

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Draïa Adrar



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Technologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Génie Civil
Spécialité : Matériaux de Génie Civil

Thème :

Influence de la qualité de l'eau de gâchage sur la résistance
des bétons

Présenté par :

Mlle. BENGOU Sana

Mlle. KADDOURI Samiha

Membres de jury :

Mr. SEMCHA Abdelaziz	Université	d'Adrar encadreur
Mr. ABDELDJALIL M'Hamed	Université	d'Adrar co-encadreur
Mr. KHELAFI Hamid	Université	d'Adrar examinateur
Mr. ABOU Mohammed	Université	d'Adrar examinateur

Année Universitaire: 2021/2022



شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): صبيحة عبد الحريز

المشرف مذكرة الماستر.

الموسومة بـ : Influence de la qualité de l'eau de gâchage
Sur la qualité du béton

من إنجاز الطالب(ة): قدوري سميرة

و الطالب(ة): بانقور حسناء

كلية: العلوم والتكنولوجيا

القسم: العلوم والتكنولوجيا

التخصص: المكتبة المركزية / مواد الهندسة المدنية

تاريخ تقييم / مناقشة: 2022 106 / 15

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.
ويامكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والالكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

مساعد رئيس القسم:





Remerciements

Avant tout, nous tenons particulièrement à remercier, notre créateur dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, et la volonté pour élaborer et finaliser ce modeste travail.

Nous remercions à notre encadreur le Pr SEMCHA Abdelaziz pour l'honneur qu'il nous a donné en acceptant de diriger ce travail, et qui a contribué avec son aide, ses efforts et sa disponibilité, durant l'élaboration de ce projet. Nous tenons à lui exprimer toute notre reconnaissance, tant pour ses conseils, son intérêt et sa vaste culture que pour la confiance qu'il nous a accordé pendant ce projet de recherche, merci de nous ouvert les portes du monde passionnant de la recherche expérimentale, et ce malgré tous les aléas et difficultés.

Nous remercions également les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier également l'ensemble du corps enseignant département des Sciences de la Technologie de la spécialité Génie civil, et nous tenons également à adresser tous les mots de remerciement à Messieurs ABDELDJALIL et HOUTIA qui nous ont soutenu tout au long de notre travail expérimental au laboratoire.

Nos remerciements les plus profonds sont adressés à nos chères familles pour leur soutien moral et leurs encouragements.

Nous exprimons tout le bonheur du monde à nos collègues de la promotion sortante 2022 du master option « Matériaux de Génie Civil »

Enfin nous, voudrions exprimer notre gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

إهداء

أولاً اشكر الله عز وجل الذي وفقنا في إنجاز هذا العمل المتواضع وأتمنى أن
يوفقنا في حياتنا القادمة إن شاء الله
وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة ... وهأنذا أختتم بحمد
تخرجي هذا بكل همة ونشاط واهدي هذا العمل المتواضع:
إلى ... من أفضلها على نفسي ولم لا، فلقد ضحيت من اجلي، ولم تدخر جهداً في
سبيل إسعادي على الدوام ومن تملك الجنة تحت أقدامها (أمي الحبيبة أطال الله
عمرها)

إلى ... من يسيطر على ذهني في كل مسلك أسلكه صاحب الوجه الطيب
والأفعال الحسنة ولم يبخل علي ومن كان لي عون (والدي العزيز أطال الله في
عمره)

إلى ... الأستاذ الدكتور المشرف (سمشة عبد العزيز) على كل ما قدمه لنا من
توجيهات ومعلومات ساهمت في إتمام موضوع دراستنا
إلى ... جدي - رحمه الله - وجدتي أطال الله في عمرها والى خالتي وأخوالي
واخص بالذكر خالي العزيز بالي احمد وزوجته
إلى ... جميع إخوتي وأخواتي كلا باسمه وأخي محمد - رحمه الله - ، وأصدقائي
واخص بالذكر من كانت لي أخت وصديقة ومن ساندتني في هذا العمل ابنة عمي
رقية قدوري، والى جميع أفراد عائلتي قدوري وبالي
والى زميلتي في العمل وصديقتي سناء
وفي الأخير امتن لكل من كان له فضل في مسيرتي، وساعدني ولو باليسير،
أهديكم عملي المتواضع هذا.

قدوري سميرة

اهداء

ما أجمل ان يجود المرء بأغلى ما لديه والأجمل ان يهدي الغالي للأغلى . هي دي ثمرة

جهدي اجنيها اليوم هي هدية اهديها الى

والدي الغالي حفظه الله

امي العزيزة اطال الله عمرها

استادي المشرف (شمسة عبد العزيز) وفقه الله

نروحي مرزقه الله الصحة والعافية

جدتي بآرك الله في عمرها

أساتذتي في كل الأطوار وفقهم الله وفرادهم من فضله واحسانه

جميع اخوتي وعائلتي واصدقائي

نرميلتي وصدقتي في العمل سميحة

والى كل من ساندني في انجانر هذا العمل

بنقوسناء

Sommaire

اهداء

Sommaire

La liste des tableaux.....	I
La liste des figures.....	II
La liste des photos	III
Résumé	IV
Introduction générale	1
Chapitre I :etude le matériau béton	2
1-1: Introduction	3
1-2.Définitions :	3
1.3 Les composants du béton.....	4
1.4.Les typede bétons	12
1.4.1.Béton armé :.....	12
1.4.2.Béton précontraint :.....	13
1.4.3.Le Béton préfabriqué :	14
1.4.4.Le béton de fibres	15
1.4.5. Béton auto-plaçant	15

1.4.6 .Béton projeté :	17
1.4.7. Béton de polymère.....	18
1.4.8. Le Béton léger	19
1.4.9. Béton lourd	20
1.4.10. La Masse béton.....	21
1.5. Propriétés fondamentales d'un béton	21
1.5.1. Propriétés du béton modulable	21
1.5.2. Propriétés essentielles	22
1.6. Formulation de béton :	24
1.6.1. Méthodes de formulation du béton :	25
1.6.1.1. Méthode de Dreux- Gorisse :	25
1.6.1.2. Méthode de Bolomey	28
1.6.1.3.Méthode de Faury	29
1.6.1.4. Méthode d'Abrams	30
1.6.1.5. Méthode DE La VALLETTE	30
1.6.1.5. Méthode de Joisel	31
1.7. Le rapport E/C	31
1.7.1.Choix du rapport E/C	32
1.7.2. Eau efficace :	32
1.7.3. Dosage en eau et en ciment :.....	33
1.8. La méthode choisie :.....	33
Chapitre II :Etude expérimentale (matériels et essais)	34
2.1. Introduction.....	36
2.2. Matériaux utilisés :.....	36
2.2.3.Le ciment.....	43
2.2.3.1. Les essais de ciment :	43

2.2.4 : L'eau de gâchage :	45
2.2.5. Formulation de béton :	46
2.2.5.1 : La formulation par la méthode de DREUX- GORISSE	46
2.2.6. Procédure expérimentale :	50
2.2.7. Procédure de malaxage [EN 480- 1]	50
2.2.8. L'essai de maniabilité au cône d'Abrams [NF P 18-451]	51
2.3. Conclusion :	54
ChapitreIII :Résultats & discussions	31
3 .1. Introduction :	58
3.2.Essai de la résistance à la compression [NF EN 12390-3]	58
3.3. Rhéologie des bétons frais :	59
3.3.1.Masse volumique des bétons à l'état frais et durci	60
3.4. Caractérisations mécaniques des compositions des bétons	60
3.5. Commentaire :	62
3.6. Conclusion :	62
Conclusion Générale:	65
Références bibliographiques	67
ANNEXE	69

La liste des tableaux

1. Tableau N°01 : vibration recommandé en fonction de l'ouvrabilité béton
2. Tableau N°02 : valeur optimales d'après ABRAMS, du module de finesse de la composition granulaire des bétons courants
3. Tableau N°03 : analyse granulométrique du sable concassé
4. Tableau N°04 : résultats obtenu de la masse volumique absolue de sable concassé
5. Tableau N°05 : résultats obtenu de la masse volumique apparente du sable concassé
6. Tableau N°06 : résultats d'équivalent de sable
7. Tableau N° 07 : analyse granulométrique du gravier de classe 3/8 (m=3000g)
8. Tableau N°08 :analyse granulométrique du gravier de classe 8/15
9. Tableau N°09 : analyse granulométrique de gravier de classe 15/25
10. Tableau N°10 : masses volumique des graviers
11. Tableau N°11 : masse volumique du ciment
12. Tableau N°12 : les masses du matériau utilisé
13. Tableau N°13 : affaissement au cône d'abrams
14. Tableau N°14 : résultats des masses volumique à l'état frais et durci
15. Tableau N°15 : résultats d'écrasement de B.01
16. Tableau N°16 : résultats d'écrasement du B.02 de sel
17. Tableau N°17 : résultats d'écrasement du B.02 de sel
18. Tableau N°18 : résultats d'écrasement du B.02 de sel
19. Tableau N°19 : résultats d'écrasement du B.04 de l'eau naturelle
20. Tableau N°20 : Résultats d'écrasement du B.05 du l'eau distillée
21. Tableau N°21 : les résultats de résistance à la compression

La liste des figures

1. Constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire
2. La courbe optimale type selon la méthode Dreux- Gorisse
3. Les courbes d'analyse granulométrique de sable et gravier
4. La courbe de la référence OAB
5. Affaissement au cône d'abrams

La liste des photos

Photo N°01 : la masse volumique apparente de sable et gravier

Photo N°02 :essai de l'équivalent de sable

Photo N°03 :le ciment utilisé

Photo N°04 :essai de pris (Vicat)

Photo N°05 :essai de masse volumique absolue de ciment

Photo N°06 : les matériaux utilisés

Photo N°07 :la bétonnière

Photo N°8 : malaxage des matériaux utilisée

Photo N°9 : essai d'affaissement au cône d'Abrams

Photo N°10 : calcul de p à l'état frais

Photo N°11 : corps d'épreuves utilisés

Photo N°12 : l'éprouvette après le vibration et le table vibration

Photo N°13 : table vibrante

Photo N° 14 : essai de la résistance à la compression

Résumé

La formulation d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents composants dont on dispose afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées pour la réalisation d'un ouvrage résistant avec une durabilité accrue.

