15 = 6 x 2.4 – 15 = 0

Kp=0

Y = 50 -  $\sqrt{15}$  + 2 = 48.12

Après avoir obtenu les coordonnées des points O ; A ; B on trace la courbe de référence et extrayons les proportions des composants (sable et gravier 03/08 ; gravier 08/15) nécessaires pour 1m<sup>3</sup>



**Figure III.1 : La méthode Dreux-Goriss Avant lavage**

D'après la figure III.1 on peut déterminer les pourcentages des granulats suivant :

**Tableau III.2 : Les pourcentages des granulats**

Sable	36.5%
Gravier G1 (03/08)	13.5%
Gravier G2 (08/15)	50%

$$(\text{Coefficient de compacité}) = V_s/V_t = V_s+V_{G1}+V_{G2}+V_c/1000$$

$\gamma = 0.819$  d'après le tableau de (Dreux-Goriss)

$$V_s+V_{G1}+V_{G2}+V_c = 819\text{L}$$

La masse volumique de ciment = 3.1 Kg/l

Dosage de ciment = 350 Kg

$$M_{Vc} = M_c/V_c$$

$$V_c = M_c / M_{Vc} = 350 / 3.1 = 112.9 \text{ L}$$

$$V_s + V_{G1} + V_{G2} = (819 - 112.9) = 706.1 \text{ L}$$

Sable :

$$706.1 \text{ L} \rightarrow 100\%$$

$$S \text{ L} \rightarrow 36.5\%$$

$$\text{Sable} = 257.73 \text{ L}$$

$$\text{Gravier } 03/08 = 95.32 \text{ L}$$

$$\text{Gravier } 08/15 = 353.05 \text{ L}$$

Donc dans  $1\text{m}^3$  (*volumique*)

**Tableau III.3 :** Les volumes de composant pour  $1\text{m}^3$  (*compositions volumique*)

sable	257.73 L
Gravier 3/8	95.32 L
Gravier 8/15	353.05 L
ciment	112.9 L
Eau	214.14L

Les masses volumiques absolue sont déterminer donc en put calculer la masse des compositions de béton pour  $1 \text{ m}^3$  de béton :

La masse de composants de béton sont :

### Chapitre III : Formulation de béton

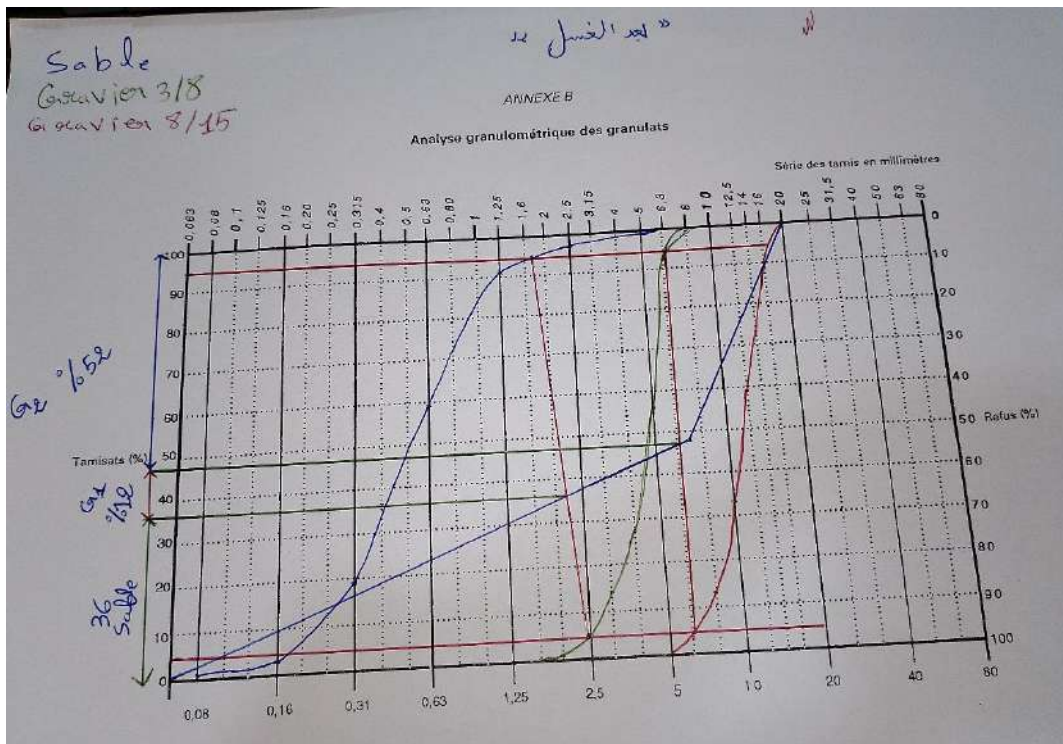
$$S = 257.73 \text{ L} \times 2.6 \text{ Kg/L} = 670.09 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravier } 03/08 = 95.32 \text{ L} \times 2.4 \text{ Kg/L} = 228.77 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravier } 08/15 = 353.05 \text{ L} \times 2.3 \text{ Kg/L} = 812.02 \text{ Kg}$$

$$C = 112.9 \text{ L} \times 3.1 \text{ Kg/L} = 350 \text{ Kg}$$

En peu fait les mêmes étapes mais après lavage de gravier et on a tracé la courbe de Dreux Gorisse :



**Figur III.2 : La méthode Dreux-Gorisse après lavage**

D'après la figure III.2 et en suivant les étapes de la méthode de Dreux-Gorisse les pourcentages de granulat sont :

$$\text{Sable} = 36\%$$

$$\text{Gravier } 03/08 = 12\%$$

$$\text{Gravier } 08/15 = 52\%$$

Donc dans  $1\text{m}^3$  (volumique)

$$S = 257.73 \text{ L} ; G1 = 95.32 \text{ L} ; G2 = 353.05 \text{ L} ; C = 112.9 \text{ L}$$



### **Chapitre III : Formulation de béton**

---

D'après la connaissance de la masse volumique Absolu des matériaux nous trouvons :

La masse de composants pour  $1m^3$ :

$$S = 254.20 \text{ L} \times 2.5 \text{ Kg/L} = 635.5 \text{ Kg}$$

$$G1 = 84.73 \text{ L} \times 2.5 \text{ Kg/L} = 211.83 \text{ Kg}$$

$$G2 = 367.17 \text{ L} \times 2.6 \text{ Kg/L} = 954.64 \text{ Kg}$$

$$C = 112.9 \text{ L} \times 3.1 \text{ Kg/L} = 350 \text{ Kg}$$

La formulation de béton pour  $1m^3$  de la société (S.M.C.O) le béton sans adjuvant et sans Gravier 15/25 est :

$$S = 645 \text{ Kg}$$

$$G1 = 396 \text{ Kg}$$

$$G2 = 746 \text{ Kg}$$

$$C = 350 \text{ Kg}$$

La formulation de béton pour  $1m^3$  de la société (S.M.C.O) le béton avec l'adjuvant et Gravier 15/25 est :

$$S = 687 \text{ Kg}$$

$$G1 = 224 \text{ Kg}$$

$$G2 = 522 \text{ Kg}$$

$$G3 = 427 \text{ Kg}$$

$$C = 350 \text{ Kg}$$

Adjuvant égale 1% de la masse de ciment = 3.5 L

#### **III. 3. Les étapes de préparation des éprouvettes :**

Pour le malaxage nous avons utilisé une bétonnière de capacité 30L et des moules de dimensions (10x10x40) cm et (7x7x28) cm et (10x10x10) cm