Dans ce travail nous avons étudié l'influence de la qualité de l'eau sur la résistance de béton ordinaire formulé par la méthode bien connue et célèbre de Dreux-Gorisse avec modification de la qualité de l'eau et du pourcentage d'impuretés dans certains cas. Par conséquent, nous avons mené un programme d'expériences comprenant 9 mélanges, soit 27 éprouvettes cylindriques (16/32) cm.

Les résultats obtenus ont montré que le béton mélangé avec de l'eau ordinaire, l'eau distillée et l'eau naturelle (foggara Tamantit) ont donné de bons résultats en résistance à la compression. Le béton gâché avec de l'eau salée a donné une résistance plutôt moyenne, c'est-à-dire que plus le pourcentage de sel est faible, plus la résistance est grande et inversement. Pour le dernier mélange à l'eau sucrée, l'essai n'a donné aucune résistance par conséquent, l'eau sucrée ne convient pas au mélange du béton et à la construction en général.

Abstract

The formulation of a concrete consists in defining the optimal mixture of the various components available in order to produce a concrete whose qualities are those sought for the production of a resistant structure with increased durability.

In this work we studied the influence of water quality on the resistance of ordinary concrete used from there well-known method and celebrated DreuxGorisse with modification of the quality of water and the percentage of impurities in certain Therefore, we conducted a program of experiments comprising 9 mixtures, ie 27 cylindrical specimens (15/30) cm.

Or the results obtained showed that concrete mixed with ordinary water, distilled water and natural water (foggaraTamantit) gave good results in resistance to pressure, as for concrete mixed with water the salt gave a rather average resistance, that is to say that the lower the percentage of salt, the greater the resistance and vice versa for the last mixture the sugar water gave no resistance therefore, the water sweet is not suitable for mixing and building.

ملخص

تتمثل صياغة الخرسانة في تحديد المزيج الأمثل من المكونات المختلفة المتاحة لإنتاج الخرسانة التي تكون صفاتها هي تلك المطلوبة لإنتاج هيكل مقاوم مع زيادة المتانة.

درسنا في هذا العمل تأثير جودة المياه على مقاومة الخرسانة العادية باستخدام طريقة المعروفة و المشهورة ب Dreux Gorisse مع تعديل جودة المياه ونسبة الشوائب في بعض التجارب. لذلك، أجرينا برنامج تجارب يشمل 9 خلطات أي 27 عينة أسطوانية (30*15) سم.

أو أظهرت النتائج المتحصل عليها أن الخرسانة الممزوجة بالماء العادي والماء المقطر والماء الطبيعي (الفقارة تمنظيط) أعطت نتائج جيدة في مقاومة الضغط، أما بالنسبة للخرسانة الممزوجة بالنسبة من الملح أعطت مقاومة متوسطة، أي كلما نقصت النسبة المئوية للملح ، كلما زادت المقاومة والعكس صحيح اما بالنسبة للخليط الأخير(ماء السكر) لم يعط أي مقاومة ومنه أدركنا ان الماء الحلو غير مناسب للخلط والبناء



Introduction générale

Introduction générale

Avec une consommation mondiale annuelle d'un mètre cube par personne, le béton est le matériau le plus utilisé sur la planète. Il est composé essentiellement de granulats, de ciment et d'eau. Avec l'apparition des nouveaux matériaux et l'exigence des chantiers, l'ingénieur est soumis à une pression croissante en termes de délais et de coûts.

Malencontreusement, les entreprises négligent le problème de la formulation des bétons, même si de cet acte fondateur découle une grande partie des conséquences qui influent sur la résistance des bétons et de l'ouvrage à réaliser.

Pour formuler un béton c'est-à-dire la mise au point de la composition qui se fait de façon expérimentale en se basant sur les études graphiques, parmi ces méthodes on peut citer la méthode de Dreux –Gorisse, la méthode de Faury, la méthode de Bolomey,..., l'ensemble de ces méthodes est basé sur la recherche d'une compacité maximale du mélange.

Le béton est en réalité un matériau composite, avec une grande diversité d'applications et de méthodes de formulation. Les bétons font l'objet de beaucoup de recherches en effet, la relation entre la composition du béton et sa résistance mécanique a intéressé les chercheurs depuis toujours.

La caractéristique essentielle d'un béton à l'état durci est la résistance mécanique en compression à l'âge de 28 jours. Car il est un matériau qui travaille bien à la compression. De ce fait, la connaissance de cette propriété mécanique est donc indispensable pour le dimensionnement et le calcul des ouvrages

Ce travail consiste à étudier l'effet de la qualité de l'eau sur la résistance du béton, comme nous l'avons fait dans ce travail, 05 types d'eau qui sont :L'eau du robinet à Adrar, que nous avons considérée comme une référence pour comparer la résistance du béton avec d'autres types, qui sont l'eau salée et sucrée, l'eau naturelle (Sakia Temantit) et l'eau distillée. Nous avons pris différentes proportions de sel et sucre, naturel et l'eau distillée, qui sont (2%/4%/6%) de chacune d'elle. L'objectif de cette étude est connaître l'effet de la qualité de l'eau sur la résistance du béton.



Chapitre I :
le matériau
béton

1-1: Introduction

Plus de quatre milliards de mètres cubes de béton sont coulés chaque année dans le monde. Ce matériau permet de construire des ouvrages de toutes natures, et notamment des bâtiments, des immeubles d'habitation, des ponts, des routes, des tunnels, des barrages, des centrales thermiques et nucléaires ainsi que des plates-formes d'exploitation pétrolière offshore.

Le développement de l'emploi d'un matériau de construction repose sur des critères techniques et économiques. La résistance mécanique et la durabilité du matériau fondent les principaux critères de choix techniques. La disponibilité et le faible coût des matières premières, la facilité d'emploi et le prix de revient du matériau valident les conditions économiques [1].

1-2. Définitions :

Le béton est un matériau composite aggloméré, constitué de granulats durs de diverses dimensions collés entre eux par un liant. Les composants sont très différents : leurs masses volumiques varient, dans les bétons courants de 1 pour l'eau à plus de 3 pour le ciment (en t/m³). En bref le béton est un : mélange d'agrégat (sable plus granulats) et de la pâte composée de ciment, d'eau et d'adjuvant :

- Pâte 30% à 40%
- Ciment 7% à 15% en volume
- Eau 14% à 21% en volume
- Agrégats 60% à 80% de granulats
- Adjuvants chimiques en faible quantité

Les composants d'un béton ordinaire :

Le béton est un mélange de plusieurs composants : ciment, eau, sable, gravier, et le plus souvent, adjuvants (figure 01) qui constituent un ensemble homogène.

constituants	Volume (%)	Poids (%)
Granulats	60-78	65-85
Ciment	7-14	9-18
Eau	14-22	5-9
Air	1-6	-
G/S	1,4	2,2
Adjuvant	Selon la fluidité désirée	

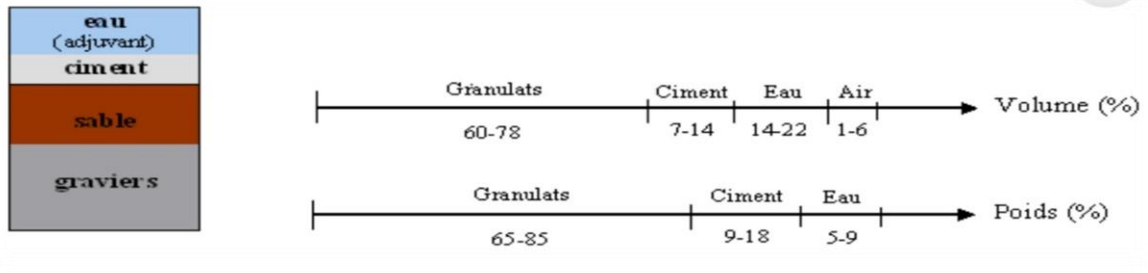


Figure01 : constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire

1.3 Les composants du béton [2]

a. Ciment :

Le ciment est ce matériau souple de couleur sombre, qui a des propriétés cohésives et d'adhérence en présence d'eau, ce qui le rend capable de lier entre eux les éléments du béton, et de manière cohérente avec les aciers. Le ciment se compose de trois matières premières de base, le Carbonate Calcium, présent dans la pierre de quartz, la Silice dans l'argile et le sable, et l'Aluminium (oxyde d'aluminium).

Le ciment 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) : $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ [C₃S]

Les silicates bicalciques (belite) : $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ [C₂S]

Les aluminates tricalciques : $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ [C₃A]

Les alumino-ferrites tétracalciques : $4\text{CaO} \cdot \text{AlO}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ [C₄AF]

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

Les silicates de calcium C_3S et C_2S 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 $4000 \text{ Cm}^2/\text{g}$ et plus pour les ciments à forte résistance au jeune âge [03].

Le ciment peut être classé comme suit : Selon sa composition, la 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 :

a.1. Types de ciment :

Il existe plusieurs types de ciment qui tirent leur nom de leur destination et de la nécessité de leur utilisation. Leur composant de base restent les mêmes, même si leurs proportions sont différentes :

- CEM I Ciment Portland Artificiel.
- CEM II Ciment Portland Composé
- CEM III Ciment à basse température (de haut fourneau)
- CEM IV Ciment Pouzzolanique
- CEM V Ciment aux laitiers et cendres volantes.

Selon sa résistance à la compression : la norme NF EN 197- 1, classe les ciments courants 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.

Selon le type d'environnement : certains ciments ont des propriétés supplémentaires leur permettant de s'adapter à des environnements spéciaux [04]

a.2. Ciment, dosages et propriétés :

De nombreux tests sont effectués sur le ciment pour déterminer ses caractéristiques et s'assurer de sa qualité et de la conformité aux spécifications, les plus importants de ces tests sont :

- Réglage du temps de prise initial et final
- La résistance du ciment à la compression directe
- Finesse de mouture du ciment
- Examen de la texture standard de la pâte de ciment
- Chargement chimique du ciment

- La stabilité du ciment
- Résistance du ciment à la traction directe

Le test de détermination du temps d'incertitude initial et final : Le but de l'essai est de déterminer le temps de prise initial et temps de prise final du ciment. Le temps de doute initial ne doit pas être inférieur à 45 minutes et le temps de doute final ne doit pas dépasser 10 heures, pour le ciment portland ordinaire et le ciment portland à action rapide³

et ciment ferreux, lorsqu'un essai du dispositif Vicat est effectué sur de la pâte de ciment pure de forme standard.

Temps de prise initial : c'est le temps qui s'écoule à partir du moment de l'ajout d'eau au ciment sec (dans la proportion d'eau dépatte étalon) au point que l'aiguille du dispositif Vicat puisse pénétrer dans la pâte de ciment standard de sorte que les deux extrémités ne soient pas à plus de 5 mm du fond du moule de l'appareil Vicat.

Temps de prise final : c'est le temps qui s'écoule à partir du moment où l'eau est ajoutée au ciment sec, à noter que l'aiguille à gaz Vicat peut pénétrer la pâte de ciment avec une distance plus courte à partir de 5 mm (c'est-à-dire que l'aiguille Vicat peut laisser une trace, et aucune trace de lettre de la pièce n'apparaît culasse)

Les appareils utilisés : l'appareil Vicat utilisé avec l'embout remplacé

L'aiguille Vicat cylindrique pour déterminer le temps de prise initial et l'utilisation de l'aiguille Vicat qui est fixée sur le boîtier intégré.

La partie circulaire pour déterminer le temps d'incertitude final.

a.3. Test de résistance du ciment à compression direct :

Le but de l'essai :

Détermination de la résistance à la compression d'un mortier de ciment et de sable, en testant des cubes de ce mortier, après trois et sept jours de conservation.

Idée de test : détermination de la résistance à la compression du mortier de ciment en déterminant la résistance à la compression des cubes de longueur 10 cm de côté, préparés à partir de ciment et sable standard. Le mélange par lot il a été effectué manuellement.

Les matériaux utilisés :

Approvisionnement du rapport de ciment et de sable dans un rapport de 1:3 additif de 10% d'eau en poids de ciment et du sable, et il est à noter que le sable utilisé est un sable standard (la proportion de ciment n'est pas inférieure à 90%, et tous passent à travers le tamis standard 0.85 mm, et la croissance ne dépasse pas celle du tamis standard 0.6 mm à 10% en poids)

Appareils utilisés :

1-Moules d'essai : les moules d'essai utilisés doivent être cubiques d'une longueur de 10 Cm, à la surface de chaque face est de 100 cm², de métal qui n'est pas affecté par le ciment.

2-Machine vibration : table vibrante.

a.4. Vérification de la finesse du ciment :

Le but de l'essai : Vérifiez que le refus dans le tamis de 90 µm ne dépasse pas 10%

Les appareils et les matériaux :

- Tamis n° 0.170
- Poids du ciment 500g
- Balance sensible avec une précision de 0.001g

Méthode de l'essai :

- Peser le tamis lorsqu'il est vide, puis mettre un couvercle sous le tamis pour récupérer l'échantillon qui le traverse ou nous mettons l'échantillon de ciment dans le tamis d'une manière qui aide à effectuer le test facilement

- Nous mettons l'échantillon progressivement, en tenant compte de la siccité de l'échantillon et du manque d'eau et d'humidité l'atteignant,

- Nous tamisons et après c'est-à-dire que nous pesons le reste dans le tamis n°170, à l'aide de la balance, puis nous apportons le pourcentage du reste dans ce tamis de l'échantillon quantitatif après avoir soustrait le poids du tamis, qui contient le poids restant du tamis la même chose, ce qui est une différence le pourcentage restant devrait être inférieur à 10%.

Préparation de la pâte standard :

Pour déterminer le temps de prise initial et final du ciment et vérifier sa stabilité, il faut tester la pâte le ciment pur a une consistance standard, il est donc nécessaire de déterminer la teneur en eau qui conduit à la consistance appropriée. Les appareils de Vicat sont utilisés pour mesurer des textures qui sont à base de ciment et d'eau et mélangées de manière spécifique :

La pâte de ciment est placée dans le moule, et le stylet est placé de manière à ce qu'il touche la surface de la pâte il est laissé à fixer librement, et la profondeur de pénétration dépend de la texture de la pâte laissé à fixer librement, et la profondeur de pénétration dépend de la texture de la pâte et la consistance standard donne couvrant

5 à 7 mm de la base du moule, la teneur en eau standard est exprimée sous forme de rapport pourcentage en poids en poids de ciment sec de (26 - 33%)

b. Les granulats :

C'est l'ensemble des grains de dimensions comprises entre 0 et 125 mm. Les granulats peuvent être d'origine naturelle (sables et graviers de mer et de rivières), artificiels (argile expansée) ou issus 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 du béton. Ils sont en principe inertes mais peuvent, dans certains cas, 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 économique, par une meilleure durabilité et stabilité volumétrique par rapport au mélange eau/ciment. 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 NA452 sont les suivantes :

- Fillers 0/D où $D < 2$ mm avec au moins 70% de passant à 0.063 mm
- Sablons 0/D où $D < 1$ mm avec moins de 70% de passant à 0.063 mm
- Sables 0/D où $1 < D < 6.3$ mm
- Graves 0/D où $D > 6.3$ mm
- Gravillons d/D où $d > 1$ et $D < 125$ mm
- Ballasts d/D où $d > 25$ mm et $D < 50$ mm

c. Le gravier :

Les matériaux les plus usuels pour les mortiers et bétons sont d'origine alluvionnaire (dits roulés), semi-concassés ou concassés obtenus à partir de roches massives.

Les gravillons 5.6/20 qui sont les plus usuels ont une granulométrie adaptée à la composition des bétons. Les touts –venants de rivière ou de carrière possèdent ou trop ou pas assez d'éléments fins (sables), ce qui les rend impropres à l'usage pour des bétons en élévation grains de dimensions allant de 1 à 125 mm, d'après la norme (NF P 18-591, 1990)

L'essai de propreté des graviers consiste à déterminer le pourcentage d'éléments < 0.5 mm, le pourcentage de vase et argiles, éliminée 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. La granularité du gravier est fixée par le D prescrit ou admissible pour le béton à préparer, l'absorption d'eau la norme (NF P18-591,1990) fixe à 5% la valeur maximale pour les bétons hydrauliques.

d. Le sable :

C'est un produit provenant de la désagrégation naturelle de la pierre siliceuse (quartz) et/ou du silex (silicium), il se compose de grains meubles n'ayant aucune cohésion.

La dimension des grains peut varier de 0.15 à 4.76 mm ; si le grain est plus petit que 0.6 mm on parle de "sable fin" ; s'il atteint presque 1.2 mm c'est un sable moyen "sable moyen" et s'il atteint presque 4.76 mm c'est le "gros sable" ; ce dernier ayant des grains de plus de 2 mm ressemble à du gravier fin, on appelle alors "sable graveleux". D'autant meilleur qu'il est composé de grains de dimension différentes ; les grains moyens bouchent les vides entre les plus gros et les très fins bouchent entre les moyens, on obtient ainsi une bonne consistance, Eton prescrit les modules de finesse suivants :

- Sable pour béton structure : entre 1.40 et 3.40 sable pour béton maigre pour fondation : entre 0.90 et 3.40
- Sable pour mortier de maçonnerie : entre 0.90 et 1.70
- Sable pour mortier de carrelage : entre 0.90 et 1.70
- Sable pour plafonnage : entre 0.90 et 3.40
- Sable pour couche de fondation pour dallage : entre 0.90 et 2.50 Un sable de bonne granulométrie doit contenir à la fois des grains fins moyen et gros.
- Les sables très fins, de dunes ou marins sont à éviter.
- Les sables doivent être propres. La propreté est fournie par d'équivalent de sable (norme NF EN 933-8)

Les sables peuvent être classés selon leurs provenances comme suit sable de rivières : il se caractérise par sa forme arrondie et sa dureté, et il provient de l'action de l'eau sur les rochers.