**Photo III.1 : Malaxeur de Béton 30litre**

Les quantités nécessaire pour 30 L est :

$$S = 19 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravier}03/08 = 6.35 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravier}08/15 = 28.6 \text{ Kg}$$

$$C = 10.5 \text{ Kg}$$

Pour protéger la bétonnière on a utilisant la moite de la quantité :

$$S = 9.5 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravier } 03/08 = 3.17 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravier } 08/15 = 14.3 \text{ Kg}$$

$$C = 5.25 \text{ Kg}$$

Pour la quantité d'eau E nous avons utilisé le cône d'Abrams à partir de  $E/C = 0.4 - 0.54$

$$E = 0.4 \times 10.5 = 4.2 \text{ L}$$

$$E = 0.42 \times 10.5 = 4.41 \text{ L}$$

$$E = 0.44 \times 10.5 = 4.62 \text{ L}$$

### Chapitre III : Formulation de béton

$$E = 0.46 \times 10.5 = 4.83 \text{ L}$$

$$E = 0.48 \times 10.5 = 5.04 \text{ L}$$

$$E = 0.50 \times 10.5 = 5.25 \text{ L}$$

$$E = 0.52 \times 10.5 = 5.46 \text{ L}$$

$$E = 0.54 \times 10.5 = 5.67 \text{ L}$$

$E = 5.67 \text{ L}$  c'est la quantité d'eau nécessaire pour préparer les éprouvettes pour la quantité de 30 Donc pour quantité 15L  $E = 2.835 \text{ L}$ .



**Photo III.2 :** L'essai de l'ouvrabilité au Cône d'Abrames

Après avoir déterminé la quantité d'eau optimale et la préparation des moules et grésages par l'huile, ensuit on a fit le coulage de béton.



**Photo III.3 :** Les moules



**Photo III.4 :** Préparation des moules

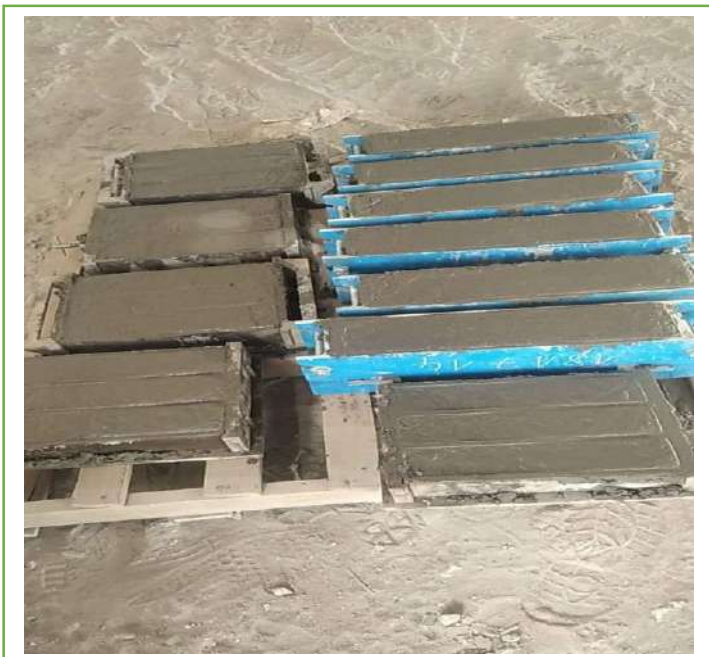




**Photo III.5 : Fabrication des éprouvettes**



**Photo III.6: Eprouvette après coulage**



**Photo III.7 : Eprouvette après collage de béton**



**Photo III.8 : Eprouvette**

Après le démoulage des éprouvettes on a conservés dans trois milieux proposé :

Premier milieu : à l'air libre

Deuxième milieu : à l'eau potable de la société S.M.C.O (filtré)

Troisième milieu : à l'eau de la nappe phréatique

#### **III.4. Conclusion**

Dans cette partie expérimentale on a déterminé la formulation de béton avant lavage et une formule idéale pour le béton après lavage (sable : 635.5Kg ; gravier03/08 : 211.83Kg ; gravier08/25 : 954.64Kg ; Ciment : 350Kg) de granulats et les formulations accordées par la société SMCO avec les adjuvants et gravier 15/25 et l'autre sans adjuvant et autre formule sans gravier 15/25 sont prises comme témoins pour la comparaison avec les formulations proposées. En effet nous avons proposé trois modes de conservation à l'air libre, l'eau potable enfin l'eau de la nappe phréatique avant les essais physico-mécaniques à 7, 14 et 28 jours effectués sur les éprouvettes à l'état durci.

## **Chapitre IV : Résultats et interprétations**

### **IV.1. Introduction :**

Les propriétés mécaniques et physiques du béton sont parmi les propriétés les plus importantes qui le distinguent de nombreux matériaux dans cette étude, nous avons effectué des essais physiques et mécaniques sur des éprouvettes avec des dimensionnements différentes prismatique : (10x10x40) cm (7x7x28) cm et cubique de (10x10x10) cm

Les essais exécutés pendant 7,14 et 28 jours

- ✓ Les essais mécaniques que sont réalisés sont :
  - -la résistance à la traction par flexion
  - -Résistance à la compression
- ✓ Les Essais physiques :
  - La vitesse de propagation des sons
  - 2-absorption de l'eau
  - 3-la masse volumique

### **IV.2-Résistance à la traction par flexion :**

L'essai est effectué pour déterminer la résistance à la flexion qui est une mesure de la résistance à la traction indirecte et est appelée critère de rupture par flexion.

#### **Appareils utilisés :**

- appareil de traction
- éprouvettes prismatiques dimensions (10x10x40) cm

#### **Principe de fonctionnement :**

L'essai selon les normes (NF P 15-471) fait sur des éprouvettes prismatiques il a une section carrée 10x10 cm et longueur 40 cm, cette essai est réalisée par appareil de traction est équipée quatre accoudoirs deux en haut distance entre eux 10cm, la distance entre chaque référence et le centre de l'éprouvettes 5cm et deux vers le bas de l'éprouvettes distance entre eux 30cm, après cela nous allumons le appareil on lit la force appliquée.