- Sable de mer : qui provient de roches sous-marines, il est particulièrement chargé en sel.

L'utilisation de ce type de sable nécessite un rinçage minutieux et peut être à l'origine d'éventuelles efflorescences.

- Sable de carrière : extrait des sablonnières et à la forme angulaire. Le sable de carrière est soit retiré du sol en masse, soit fabriqué à partir de roches extraites en carrière.

- **Sable de feuilles** : est un sable fin, comportant de nombreux vides qui imposent lors de son utilisation une association avec d'autres sables. Ce sable est récupéré sur les reliefs montagneux.

- **Sables artificiels** : les sables artificiels comprennent les sables résultant du concassage de blocs de laitier des hauts-fourneaux, le sable concassé obtenu de façon identique mais sans filler, le laitier[04]

e. L'eau de gâchage :

L'eau est un ingrédient essentiel du béton. Il joue deux fonctions principales : confère au béton sa maniabilité à l'état frais (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, la résistance mécanique, la durabilité, la microstructure, la cinétique d'hydratation, etc. L'eau de gâchage peut avoir plusieurs origines, mais seule l'eau potable est présumée conforme aux exigences aux normes en vigueur. Les autres comme l'eau récupérée de la fabrication de béton, les eaux d'origine souterraine, les eaux de rejet industriel, l'eau de mer et les eaux saumâtres, doivent être soumises à des essais de contrôle préliminaire (essais chimiques, physiques, etc.) L'eau de gâchage doit répondre aux prescriptions de la norme.

e.1. Rôle de l'eau de gâchage :

Elle est nécessaire pour l'hydratation du liant ; le mouillage des granulats et faciliter la mise en œuvre du béton.

e.2. Classification des bétons d'après la quantité d'eau de gâchage :

On distingue trois types de béton d'après la quantité d'eau de gâchage :

- a- Béton sec si la quantité d'eau est faible
- b- Béton plastique si la quantité d'eau est moyenne
- c- Béton coulé si la quantité d'eau est forte

Variation de la quantité d'eau de gâchage : La quantité d'eau de gâchage est variable, elle dépend :

- De la granulométrie du sable employé
- De son degré d'humidité (humidité du sable)
- Du travail à exécuter
- Du dosage du mortier mis en œuvre
- De la température ambiante des matériaux

f. Les adjuvants [3]

Le béton est composé de granulats, de ciment et d'eau de gâchage, et parfois des additifs sont utilisés produits chimiques destinés à améliorer certaines propriétés spécifiques du béton. Dans cette section, nous aborderons quelques additifs chimiques détaillés en termes de types, fonctions, propriétés et comment en tirer profit, donc les additifs sont des matériaux –autres que les agrégats, le ciment et l'eau qui sont ajoutés au mélange de béton pendant le processus de mélange en très petites quantités pour donner des propriétés au béton frais ou au béton durci. Certaines propriétés sont requises telles que :

- Améliorer la maniabilité du béton frais sans augmenter l'eau de gâchage,
- Accélérer ou retarder les temps de prise,
- Réduction du taux de perte d'affaissement du béton,
- Améliorer la capacité de pompage du béton,
- Réduire l'apparition de séparation granulomatose,
- Augmenter la résistance précoce du béton,
- Obtention de béton à haute résistance,
- Amélioration des propriétés du béton durci, telles que la résistance à l'abrasion,
- Obtention de béton imperméable, béton cellulaire ou béton aux propriétés

particulières.

Exigences générales lors de l'utilisation de modules complémentaires :

- 1)- Il ne doit pas nuire à l'armature de béton ou d'acier.
 - 2) - Les bénéfices résultant de l'utilisation des additifs doivent être proportionnels à l'augmentation des coûts.
 - 3) - Le chlorure de calcium ou les additifs à base de chlorure ne doivent pas être ajoutés du tout au béton armé, béton précontraint ou béton avec minéraux enfouis.
 - 4) - L'adéquation et l'efficacité de l'un des additifs doivent être vérifiées par des mélanges expérimentaux.
 - 5) - Si deux ou plusieurs types d'additifs sont utilisés dans le même mélange de béton, ils doivent être présents des informations adéquates pour montrer l'étendue de leur chevauchement et pour vérifier leur compatibilité.
 - 6) - Il est à noter que le comportement des additifs avec des ciments portland.
- Par conséquent, des informations suffisantes devraient des performances additives appropriées avec différents types de ciment.

7) - Les additifs doivent être fournis emballés dans des futs ou des conteneurs scellés avec le nom imprimé dessus commerciale, date de production et durée de conservation, ainsi qu'un certificat des propriétés de l'additif fourni et le respect des spécifications normatives pertinentes. Les ajouts doivent être stockés de manière à les protéger de l'humidité, du soleil et de la chaleur.

f.1.Les types d'additifs :

Les plus importants et les plus courants il existe de nombreux additifs chimiques qui sont utilisés avec le béton et peuvent être divisés en les groupes suivants :

- 1- additifs pour réduire l'eau et contrôler l'incertitude (sept types).
- 2- additifs pour empêcher la pénétration de l'eau dans le béton.
- 3- additifs d'air piégé.
- 4- additifs pour résister à l'érosion du ciment par l'action de l'eau
- 5- additifs pour la coloration du béton
- 6- divers autres ajouts.

1.4.Les type de bétons [4]

Béton ordinaire : il s'agit de béton sans aucune armature d'acier et est utilisé dans le travail des matelas de béton sous les fondations chaussées et blocs de béton non soumis à des contraintes de traction , planchers et barrages.

Selon le but pour lequel il est utilisé. Il peut-il est utilisé. Il peut 2 et sa résistance varie de 150 à 250 AJ/cm améliorer certaines de ses propriétés en fonction de l'usage, par exemple être résistant aux sulfates ou résistant à l'érosion et aux facteurs d'érosion et aux facteurs d'érosion, comme dans le cas des défenses marines.

1.4.1.Béton armé :

C'est du béton ordinaire, et une armature en acier est impliquée avec lui pour résister aux contraintes de traction le béton est le plus répandu et le plus utilisé dans le monde en raison de sa facilité de mise en œuvre et de ses licences de fabrication. Pouvez à couler sur place directement ou à couler en usine pour réaliser des éléments béton prêts à l'emploi. Devrait atteindre équilibre et compatibilité entre les contraintes et les déformations dans les deux bétons et fer. La plupart des outils de conception négligente complètement la résistance à la traction du béton, et donc l'acier supporte toutes les forces de traction agissant, tandis que le béton supporte les forces de compression.

1.4.2. Béton précontraint :

C'est du béton ordinaire qui est appliqué avec des contraintes de compression avant d'être chargé et ces contraintes sont inefficaces en répondant aux contraintes de traction résultant de l'impact des charge et donc nous n' avons pas besoin d'acier d' armature là où ils sont le résultat final des contraintes le long de la section en béton après chargement (courant) est souvent les contraintes de compression et donc le béton peuvent les supporter. Par conséquent, le béton doit être c'est pour qu'il puisse supporter 2 contraintes avec une haut résistance à la pression allant de 350 à 600 AJ/cm pression de fabrication et contraintes de pression de fonctionnement. Et les brochettes en acier utilisées dans le pré-béton les câbles de tension s'appellent des tendons et ce sont des fils ou des cordes toronnées d'un groupe torons ou barres d'acier. Le béton précontraint a moins de fissures surface à haute résistance aux charge. Il convient pour une utilisation dans les pontes et les réservoirs et des unités préfabriquées telles que des brides de chemin de fer et des poteaux télégraphiques. En général, il y a deux façons pour appliquer du béton à des contraintes de compression :

La pré- tension :

Dans celui-ci, des câbles d'acier sont tendus avant que le béton ne soit coulé et avant qu'il ne durcisse. Cescâbles sont laissés tendus (dans les limites de la flexibilité) jusqu' à ce que le béton durcisse et gagne sa résistance maximal alors il est levé et en supprimant les forces de traction.

De l'acier qui essaie de se contracter à l'intérieur du béton durci ce qui conduit à les contraintes de compression se produisent dans le béton à travers les forces de cohésion entre le fer et le béton sous la forme de (2-3).

La méthode de précontrainte est utilisée dans la production d'unités préfabriquées précontraintes le durcissement à la vapeur et l'utilisation de béton à haute résistance permettent un retrait précoce pour cesunités exploitation quotidienne des modèles.