La résistance en flexion est donnée par l'équation suivante :

$$f_{cf} = \frac{F.L}{D_1.D_2^2}$$

Où :

$f_{cf}$  : est la résistance en flexion, en mégapascals (newtons par millimètre carré)

F : est la charge maximale, en newtons

L : est l'écartement entre les rouleaux d'appui, en millimètres (300mm)

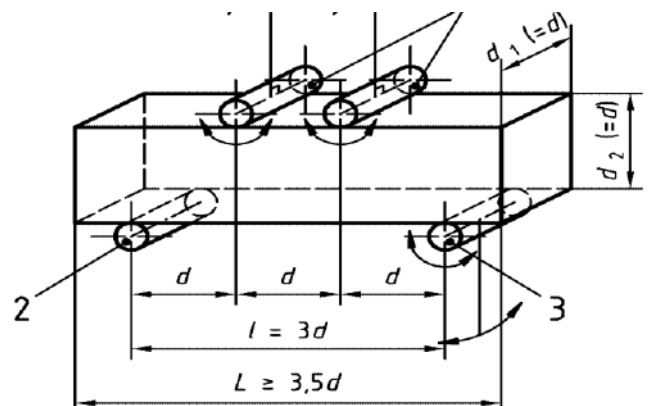
D1 et D2 : sont les dimensions latérales de l'éprouvette en millimètres ( $100^3$ )

(Voir Figure 1). Exprimer la résistance en flexion au 0,1 MPa (N/mm<sup>2</sup>) le plus voisin

Les résultats de l'essai sont présentés par la courbe suivante :



**Photo (IV.1) :** L'appareil de traction et compressions



**Figure (IV.1) :** Principe de l'essai traction par flexion



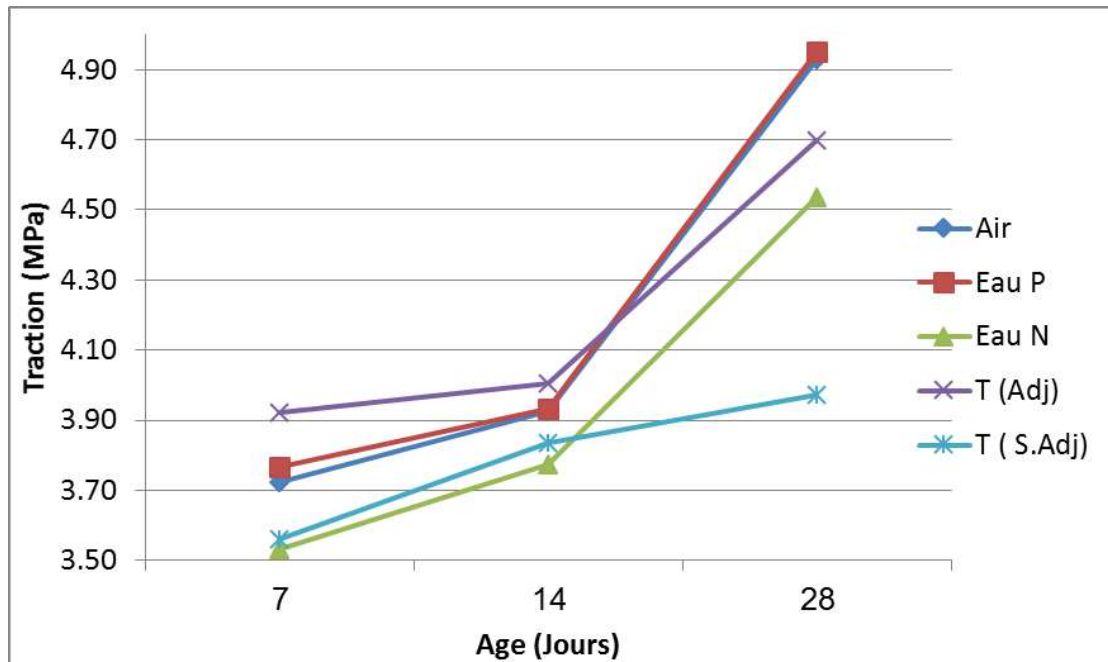


Figure. (IV.2) : Résultats de traction par flexion

D'après les résultats de résistance de traction présentée au figure (IV.2) on a remarquerons à 7 jours le béton T(ADJ) (béton témoin avec adjuvants) prend la valeur de résistance de 3.95MPa est la plus élevée par rapport à toutes les autre bétons, et à 14 jours on remarque une augmentation proportionnelle pour toutes les autres courbes et le béton de(ADJ) rester la plus élevée de 4 MPa, et la résistance à traction de Air et Eau P ils prennent les même valeurs de 3.92 MPa.

Et à 28 jours on remarque un légèrement croissance de T(ADJ) de 4.7 MPa par rappot à la résistance de béton (Eau P) et Air de valeur de 4.93MPa et 4.91 MPa successivement.

Donc il y a une amélioration de 10% de la résistance de béton (Eau P) proposé par rapport au béton de la société avec adjuvants(ADJ) et de 20% par rapport au béton sans adjuvants(S ADJ).

**VI.3-Résistance à la compression :**

**Le but de l'essai :**

Connaitre la tolérance du matériau supporte les forces de compression qui lui sont appliquées.

**Appareils utilisés :**

- appareil de compression
- éprouvettes rectangulaires dimensions (10x10x40)

**Principe de fonctionnement :**

L'essai de compression est réalisé après l'essai de traction par flexion qui divise l'éprouvette d'essai en deux parties selon la norme NF P 18\_406 ou l'on prend l'éprouvette obtenu à partir de l'essai de traction par flexion et on le place entre deux pièces métalliques de dimensions (10x10) cm

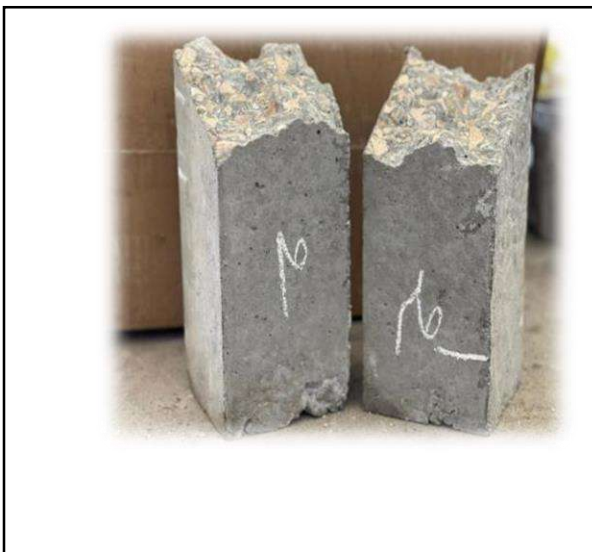
La résistance à la compression est donnée par l'équation suivante :

$$\sigma_c = \frac{F}{S}$$

$\sigma$ : contrainte de compression (MPa)

F : force d'écrasement sous compression

S : coupe transversale (S=10x10)



**Photo(IV.2) :** Eprouvette après essai traction



**Photo(IV.3) :** Eprouvette après essai compression

Les résultats de l'essai sont présentés par la courbe suivante :

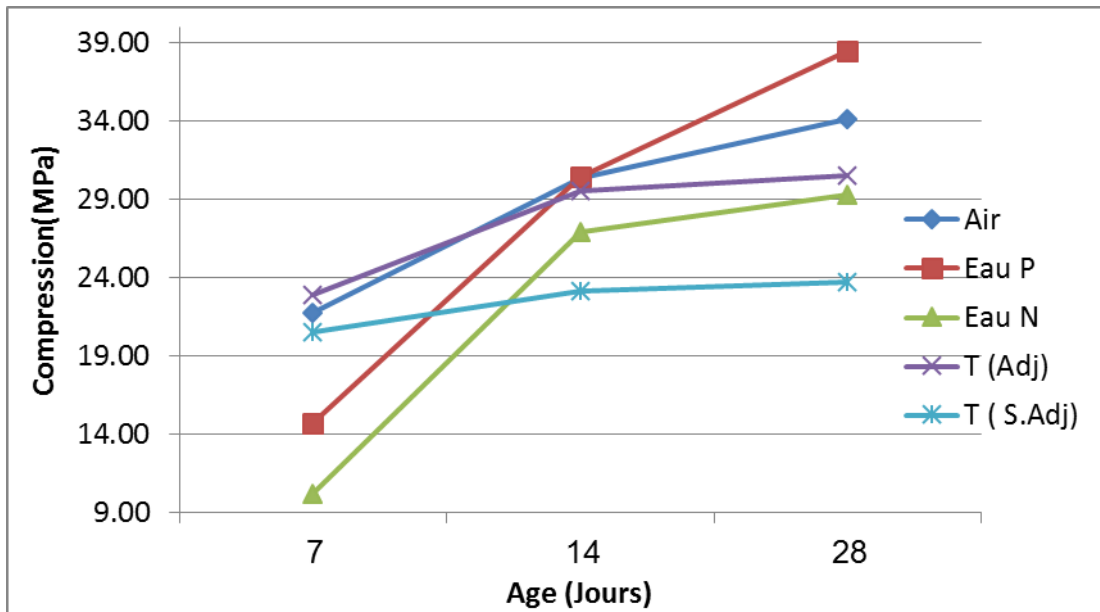


Figure. (IV.3): Résultats de compression

D'après les résultats de résistance de compression présentée au figure (IV.2) on a remarquerons à 7 jours le béton T(ADJ) (béton témoin avec adjuvants) prend la valeur de résistance de 23 MPa est la plus élevée par rapport à toutes les autres bétons, et à 14 jours on remarque une augmentation proportionnelle pour toutes les autres courbes et le béton de (Eau P) prend la valeur la plus élevée de 31 MPa, et la résistance de compression de (Air) et (Eau P) et T(ADJ) ils prennent les valeurs de 32, 31 et 30 MPa.

Et à 28 jours on remarque une croissance de Eau P de 38 MPa par rapport à la résistance de béton (Air) et T(ADJ) de valeur de 34 MPa et 31 MPa successivement.

Donc il y a une amélioration de 26% de la résistance de béton (Eau P) proposer par rapport au béton de la société avec adjuvants(ADJ) et de 58% par rapport au béton de la société sans adjuvants(S ADJ).

**IV.4- Vitesse de propagation des ultrasons :**

**Le but de l'essai :** déterminer la vitesse de l'onde se déplaçant entre deux points spécifiés.

**Appareils utilisés :**

- appareil d'ULTRASON
- éprouvettes rectangulaires dimensions (7x7x28) cm

**Principe de fonctionnement :**

L'essai est mené sur des éprouvettes de dimensions (7x7x28) cm selon la méthode de mesure transmission directe parce que c'est la meilleure méthode en termes de résultats précis, pour faciliter le processus de transition nous avons utilisé de la pâte de contact (vaseline).

La vitesse est calculée selon l'équation suivante :

$$V = \frac{D}{T}$$

V : la vitesse de propagation des ondes ultrasonores (m/s)

D : longueur du chemin sur l'éprouvette (m)

T : le temps de propagation des ondes entre les deux points



**Photo (IV.4):** Appareil de ultrason



**Photo (IV.5):** Essai de ultrason

Les résultats de l'essai sont présentés par la courbe suivante :

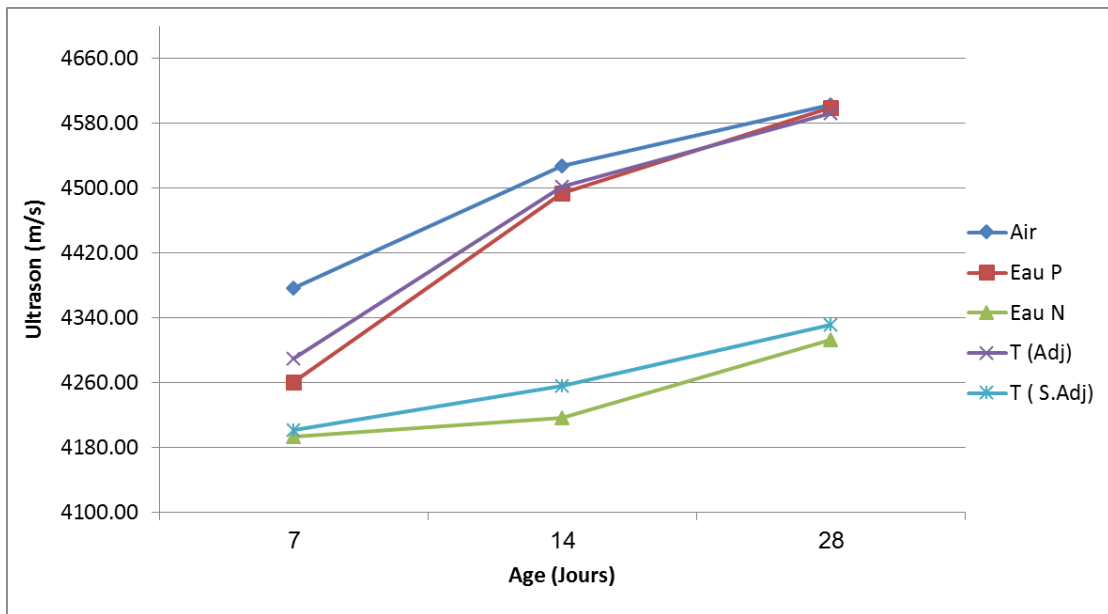


Figure. (IV.4) : Résultats d'ultrason

D'après les courbes de la vitesse des ondes soniques présentées à la figure (IV.4), on a remarqué que tous les types de béton sont excellents et de valeur supérieure à 4000 m/s et que les bétons (Eau P, Air, T (Adj.)) sont à 28 jours presque égaux à 4600 m/s.