La Post-tension :

Dans celui-ci, des tubes sous vide(tuyaux ou sacs) sont fabriqués à l'intérieur du béton et des câbles en acier sont placés libre circulation à l'intérieur sans tension jusqu'à ce que le béton durcisse complètement. Les câbles sont tendus après le béton durcit car il n'y a pas de force de cohésion entre l'acier et le béton. Ensuite, il est soulevé suppression des forces de traction de l'acier, car cela provoque des contraintes de compression sur les plaques d'acier installées aux deux extrémités l'élément de béton, qui à son tour est

transféré au béton par chargement. Remplissez ensuite les espaces entre câbles tuyaux en acier avec mortier de coulis qui durcit et réduit le risque de rouille des câbles en acier.

Ceci et dans le code égyptien pour la conception et la mise en œuvre des structures en béton armé-édition 2001-a été le dixième chapitre est consacré au béton précontraint, où toutes les considérations particulières sont identifiées les matériaux utilisés dans ce béton, la conception de ses section, les systèmes d'analyse structurelle et les inspections et le contrôle qualité de ce béton.

1.4.3. Le Béton préfabriqué :

Le béton est coulé et traité jusqu'à ce qu'il soit complètement durci en usine , puis il est transporté à la source il s' agit de béton normal , armé ou précontraint et comprend des dalles , des colonnes et des murs blocs de béton , brides , éléments de clôture et escaliers. C'est là que le processus de qualité est contrôlé.

a. Béton et fabrication :

- 1-utilisez un bon bélier gradué
 - 2-réduire l'eau
 - 3-effectuer le compactage mécanique et le malaxage
 - 4-traitement à la vapeur
 - 5- utilisez des additifs pour la coloration
 - 6-utiliser les matériaux isolants requis
- Béton de résistance GH 3-5
Béton de résistance GH

C'est du béton avec une résistance de plus de 600 AJ/cm allez peut être de 2 et peut atteindre ou dépasser 1400 AJ/cm obtention en utilisant les matériaux locaux disponibles qui sont utilisés dans l' industrie traditionnelle du béton de gravats , de ciment et d' eau , mais le béton à haut résistance contient une substance (250) 2Ag/cm un autre additif est les super plastifiant afin que nous puissions réduire au maximum l' eau de gâchage degré avec l' obtention de la mémé maniabilité et donc l' obtention d' une résistance élevé de (voir chapitre un et deux).quant aux matériaux pouzzolanique, tels que la fumée de silice , il peut y avoir premièrement , on le trouve dans les deux types de béton. La chose la plus importante à considérer lors de la production de béton la haut résistance consiste à choisir un groupe de matériaux homogène les uns avec les autres pour lui donner un bon béton résistance et durabilité ainsi que la maniabilité requise.

1.4.4. Le béton de fibres

C'est un béton à base de ciment et de granulats, contenant des fibres discontinues et réparties distribution aléatoire dans toutes les directions à travers le bloc de béton, et les fibres sont divisées en deux parties principales

Par type :

Les fibres d'acier, qui sont des morceaux d'acier de 3 à 8 cm de long et de 0.5 à 0.8 mm de diamètre fibres synthétiques telles que polypropylène , polyester, polyéthylènes et fibre acryliques même forme que les fibres d'acier , mais en matériaux synthiques. Les fibres ont la capacité d'améliorer la résistance du béton au cisaillement, à la traction, à la flexion et aux chocs et le rétrécissement. il travaille également à réduire l'élargissement des fissures et à les redistribuer, comme en témoigne le dessin durcissement, mais les fibres n'affectent pas de manière significative la résistance à la pression. La fonction la plus important pour les fibres, il augmente très significativement la valeur du calibre de durabilité du matériau.

Ainsi , il transforme le mécanisme de rupture du béton d'un bombardement soudain captivant et le danger de dangereux échec soudain pour captivant et le danger de dangereux échec soudain pour captiver le non bombardement et défaillance ductile incrémentielle.

1.4.5. Béton auto-plaçant

Le béton auto-plaçant est un béton qui présente un degré élevé de fluidité et de fluidité déformabilité il a également une haute résistance à la séparation granulaire et peut être coulé avec succès dans les secteurs étroits et encombrés avec des barres d'armatures, avec la capacité de remplissage sans l'utilisation de tout moyen de serrage.

Le béton auto plaçant est un produit du progrès technologique dans le domaine des additifs pour béton parmi les additifs améliorant la viscosité et les additifs réducteurs d'eau de mélange (super plastifiants) sont les deux composants les bases nécessaires à la réalisation de ce béton. Les japonais sont les pionniers dans la fabrication de ce béton au cours des dix dernières années, ils l'ont utilisé dans de nombreuses installations et applications utiles. Après cela fait la production de ce béton dans de nombreux pays comme la Turquie et l'Amérique. En Egypte, certaines ont été récemment menées recherches à l'Université de Mansoura pour la production de béton auto-plaçant en utilisant des matériaux locaux comme fait étude des exigences particulières d'opérabilité ainsi que des essais particuliers et nécessaires pour ces derniers béton. De manières générales, les

résultats des tests ont montré la possibilité de réaliser du béton auto-plaçant avec des matériaux locaux disponibles en Egypte avec un haut degré de succès. Et la recherche n°38 dans la liste des références porte sur à propos de ce sujet.

Premièrement : Haut déformabilité ceci est réalisé par :

1-Augmenter la fluidité de la pâte en utilisant des superplastifiants et/ ou en utilisant un effort pourcentage d'eau embrouillé

2- Réduire le frottement interne entre les granulés-en réduire la proportion de gros granulats dans le mélange et/ou utiliser un pourcentage de la poudre fine graduée.

Deuxièmement : haut degré de résistance à la séparation granulaire. Ceci est réalisé par :

1-réduire la séparation entre les solides dans le mélange en réduisant la taille nominale plus d'agrégats et/ou réduire la proportion d'agrégats et /ou utiliser des additifs améliorant la viscosité et / ou réduire rapport d'eau de gâchage.

2-réduire le lessivage (eau libre) au plus bas degré possible en-utilisant moins d'eau mélange et /ou utiliser une poudre de grande surface et/ou augmenter la proportion d'additifs améliorants viscosité.

Troisièmement : il a la capacité de couler et de remplir des secteurs étroits et encombré avec des armatures en fer sous l'influence de son poids sans qu'il y ait de blocage ou d'arrêt du béton (blocage). Ceci est réalisé par :

1-avoir une haute résistance à la séparation granulaire lors du coulage et de l'écoulement du béton en-utilisation d'additifs pour améliorer la viscosité et/ou réduire la proportion d'eau de gâchage.

2- compatibilité entre la taille des secteur et la distance entre les brochettes d'une part et la taille des gros granulats et sa proportion dans le mélange, d'autre part, réduisant le plus grand diamètre nominal pour agréger et/ou réduire la proportion d'agrégats dans le mélange.

Avantage du bétons auto-plaçant :

1-facilité de coulée dans le secteur encombrés avec barres d'armature et secteurs étroits.

2- la capacité de couler une grande quantité de béton en peu de temps.

3- vous avez besoin de moins de travail.

4-il n'y a pas de séparation, mon amour.

5- vous n'avez pas besoin d'utiliser des vibrateurs sur place, ce qui facilite le versement et pour pallier le problème du bruit généré par les vibreurs.

6-il a une meilleure forme et apparence, et il n'a pas besoin de niveler sa surface après le versement

7-ne pas donner l'occasion d'interférer dans le site pour ajouter de l'eau au mélange en raison de sa fluidité.

8-plus durable que le béton traditionnel.

1.4.6 .Béton projeté :

C'est du béton(ou du mortier) qui est tiré avec la pression d'air de la buse d'éjection à grande vitesse jusqu'à la surface souhaitée recouvrez – le béton. Il est souvent utilisé dans les travaux de réparation et de restauration et de revêtement des tunnels et revêtement de canaux et dans de nombreux cas où il est difficile d'utiliser des méthodes traditionnelles dans coulée, par exemple, lorsqu'il est nécessaire de couler des couches peu épaisses ou d'épaisseur variable, ou lorsqu'il est difficile de couler accès à la zone de travail ou lorsque les clés sont difficiles ou couteuses à utiliser. Le béton est également utilisé le projeté dans la réparation du béton délabré des points, écluses, barrages et ouvrages de parement pour l'eau ainsi que des bâtiments en briques délabrés. Il est également utilisé pour garnir les fours de toutes sortes

Il existe deux principaux types de méthode de mélange, la méthode de mélange à sec et méthode de mélange par vois humide. Dans méthode sèche les granulats, le ciment et tous l'autre ingrédient sont d'abord mélangés à sec et poussés à l'aide de la pression d'air à travers l'éjecteur puis l'eau est ajoutée à la buse de l'éjecteur et tout est poussé vers la surface souhaitée versez. Dans la méthode humide, tous les ingrédients,y compris l'eau, sont d'abord bien mélangés (sauf pour accélérateur d'incertitude le cas échéant) et pousse le tout en utilisant la pression d'air à travers l'éjecteur jusqu'à la surface souhaitée l'a jeté. Dans tous les cas, la surface du béton doit être préparée pour assurer la qualité de son adhérence avec celui-ci.

On peut dire que les propriétés et le comportement du béton projeté dépendant largement des caractéristiques de l'équipement utilisé et de l'habileté de ceux qui le font dépend aussi des conditions dans lesquelles se fait le casting.