La qualité du béton est connue par la classification suivante :

Vitesse > 4000 (m/s) très bon à excellent

Vitesse entre (3500 ; 3300) le béton a des maladies et des tests de dépistage doivent être effectués

Vitesse < 3000 il y a une faiblesse dans le béton et une perte d'intégrité.

#### IV.5 La masse volumique :

La masse volumique du béton est déterminée par pesage des éprouvettes dimensionnels (10x10x40) il est donné par la formule suivante:

$$\delta = M/V$$

: la masse volumique ( $Kg/M^3$ )

**M**: la masse (Kg)

**V**: le volume ( $m^3$ )

Les résultats de l'essai sont présentés par la courbe suivante :

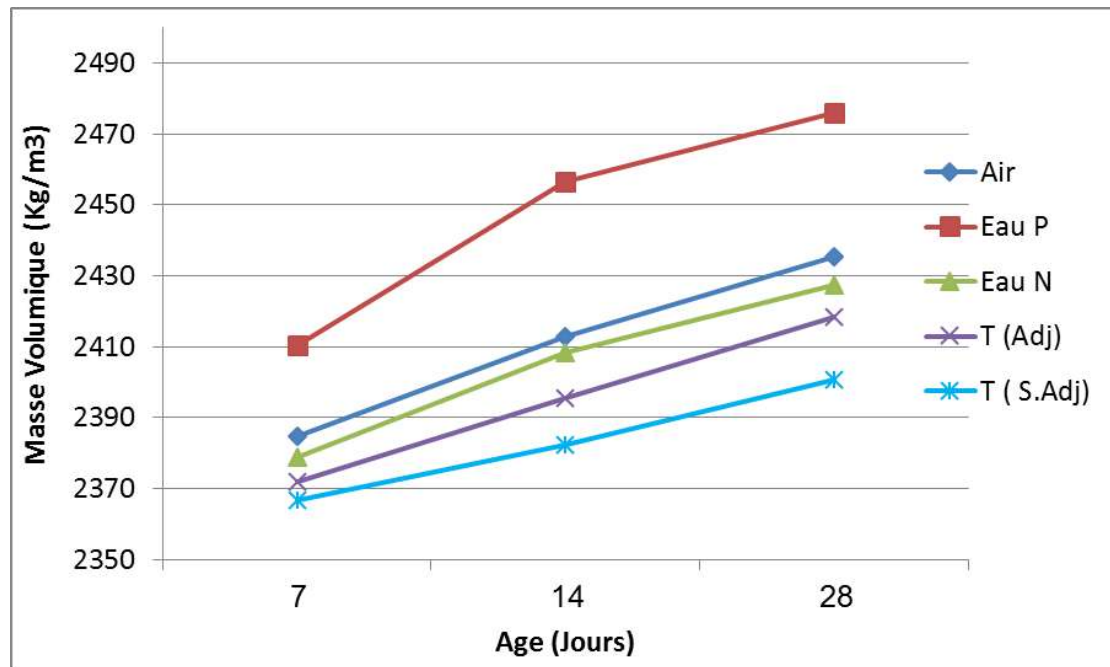


Figure. (IV.5) : Résultats de la masse volumique

D'après les courbes on a notées à toutes les périodes de temps que la masse volumique est augmentant à chaque période qui passe entre 2360- 2480 ( $Kg/m^3$ )

Peut dire que la masse volumique est acceptable pour toutes les éprouvettes et dans la marge de béton normal recommandé par la norme en vigueur

**IV.6- L'absorption de l'eau**

**Le but de l'essai :**

Détermination du taux d'absorption d'eau de l'éprouvette.

**Appareils utilisés :**

- éprouvettes cubique de dimensions (10x10)
- un bac d'eau

**Principe de fonctionnement :**

L'essai est menée sur des éprouvettes de dimensions (10x10x10) cm, nous pesons les éprouvettes pendant qu'ils sont secs (M1) puis mettez-le dans l'eau pendant 24 heures à peser à nouveau (M2) nous déterminons l'absorption d'eau selon l'équation suivante :

$$W\% = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100$$



**Photo (IV.6) : Essai l'absorption de d'eau d'eau**

Les résultats de l'essai sont présentés par la courbe suivante :

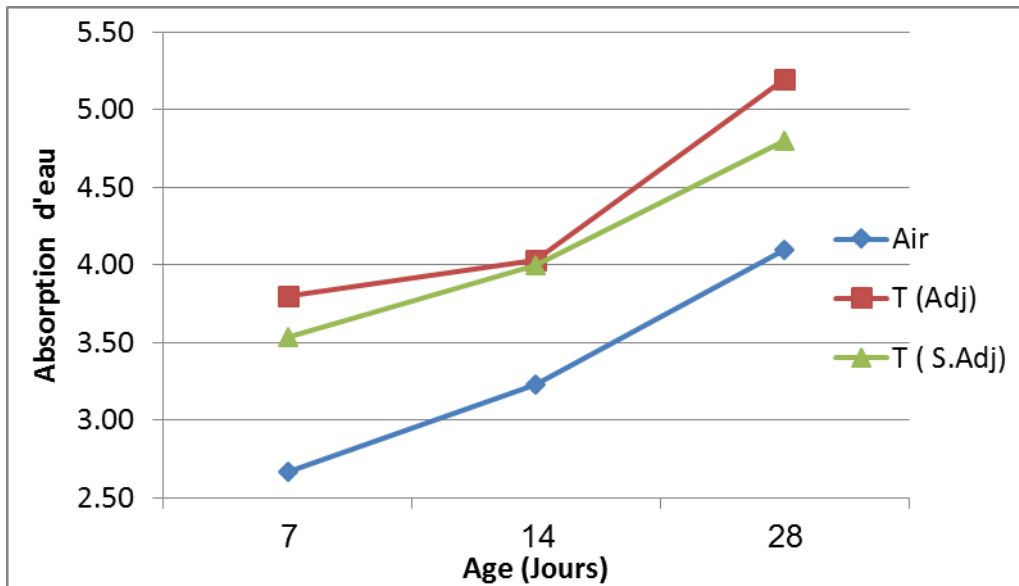


Figure. (IV.6) : Résultats d'absorption d'eau

D'après les résultats présents à la figure IV.6 et à 28 jours le taux d'absorption d'eau est entre (4 - 5 %) pour tous les types de béton soit pour la société ou les bétons proposer.

#### IV.7. Conclusion

Notre formulation constitué de (36% sable + 08/03 gravier lavé 12% + 08/15 lavé 52% ciment et eau) est donné des résultats de résistance mécanique supérieurs de 50 % par rapport au témoin : le béton de la société soit avec les adjuvants ou sans adjuvants.

Les résultats des éprouvettes de béton où conserver dans l'eau potable, est donné les résultats à 28 jours comme suit :

Résistance à la traction par flexion = 5 MPa.

Résistance à la compression = 39 MPa.

Masse volumique = 2435 Kg/m<sup>3</sup>.

Vitesse de propagation des ultrasons = 4603 m/s.

Taux d'absorption d'eau = 4,10 %.



## Conclusion Générale

L'objectif principal de cette étude est d'atteindre une plus grande résistance à la compression en améliorant les propriétés physiques et mécaniques des composants (granulats) par lavage de gravier utilisant par la Société (S.M.C.O).

Nous avons divisé cette étude en deux parties :

Partie théorique : un aperçu globale sur le béton, ses composants et déferlants types existant, en plus d'un détail sur le central à béton.

La partie expérimentale : Elle se compose de deux parties : La première partie est consacrée à la présentation des caractéristiques générales des matériaux utilisés qui sont :

Le sable utilisé est du sable de construction agréé par la Société (S.M.C.O) et se caractérise par :

- 1- module de finesse de 2,4
2. Équivalent sable de 90 %

Le gravier utilisé 08/15 et le 03/08 de la carrière de Hassi Messaoud qui est agréée par la Société (S.M.C.O).

Le ciment utilisé est (MATINE NA 442-CIM II/B-42.5)

L'eau utilisée est l'eau potable de la Société

Quant à la deuxième section, elle a été consacrée à l'étude d'un ensemble des essais menés sur les éprouvettes de béton.

Notre formulation constitué de (36% sable + 08/03 gravier lavé 12% + 08/15 lavé 52% ciment et eau) ont donné des résultats de résistance mécanique supérieurs de 50 % para pour au témoin : le béton de la société soit avec les adjuvants ou sans adjuvants.

Les résultats des éprouvettes de béton où conserver dans l'eau potable, est donné les résultats à 28 jours comme suit :

Résistance à la traction par flexion = 5 MPa

Résistance à la compression = 39 MPa

Masse volumique = 2435 Kg/m<sup>3</sup>

Vitesse de propagation des ultrasons = 4603 m/s

Taux d'absorption d'eau = 4,10 %.

## Références

- [1] Gilles Chanvillard. Concepts avancés de formulation des bétons basés sur la science des matériaux, Article de doctorat.
- [2] John Wiley and Sons, Taylor F, Thompson S, 1912. A treatise on concrete plain and reinforced, New York.
- [3] Feret R. la compacité des mortiers hydrauliques, Annales des Ponts et Chaussées, Série 7, vol. 4, 1893, pp. 5-164.
- [4] Andreasen A.H.M., Andersen J. Uber die beziehung zwischen kornabstufung und zwichenraum in produkten aus losen kornern, Kolloid Z. 50, 1930, p.217-228 .
- [5] Dinger D.R., Funk J.E.:Particle Packing – II .Review of packing of polydisperse particle systems, Interceram, 41, 1992, p.95-97.
- [6] John Wiley and Sons, Powers T.-C 1968. The properties of fresh concret, New York
- [7] Baron J, Lesage R. Décembre 1976. La composition du béton hydraulique, du laboratoire au chantier, Rapport de recherche des laboratoires des Ponts et Chaussées 64.
- [8] Sidi Mohammed El Amine BOUKLI HACENE.la contribution a l'étude de la résistance caractéristique des bétons de la région de Tlemcen. Thèse de doctorat
- [9] Granulats- Définitions, conformité, spécifications ,indice de classement P 18-540.
- [10] petrov.n avril 2003 .effets combinés de différents facteurs sur l'expansion des bétons causée par la formation différée de l'étringite, Thèse de doctorat à l'Université Sherbrooke Canada.
- [11] Baron.J et Sauterey.R, 1982 .Le béton hydraulique Connaissances et Pratique, Presses de l'école des ponts et chaussées, sous la direction de Jacques Baron et Raymond Sauterey
- [12] Chanvillard. G, 1999. Connaissances générale sur le matériau béton, Ed. Aléas
- [13] CIM béton, 2000. Construire avec les bétons, Ed du Moniteur.
- [14] Dreux.G et Festa.J.1998. Nouveaux guide du béton et de ces constituants,
- [15] BaCaRa Projet Français, 1996.Le béton compacté au rouleau, Presses de l'Ecole-, Nationale des Ponts et Chaussées, Ed.Eyrolles France.
- [16] Aitcin .P.C, 2001 Ed. Eyrolles. Bétons haute performance.
- [17] Bresson.J,1980. Prévission des résistances, facteur de maturité, temps équivalent,Journée d'étude ITBTP du 15 novembre 1979 ;durcissement accéléré des bétons,Paris ,AnnInst.Tech. Batim.Trav.publics, 1980,387, 106-111.
- [18] Poitrat.E ,2004: Biocarburants, Techniques de l'Ingénieur, traité Génie énergétique, BE 8550.
- [19] Cormon.P 1973. Bétons légers d'aujourd'hui, Ed. Eyrolles,Paris.
- [20] CIM béton ,2000.Le ciment et ses applications, Fiches techniques.
- [21] Richard et Cheyrezy.M 1995.Les bétons de poudres réactives, Annales ITBTP. Série béton 320
- [22] Dupain.R, Lanchon.R et Saint-Arroman.J.C, 1995.Granulats, sols, ciments et bétons, Ed Educativre, 276p Paris.
- [23] De Larrard 2000. Structures granulaires et formulation des bétons, traduit de l'anglais par LECOMTE A, études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées, Paris, 414 p.
- [24] Dupain, 2000, Lanchon,Saint-Arroman.
- [25] DE LARRARD F, BELLOC A (1999). L'influence du granulats sur la résistance à la compression des bétons. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, N°219, Janvier Février, pp.41-52.
- [26] BOUTIBA Aldjia. Accélération du durcissement par énergies renouvelables du béton frais et caractérisation du béton durci. Mémoire de magister.