Le mélange de béton extrudé se caractérise par une teneur en ciment plus élevée pour compenser le taux de perte lors du rebond de la surface. Aussi, ses pieux se caractérisaient par leur petite taille, car il est préférable qu'ils ne dépassent pas 12 millimètres. Il peut également contenir certains additifs (à l'exception des retardateurs) pour améliorer certaines propriétés souhaitables souvent, le béton extrudé contient des accélérateurs du processus de prise de béton extrudé. De préférence, la buse d'éjection est perpendiculaire à la surface le projectile n'a pas un angle d'inclinaison du lanceur sur la surface supérieur à 45 degrés pour assurer une distribution uniforme pour le béton et pour éviter le bouletage et le roulement du béton sur la surface, ce qui conduit à une surface en zigzag irrégulier.

La distance entre la buse d'éjection et la surface doit de préférence être comprise entre 0.6 et 1.8m ; ce qui illustre l'utilisation du béton extrudé et du contrôle de l'éjecteur.

L'inconvénient de ce béton est qu'il est exposé à un retrait à une valeur élevée en raison de la grande quantité d'eau qu'il contient, ainsi qu'à une augmentation de celle-ci teneur en ciment avec un manque de gros granulats.

L'inconvénient de ce béton est aussi la possibilité de non-adhérence et complété la cohésion avec le matériau de surface qui est pulvérisé dessus, et pour pallier le problème de retrait, il peut être utilisé des fibres avec ce béton, qui a fait ses preuves à l'époque.

1.4.7. Béton de polymère

Un polymère ou une résine est le nom d'une substance organique composée de nombreuses molécules de poids similaire la molécule supérieure et une molécule de ces molécules s'appellent un monomère.

Quant au béton de résine, il s'agit d'un béton spécial obtenu en traitant du béton ordinaire avec d'autres matériaux un polymère qui agit comme un scellant ou une charge pour les espaces entre les granules de l'agrégat. Les matériaux polymères environ 6 à 15 % du poids du béton, dont des exemples sont des matériaux ou des composés de polyester et le béton époxy et polymère cout environ 2 à 3 fois plus cher le béton ordinaire se caractérise par :

- Haute résistance aux facteurs externes tels que la résistance à la corrosion, la perméabilité à l'eau et la résistance aux sulfates.
- Très haute résistance au retrait.
- Résistance aux hautes pressions pouvant atteindre 1200AJ/cm
- Résistance à la traction jusqu'à 100AJ /cm

En général, il existe trois principaux types de béton contenant de la résine :

- 1- Béton plastique (PC)
- 2- Béton polymère de ciment (PCC)
- 3- Béton de ciment injecté polymère (PIC)

Béton plastique :

Dans lequel les résines remplacent le ciment comme liant pour les particules d'agrégats. C'est-à-dire que c'est un bélier il est maintenu par un liant polymère. Le béton plastique a des propriétés mécaniques élevées, temps de traitement court, retrait ultra-fin et haute résistance pour les produits chimiques, les propriétés dépendent du type de résine utilisé et de son amine dans le mélange. C'est l'un des types les plus importants utilisé :

- Epoxy polyester
- Furfural acétone phénol formaldéhyde

Ce béton à une plus grande résistance que le béton de ciment, et l'augmentation dépend du type la résine utilisée et son amine dans le mélange

Les applications les plus importantes du béton plastique

- 1- Une couche de protection superficielle pour les ponts, les usines, les lieux de service, les escaliers et le béton armé et précontraint.
- 2- Restauration de béton présentant des fissures à cause de la chaleur, du retrait ou des vibrations.
- 3- Collage d'éléments neufs et anciens en béton ou préfabriqués.
- 4- Coller du béton sur du métal comme méthode de renforcement externe et de renforcement

1.4.8. Le Béton léger

Des principaux inconvénients du béton conventionnel (2200 à 2500aj/m matériau structurel par rapport à bois et fer le béton traditionnel est relativement lourd, car le rapport du poids propre des pièces est le poids propre du bâtiment par rapport aux charges effectives est un pourcentage élevé dans tous les cas. Donc

. Par conséquent, il était possible 3 de penser à la production et à l'utilisation de béton léger, pesant moins de 2000 AJ/m avec une légère augmentation des couts, ainsi que la production de 3 fabrications de béton de structure pesant 1400 à 1900 AJ/m il est utilisé efficacement comme murs intérieurs. Semi-béton pour blocs internes pesant 900 AJ/m

Le but des 3 en général, les bétons légers sont ceux qui pèsent moins de 2000 Aj/m son utilisation est de réduire le poids de la structure et donc de réduire les couts de fondations, ainsi qu'à des fins d'isolation thermique et acoustique.

a. Types de béton léger :

Nous pouvons réduire le poids du béton par une ou plusieurs des méthodes suivantes :

- 1-recherche d'espaces entre les grains de granulats (finesse concrète)
- 2-trouver des espaces à l'intérieur des granulats (béton de granulats légers)
- 3-recherche de vides à l'intérieur de la pâte de ciment (béton cellulaire ou cellulaire).

1.4.9. Béton lourd

Il est spécial pour la protection contre les radiations atomiques et nucléaires, car la capacité du béton à les absorber est proportionnelle à avec son poids ou son intensité, et donc les murs, les carreaux de sol et les plafonds sont constitués de béton lourd. Le béton lourd est fabriqué avec des minerais de fer, du plomb. On note que le minerai de fer donne des bétons pesant de 3000 à 4000 kg/m³

Il est également possible d'utiliser des morceaux de fer peuvent être utilisés comme pieux, et la densité du béton atteint 5600 kg/m³ l'utilisation de sous-produits du haut fourneau tels que les abrasifs des convertisseurs d'oxygène et les déchets de silicium pour produire du béton

Dans certains cas, des agrégats de roche serpentine (silicates, d'une densité d'environ 2800 kg/m³) sont utilisés. Magnésium hydraté en général, les granulats de béton lourds doivent répondre aux exigences de densité et l'installation afin de protéger contre les radiations. Le ciment portland ordinaire est utilisé, mais il est préférable d'utiliser un ciment à basse température

Dans le cas de blocs de béton lourde, et le ciment rapide n'est pas utilisé durcissement ; de plus, n'utilisez pas d'accélérateurs ou d'additifs d'air piégé, mais vous pouvez utiliser plastifiants et retardateur.

Et puisque l'agrégat constitué de morceaux de fer a toujours tendance à se séparer lorsqu'il est mélangé ou déversé par les routes traditionnellement, il est préférable d'utiliser du béton lourd pré-emballé c'est plus approprié dans ce cas. Le béton pré-compacté est fabriqué en poussant et en pompant du mortier à travers les gravats vides sont propres, compacts, bien compactés et saturés d'eau. et quand vous pompez le mortier à travers les moules ou les broyeurs déplacent l'eau et l'air qu'ils contiennent et remplissent les vides et produisent ainsi un béton d'une densité élevée avec un pourcentage élevé d'agrégats. Ce béton se caractérise par la facilité de le couler dans certaines zones ou zones condition où le coulage du béton conventionnel est difficile.

1.4.10. La Masse béton

C'est un béton de grande masse, comme le béton des barrages et des réservoirs souterrains, ou tout béton tel que sa taille est si grande qu'elle nécessite de prendre des précautions contre la génération de chaleur résultant de l'hydratation ciment et le retrait et la fissuration du béton qui en résultent. Le grand bélier est utilisé dans le béton de masse il peut mesurer environ 15 cm en raison de la présence d'une température de réaction élevée du ciment, il convient de prendre quelques précaution nécessaires telles que :

L'utilisation de ciment à basse température.

-utilisation d'une faible teneur en ciment, mélange maigre remplacement de 10 à 20 % du ciment par une substance pouzzolanique telle que la poussière de silice ou la cendre volatil

-utiliser de la glace pilée au lieu d'une partie de l'eau de gâchage, et ce processus est appelé pré-refroidissement.

La présence de tuyaux en acier minces à paroi mince à l'intérieur du bloc de béton à travers lesquels passent les cycles d'eau froide pour réduire la température et ce processus est appelé post- refroidissement.

-couler sur des couches de faible hauteur d'un mètre maximum.

-Isoler la surface du béton avec des seuils de polystyrène ou d'uréthane dans le but de réguler le taux hypothermie (pas d'hypothermie), afin que la différence de stress par rapport à la chute rapide soit réduite. Le béton doit devenir un matériau dur et relativement indéformable.

1.5. Propriétés fondamentales d'un béton [5]

1.5.1. Propriétés du béton modulable

C'est-à-dire qu'on peut lui faire prendre facilement des formes volumiques assez simples, une grande variété des formes qu'il peut épouser, c'est à cause de la maniabilité. Durci : avec le temps mécaniquement résistant. Compacité : la résistance à la compression d'un béton contenant suffisamment de liant croit avec sa compacité. Maniabilité et résistance mécanique sont deux (02) objectifs contraires :

- Eau en excès et bonne maniabilité, mauvaise résistance.
- Granulat roulé bonne maniabilité, mauvaise résistance
- Granulats concassés mauvaise maniabilité, bonne résistance

Pour réaliser un béton qui répond aux deux critères, il faut optimiser tous les facteurs

1.5.2. Propriétés essentielles

Pour utiliser au mieux le béton, il faut bien connaître ses propriétés à l'état frais et à l'état durci

a. Béton frais ouvrabilité (ou maniabilité) :

C'est qualité du béton ; qui se traduit par la capacité du béton de bien remplir tous l'espace du coffrage et d'assurer un bon enrobage des armatures. L'ouvrabilité d'un béton est couramment appréciée par le test du cône d'Abrams, ou le béton est mis dans un moule conique, l'affaissement du béton une fois le moule enlever donne une appréciation sur sa maniabilité.

La mise en place du béton dans le moule se fait en 4 couches d'épaisseurs égales, piquer à l'aide d'une tige à raison de 25 coups pour chaque couche. Le cône est ensuite enlevé doucement sans secousses

Le tableau suivant montre les différentes formes de béton selon leur affaissement trouvé

Tableau 01 : vibration recommandé en fonction de l'ouvrabilité du béton

Affaissement (cm)	Béton	Mise en œuvre
0 à 2	Très ferme	Vibration puissante
3 à 5	Ferme	Bonne vibration
6 à 9	Plastique	Vibration courante
10 à 13	Mou	Piquage
>13	Très mou	Leger piquage

b. Béton durci résistance mécanique :

La résistance mécanique la plus importante pour le béton étant la résistance à la compression, elle est couramment mesurée sur des éprouvettes cylindriques 16*32 cm (16 cm de diamètre et 32 cm de hauteur) ou 15*30 cm. Le béton reste toujours avec leurs inconvénients tels que : temps de durcissement relativement long, une exécution peu précise et difficulté de reprise des ouvrages en cas de transformations. Le béton de ciment présente une excellente résistance à la compression, mais une faible résistance à la traction, et donc aussi à la flexion à peu près 1/10 de sa valeur de compression.

c. Résistance à la compression :

Le béton a une résistance en traction très faible, qui n'est que rarement mise en valeur dans les structures (exception faite par exemple dans le domaine routier). C'est donc en général la résistance en compression qui sert de caractérisation de base du béton durci.

Cette résistance en compression est déterminée suivant la norme européenne NF.

La résistance à 28 jours après un durcissement à l'eau sert en général de référence.

La norme EN 206 définit différentes classes sous la forme CX/Y (ex : C 25/30) X est la résistance caractéristique (c'est-à-dire garantie dans 95% des cas) mesurée sur cylindre 16*32 cm, tandis que Y est la résistance (du même béton) mesurée sur cube 15*15 cm.

La résistance à la compression s'explique par la réaction d'hydratation du ciment portland, mélange de gypse finement co-broyés.

Le clinker se compose principalement des quatre minéraux suivants dans des proportions variables : silicate tricalcique C₃S ? Silicate bi calcique C₂S ? Aluminate tricalcique C₃A et aluminoferrite-tétracalcique C₄AF.

La réaction du C₂S et du C₃S avec l'eau conduit à la formation d'hydrates dont les principaux sont les cristaux de C-S-H (CaO - SiO₂ - H₂O) qui sont en majeure partie responsables du durcissement de la pâte de ciment, permettant à cette dernière de reprendre les charges extérieures et donc de participer à la résistance macroscopique du béton (Regourd, 1982) (Foliot et Bueil, 1982)

La liaison entre la pâte durcie et les granulats qu'elle enrobe conditionne également la résistance mécanique du béton.

On observe, autour des granulats dans le béton durci, une zone de pâte hydratée particulière : l'auréole de transition. Cette auréole a des propriétés différentes de la pâte dans sa masse, en fonction de la porosité des granulats.

Dans le cas de granulats non poreux, l'auréole comporte une couche de cristaux de grandes dimensions, très poreuse et de cohésion faible, générant des zones de faiblesse pour les bétons soumis à des actions mécaniques (Maso, 1982). 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, la porosité du béton et le facteur E/C rapport du dosage en eau au dosage en ciment, etc [6].

1.6. 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 [7].

Plusieurs auteurs Bolomey (1925), Caquot (1937), valette (1940), Faury(1942), Joisiel (1952), cités dans la référence [Dreux et Festa, 1998] ont développé des méthodes de formulation de béton. 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 (Louvét F.) cité dans [Baron et Oliver, 1996].

La composition du béton a pour but de déterminer les proportions des divers constituants (ciment , eau, sable et gravier ou pierres concassées) conduisant à des bétons dont l'ouvrabilité est compatible avec les moyens de mise en œuvre et qui possédera, après durcissement , les meilleures caractéristiques bonne étanchéité, résistance mécanique élevée, faible retrait, etc....).

Quelle que soit la méthode utilisée, la composition du mélange calculée ne correspondre parfaitement au béton désiré, car il n'est pas possible d'appréhender avec précision la composition du béton, ceci peut être du à la qualité des constituants qui influent sur la qualité du béton : forme, angularité, porosité, types granulats, finesse de mouture et classe de résistance vraie du ciment, etc...

La détermination de la composition du mélange de béton n'est qu'une première approche de préparation de mélanges d'essais qui permettront de corriger expérimentalement la composition calculée pour aboutir au béton désiré.

1.6.1. Méthodes de formulation du béton :

L'étude de la composition du béton a pour but de déterminer le dosage en ciment, granulats (agrégats fins : sable et gros agrégats : gravier ou pierres concassées) et en eau pour un dosage de 1m³ béton frais, afin d'obtenir un mélange homogène et d'une compacité élevées, ainsi qu'une résistance mécanique volume (exigée).

1.6.1.1. Méthode de Dreux- Gorisse : [8]

Cette méthode française est de nature fondamentalement empirique qui de 1970. Dreux a mené une large enquête pour recueillir des données sur des bétons satisfaisant, sur la base d'une analyse statistique de ce grand nombre de bétons et en combinant les courbes granulaires obtenues, ils ont pu fonder une approche empirique pour déterminer une courbe granulaire de référence ayant la forme de deux lignes droites dans un diagramme semi-logarithmique.

Elle est d'autre part très simple d'utilisation puisqu'elle ne demande que de connaître les courbes granulométriques des granulats utilisés [06]

Et cette méthode a pour but de définir d'une façon simple et rapide une formule de composition à peu près adaptée au béton étudié, mais seules quelques gâchées d'essai y la confection d'éprouvettes permettront d'ajuster au mieux la composition à adopter définitivement en fonction des qualités souhaitées et des matériaux effectivement utilisés.

Toutes ces méthodes pratiques de calcul du mélange du béton reposent sur des règles empiriques dérivant des recherches expérimentales. Ces règles sont fondées sur certaines hypothèses concernant les propriétés des matériaux utilisés.

Les quatre critères de base de cette méthode sont :

- L'ouvrabilité ou la plasticité désirée est fixée par l'affaissement au cône. Elle dépend :
- De la nature de l'ouvrage, de la difficulté de bétonnage, des moyens de serrage, etc...
- La résistance souhaitée R'_{28} (rupture en compression à 28 jours) est prise égale pour la valeur moyenne visée à la résistance caractéristique de mandée majorée 15 %

Résistance visée :

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

• Dosage en ciment et en eau :

$$\sigma'_{28} = G * \sigma'_{c} [(C/E) - 0.5]$$

« Formule de Bolomey »

Avec :

σ'_{28} : résistance moyenne désirée (à 28 jours) en bars

G : coefficient granulaire,

σ'_c : classe vraie du ciment (à 28 jours) en bars,

G : coefficient granulaire. (Annexe)

C : dosage en ciment en Kg/m^3 ,

E : dosage en eau sur matériaux secs en l/m^3 .

-par la suite d'après le rapport C/E on détermine le volume d'eau comme suit :

$$E = \text{le rapport } (C/E) * \text{dosage de ciment.}$$

Tracé de la courbe granulaire de référence OAB :