## Normes

- XPP 18-540: AFNOR Les granulats, spécifications, Définitions, konformste, 01 XPP 18-540 ;10/1997
  - INF EN 197-1: AFNOR,Partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants ; 05/02/2001
  - EN 196-1, Partie 1: Determination des résistances mécaniques, ciment 20/08/1995
  - NF EN 1008 eau d gâchage :Spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux des processus de l'industrie du béton,telle que l'eau de gâchage pour béton, 05/07/2003
  - NF EN 206-1 : béton léger Partie 1: Spécification, performances, production et conformité, 05/02/2002.
  - NF P 18-560 L'analyse granulométrique : Analyse granulométrique par tamisage, 09/1990
  - NF P 18 304 module de finesse
  - NF P 94-061 La masse volumique absolue et apparente :détermination de la masse volumique d'un matériau en place Partie 1: Méthode au gammadensimètre à pointe (à transmission directe, 05/10/1996
  - NF P 18-597 Equivalent de sable : Détermination de la propreté des sables : équivalent de sable à 10 % de fines
- 
- NF P18-541 Critères de qualification des granulats naturels pour béton hydraulique
  - NF EN 12620 granulats pour béton
  - NFP18-555 Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables
  - NF P 18-451 12/19811'essai d'affaissement Essai d'affaissement
  - NF P 18-422. Mise en place par aiguille vibrante
  - NF P 18-404. Essais d'étude, de convenance et de contrôle; Confection et conservation des éprouvettes
  - NF EN 12390-4 Partie 4: Résistance en compression—Caractéristiques des machines d'essai

## ANNEXES

### Annex1 : Exigences mécaniques définies en termes de valeur caractéristiques

Classe de résistance	Résistance à la compression (MPa)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	2 jours	7 jours	28 jours	
32,5 N	—	$\geq 16,0$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
32,5 R	$\geq 10,0$	—		
42,5 N	$\geq 10,0$	—	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
42,5 R	$\geq 20,0$	—		
52,5 N	$\geq 20,0$	—	$\geq 52,5$	—
52,5 R	$\geq 30,0$	—		

### Annexe 2 : Valeurs approximatives du coefficient granulaire

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	$D \leq 16\text{mm}$	$25 \leq D \leq 40\text{mm}$	$D \geq 63\text{mm}$
Excellente	0.55	0.60	0.65
Bonne, courante	0.45	0.50	0.55
Passable	0.35	0.40	0.45

**Annexe3:** Valeur du terme correcteur  $K$  [Dreux et Festa, 1998]

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

**Annexe 4 :** ( ) Coefficient de compacité du béton

Consistance	Serrage	Compacité ( $C_0$ )						
		Dmax=5	Dmax=8	Dmax=12.5	Dmax=20	Dmax=31.5	Dmax=50	Dmax=80
Molle (TP-FI)	Piquage	0.750	0.780	0.795	0.805	0.810	0.815	0.820
	Vibration faible	0.755	0.785	0.800	0.810	0.815	0.820	0.825
	Vibration normale	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
Plastique (P)	Piquage	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
	Vibration faible	0.765	0.795	0.810	0.820	0.825	0.830	0.835
	Vibration normale	0.770	0.800	0.815	0.825	0.830	0.835	0.840
	Vibration puissante	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
Ferme (F)	Vibration faible	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
	Vibration normale	0.780	0.810	0.825	0.835	0.840	0.845	0.850
	Vibration puissante	0.785	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855

**Annexe 5** : Les valeurs d'équivalent de sable d'après F. GORISSE. F. « Essais et contrôle des bétons » P200 édition Eyrolles1978.

ES à vue	ES au piston	Nature et qualité du sable
ES <65	ES <60	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité.
65 ≤ ES <75	60 ≤ ES <70	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour béton de qualité courante et on ne craint pas particulièrement le retrait.
75 ≤ ES <85	70 ≤ ES <80	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES ≥ 85	ES ≥ 80	Sable très propre : l'absence presque totale de fines argileuses, risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

**Annexe 6** : Le ciment utilisé est un CPJ – CEM II/B 42.5 en provenance de la cimenterie de M'sila

**MATINE**  
Ciment pour béton exigeant  
CEM II/B 42,5 N NA 442



## FICHE TECHNIQUE

Réf : DC/FT MT. v03

### Analyses et caractérisation

#### Analyses chimiques

Perte au feu (%), (NA 5042):	7,50 – 12,00
Résidus insolubles (%), (NA 5042):	0,7 – 2,00
Teneur en sulfates SO <sub>3</sub> (%), (NA 5042):	2,00 – 2,70
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%):	1,00 – 2,20
Teneur en chlorures (%), (NA 5042):	0,01 – 0,05
Teneur équivalent en alcalis (%):	0,3 – 0,75

#### Composition hypothétique du clinker (Bogue)

Silicates tricalciques C <sub>3</sub> S (%):	58 - 64
Silicates bicalciques C <sub>2</sub> S (%):	12 - 18
Aluminates tricalciques C <sub>3</sub> A (%):	6,00 – 8,00
Aluminoferrites tetracalciques C <sub>4</sub> AF (%):	10,00 – 12,00

#### Propriétés physiques

Consistance normale de la pâte de ciment (%):	25 – 28,50
Finesse suivant la méthode de Blaine (NA 231):	4150 – 5250
Retrait à 28 jours en µm/m:	<1 000
Expansion en mm:	0,3 – 2,5

#### Temps de prise à 20°C (NA 230)

Début de prise (min):	140 - 195
Fin de prise (min):	195 - 290

#### Résistance à la compression (NA 234)

02 jours (MPa):	≥ 10,0
28 jours (MPa):	≥ 42,5

Algerian Cement Company (SPA)

Hamtram - Datas, M'sila (ACC)  
Tel: +213.35.80.78.20  
Fax: +213.35.55.70.35

Direction générale

33, Rue des Pins, Hydra, Alger  
Tel: +213 (0) 21 43 16 65  
Fax: +213 (0) 21 46 10 71

Client Blanc Algérie (SPA)

Ligne Oggar (CEA)  
BP 57, 20360, Mascara  
Tél. / Fax: +213 (0) 40 04 65 85





**ESSAI POUR BETON DURCI RESISTANCE  
A LA TRACTION DES EPROUVETTES  
SELON NF EN 12390-6**

**BETON**

Procès-verbal N°

Ciment biskra

SARL INZAMAC ALGERIE - Lit 7/9 Ouled Bouhadj - BP 159 - Souda Alger - CP 16305 / - Tél/Fax: 021 30 97 10 - Mail: inzamac.algerie@inzamac.com

<b>Client :</b>	GRUPEMENT TRAMWAY OUARGLA	<b>Référence matériels</b>			
<b>Projet :</b>	Tramway ouargla	<b>Presse :</b>	1	<b>Balance :</b>	1
<b>Ouvrage :</b>	Plateforme	<b>Séquence :</b>		<b>Ruban :</b>	
<b>Position :</b>		<b>Planche :</b>			
<b>Batiment :</b>					
<b>Elément :</b>					
<b>Observations :</b>	Essai de convenance (ciment biskra)				

**Type de Béton :** C30/37 XA1 D25 HMD S3 CPJ

<b>Bon de livraison N° :</b>	23852	<b>Composition du béton</b>		
<b>Type des éprouvettes :</b>	Cubique 15*15*15	<b>Constituant</b>	<b>Provenance</b>	<b>Dosage</b>
<b>Prélèvement effectué par :</b>	INZAMAC	Gravier 15/25 (kg/m <sup>3</sup> )	HASSI	300
<b>Nombre d'éprouvettes prélevées :</b>	15	Gravier 8/15 (kg/m <sup>3</sup> )	HASSI	406
<b>Affaissement (cm) :</b>	12,0	Gravier 3/8 (kg/m <sup>3</sup> )	HASSI	278
<b>Température du béton (°C) :</b>	30,2	Sable 1 0/3 (kg/m <sup>3</sup> )	*	0
<b>Mode de vibration :</b>		Sable 0/2 (kg/m <sup>3</sup> )	Laghouat	925
<b>Piquage</b> <input checked="" type="checkbox"/> vibreur <input type="checkbox"/>		Ciment (kg/m <sup>3</sup> )	ciment biskra	350
<b>Schéma de la rupture d'éprouvette :</b>		Eau (Litre)		150
		Adjuvant 01 (%)	GLENIUM 114	1,14
		Adjuvant 02 (%)		

N°	Date de	Date	Age	Poids	Masse vol.	Charge	Résistance (Mpa)	RC Moyenne (Mpa)	Schéma
Echantillon	Coulage	D'essai	(jours)	(g)	(T/m <sup>3</sup> )	(KN)			
1	22/08/2016	19/09/2016	28	7830	2.32	150	6,67	5,9	1
1				7841	2.33	125	5,56		1
1				7893	2.34	125	5,56		1

<b>Essai réalisé par :</b>		<b>Vérifié et approuvé par :</b>		<b>Signature &amp; cachet</b>
<b>Nom:</b>	ZIOUECHE	<b>Nom:</b>	omari	
<b>Prénom:</b>	RYAD	<b>Prénom:</b>	billal	
<b>Qualité</b>	OPERATEUR	<b>Qualité</b>	Ingénieur	





**ESSAI POUR BETON DURCI RESISTANCE  
A LA COMPRESSION DES EPROUVETTES  
SELON NF EN 12390-3**

**BETON**

Procès-verbal N°


Ciment Biskra

Client :	GROUPEMENT TRAMWAY OUARGLA			Référence matériels	
Projet :	Tramway ouargla			Presse :	1
Ouvrage :	Plateforme	Séquence :		Balance :	1
		Ruban :		Planche :	
Position :					
Batiment :					
Élément :					
Observations :	Essai de convenance (ciment biskra)				

<b>Type de Béton :</b>	<b>C30/37 XA1 D25 HMD S3 CPJ</b>
------------------------	----------------------------------

Bon de livraison N° :	23852	<b>Composition du béton</b>		
Type des éprouvettes :	Cubique 15*15*15	Constituant	Provenance	Dosage
Prélèvement effectué par :	INZAMAC	Gravier 15/25 (kg/m <sup>3</sup> )	HASSI	300
Nombre d'éprouvettes prélevées :	15	Gravier 8/15 (kg/m <sup>3</sup> )	HASSI	406
Affaissement (cm) :	12,0	Gravier 3/8 (kg/m <sup>3</sup> )	HASSI	276
Température du béton (°C) :	30,2	Sable 1 0/3 (kg/m <sup>3</sup> )	*	0
Mode de vibration :		Sable 0/2 (kg/m <sup>3</sup> )	Laghouat	925
Piquage <input checked="" type="checkbox"/> vibreur <input type="checkbox"/>		Ciment (kg/m <sup>3</sup> )	ciment biskra	350
Schéma de la rupture d'éprouvette :		Eau (Litre)		150
		Adjuvant 01 (%)	GLENUM 27	1,14
		Adjuvant 02 (%)		**

N°	Date de Coulage	Date D'essai	Age (jours)	Poids (g)	Masse vol. (T/m <sup>3</sup> )	Charge (KN)	Résistance (Mpa)	RC Moyenne (Mpa)	Schéma
1	22/08/2016	25/08/2016	3	7784	2,31	747	33,20	33,6	1
1				7797	2,31	745	33,11		1
1				7834	2,32	772	34,31		1
2		29/08/2016	7	7838	2,33	1004	44,62	44,7	1
2				7834	2,32	997	44,31		1
2				7869	2,34	1018	45,24		1
4		19/09/2016	28	7885	2,34	1247	55,42	65,1	1
4				7873	2,34	1219	54,18		1
4				7884	2,34	1256	55,82		1

Essai réalisé par :		Vérifié et approuvé par :		Signature & cachet	
Nom:	ZIOUECHE	Nom:	omari		
Prénom:	RYAD	Prénom:	billal		
Qualité	OPERATEUR	Qualité	Ingénieur		

SARL INZAMAC ALGERIE, Lit 779 Ouled Belhadj - BP 159 - Saida Alger - CP 16305 / - Tél/Fax: 021 30 97 50 - Mail: inzamac.algerie@inzamac.com

Département Contrôle Qualité & Carrière .

Service Support Technique Clientèles

## CERTIFICAT DE QUALITE

Date de Prélèvement : 29-Jul-16

Type du Ciment : Ciment Portland au Calcaire NA 442 - CEM II / B-L 42,5

**Matine**

### CARACTERISTIQUES PHYSICO- CHIMIQUES DU CIMENT

Caractéristiques	Normes	Resultats	Unité
SiO <sub>2</sub>	NA 5042	18,88	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4,36	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3,10	%
CaO		62,23	%
K <sub>2</sub> O		0,58	%
Perte au feu 'PAF'	NA 5042	6,50	%
Teneur en oxyde de Magnésium (MgO)		1,43	%
Teneur en anhydrite sulfurique (SO <sub>3</sub> )	NA 5042	2,70	%
Chlorure	NA5042	0,030	%
Finesse Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	NA231	4200	cm <sup>2</sup> /g
Début du Temps de Prise (min)	NA230	200	min
Fin du Temps de Prise (min)		245	min
Expansion "Le Chatelier" (mm)	NA230	1,00	mm

### RESISTANCE A LA COMPRESSION SUR MORTIER

Échéances	Normes	Resultats	Unité
2 Jours en MPa	NA234	24,00	MPa
7 Jours en MPa		36,50	
28 Jours en MPa			

**Annexe 7 : l'analyse chimique d'eau de gâchage**

Composants	Unité	Valeurs (eau de robinet)
Ph	-	7,5
K <sup>+</sup>	mg/l	25
chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	795,2
NaCl	mg/l	1310,4
sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	818,57
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	97
calcium (Ca <sup>+2</sup> )	mg/l	264,53
magnésium (Mg <sup>+2</sup> )	mg/l	106,92
oxyde de carbone	mg/l	-
Conductivité	ms/cm	4,560
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	13

**Annexe 8 : Abaque permettant d'évaluer approximativement le dosage en ciment à prévoir en fonction du rapport C/E et de l'ouvrabilité désirée (affaissement au cône)**