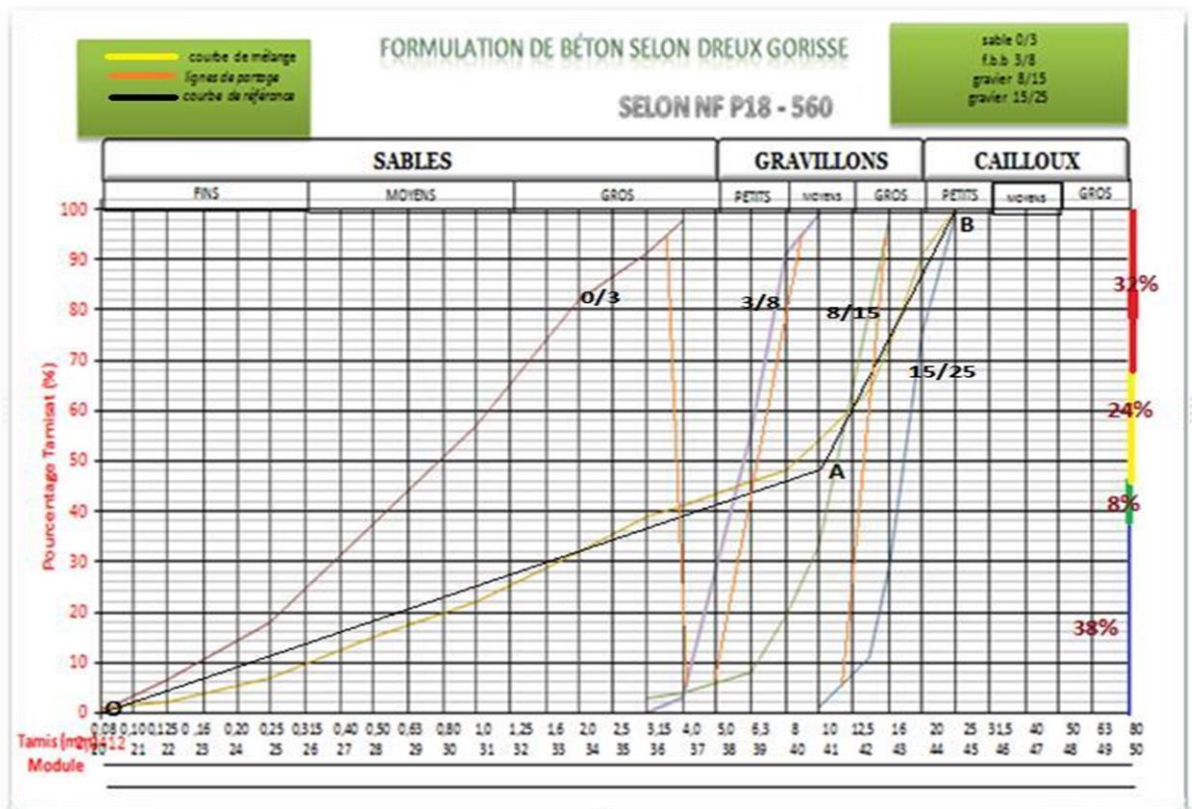


Figure 02 : la courbe optimale type selon la méthode Dreux-Gorisse

-Sur le graphe d'analyse granulométrique, type AFNOR (pourcentage de tamisât en fonction du module ou diamètre de tamis) nous traçons une composition granulaire de référence OAB avec :

-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 granulats).

Le point de brisure A aux coordonnées [D/2 ; Y], suivantes :

- En abscisse :

-Si $D < \text{ou égale } 20 \text{ mm}$, le point de brisure a pour abscisse : $A = D/2$

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

D : diamètre du plus gros granulats

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 granulaire du plus petit granulats au point d'ordonnée 5%, de la courbe granulaire du plus gros granulats. Le point de 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 1m^3 :

$$V_{abs} = V_S + V_G + V_C = 1\text{m}^3$$

V_{abs} : La masse absolue de ciment Kg/m^3

V_S , V_G et V_C : le volume de sable, gravier et ciment respectivement d'un mètre cube du béton.

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

- Volume absolu de granulats :

De la relation de $\gamma = (V_C + V_g + V_S)$ on en déduit V_g et V_S

En remplaçant le volume de granulats $V_S + V_g$ par la valeur V_G , alors $\gamma = (V_C + V_G)$

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

V_G : Volume absolu des granulats en litre ($V_G = V_g + V_S$)

γ : Coefficient de compacité (Annexe)

- Volume de sable = le pourcentage $\times V_S$

- 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 $S = V_S \times MV_{abs}$

- Masse de gravillons $G_{3/8} = V_G \times MV_{abs}$

$$G_{8/15} = V_G \times MV_{abs}$$

$$G_{15/25} = V_G \times MV_{abs}$$

Finalement on trouve les quantités des masses de gravier, sable et eau et dosage de ciment pour un mètre cube de béton.

La dimension maximale D_{max} des granulats doit être fixée en premier lieu.

La nature du ciment à utiliser doit tenir compte de l'agressivité du milieu ambiant.

Cette méthode est une synthèse de ce qui nous est apparu comme le plus valable et le plus intéressant dans les méthodes existantes connues (Faury, Bolomey, etc...)

1.6.1.2. Méthode de Bolomey [9]

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

La formule de base est la suivante. $P = A + (100 - A)\sqrt{d/D}$

P : est le pourcentage de grains passant à la passoire de diamètre

D : est le diamètre des plus gros grains

A : la valeur de A dépendra de

- La consistance souhaitée de béton
- La provenance des granulats

Elle varie de 6 à 16, étant d'autant plus élevée que le dosage en ciment est plus fort.

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

1.6.1.3. Méthode de Faury [10]

Cette méthode qui date de 1942 s'inspire des travaux de Caquot Faury. La méthode prend comme échelle

La particularité de cette méthode est qu'elle est :

- Application à tous les granulats, qu'elle que soit la masse volumique Faury à distinguer des grains fins et moyens des celles gros et la pente de la droite n'est pas la même pour chacune de ces deux courbes, il adopta aussi une échelle des abscisses graduée en $5\sqrt{d}$ l'abscisse du point de rencontre de ses deux droites est fixée $D/2$ et son ordonnée :

- En abscisse, la $\sqrt[5]{D}$

- En ordonnée, la décimale suivant le pourcentage en volume absolu de matière passant à travers les passoires correspondantes.

- Le calcul est-il fait par les étapes suivantes

$$D_{max} = D_{n-1} \left(1 + \frac{X}{2Y}\right)$$

D_{n-1} : Le diamètre qui correspond au tamis n-1

X : le refus sur le tamis n-1

Y : le refus entre D_{n-1} et $\frac{D_{n-1}}{2}$

Alors
$$D_{max} = D_{n-1} \left(1 + \frac{X}{2Y}\right)$$

$$y \frac{D_{max}}{2} = 27 + 17.8 \sqrt[5]{D_{max}} + 3.5$$

- On calcul $\frac{D}{2}$

D : la fraction max de la classe supérieure

$D_{100\%}$ D : le diamètre du tamis situé avant le premier tamis d'analyse granulométrique.

-D'après ce calcul la courbe de référence de Faury est définie par trois points

$$[0.0065 ; 1] ; \left[\frac{D}{2} ; Y \frac{D_{max}}{2} \right] ; [D_{100\%} ; 100\%]$$

- après le traçage la courbe granulaire de FAURY.

- A : constante, traduisant la maniabilité du béton.
- B : constant traduisant l'importance du serrage du béton.
- D : plus grande dimension de tamis.
- R : rayon moyen démoule.

1.6.1.4. Méthode d'Abrams [11]

C'est une règle de mélange basée sur l'obtention d'un certain module de finesse global pour le mélange de granulats à partir de la connaissance des modules de finesse des granulats à employer.

Le module de finesse du mélange est choisi de manière que les vides dans ce mélange soient en principe, réduits au minimum ; les modules optimaux pour béton de granulats roulés, déterminés expérimentalement par Abrams, sont indiqués dans le tableau (i 1). En fonction du dosage en ciment et de la dimension D du granulat le plus gros.

Tableau N °02 : valeurs optimales d'après ABRAMS, du module de finesse des compositions granulaires des bétons courants.

D max	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Dosage de ciment Kg/m ³	10	15	20	25	30	40	50
275	4.05	4.45	4.85	5.25	5.60	5.80	6.00
300	4.20	4.60	5.00	5.40	5.65	5.85	6.20
350	4.30	4.70	5.10	5.50	5.73	5.88	6.30
400	4.40	4.80	5.20	5.60	5.80	5.90	6.40

La règle de mélange d'ABRAMS, permet de calculer les pourcentages relatifs des granulats du module de finesse MF1 et MF2, choisi pour obtenir un module de finesse MF choisi pour le mélange.

1.6.1.5. Méthode DE La VALLETTE [12]

La VALETTE a mis au point une méthode essentiellement expérimentale. Mais qui nécessite cependant un certain nombre de calcul préparatoire dans les cas les plus courants, on partir en général de deux granulats (béton binaire) : un sable 0/5 mm et un gravier présentant le plus souvent une certaine discontinuité avec le sable. On calcul d'abord le dosage de sable et ciment devant donner en principe le mortier plein à minimum de ciment , ce dosage s' obtient en mesurant les vides de sable moulé et ou calcula tant le

dosage en ciment permettant de remplir le volume des vides du sable par un volume égale de pâte pure de ciment . On ajoute ensuite le maximum de gravier mouillé compatible avec une ouvrabilité permettant un moulage correct et une mise en œuvre facile dans les conditions du chantier.

On obtient alors le béton plein à minimum de sable et le moins dosé (en ciment). Les dosages en ciment auxquels on aboutit ainsi sont presque toujours très nettement au – dessous des dosages nécessaires pour obtenir les résistances et la plasticité nécessaires.

1.6.1.5. Méthode de Joisel [13]

S'inspirant comme Faury de théorie de Caquot mais en la généralisant, A Joisel propose de considérer que la loi de granulation conduisant à la compacité maximale est fonction de $m\sqrt{d}$, m dépendant de la compacité avec laquelle se serre un granulat de dimension uniforme selon les moyens de serrage, m peut alors varier de 3 à 10. Comme dans la théorie de Faury, on aboutit donc en principe à une granularité continue sauf, bien entendu, si les granulats dont on dispose en pratique présentent une discontinuité.

Comme pour les méthodes de Faury et valette, le dosage en ciment déterminé par cette méthode est le dosage minimal correspondant théoriquement sur le plan granulométrique, à la compacité maximale, ce dosage est en général nettement inférieur (150 à 200 Kg/m³) au dosage nécessaire ou exigé (250 à 400 Kg/m³) dans la plus part des cas .une correction doit être apportée dans ce sens.

1.7. Le rapport E/C [14]

Règle générale le rapport E/c est compris entre 0.4 et 0.6 la quantité d'eau nécessaire à l'hydratation du ciment est de l'ordre de 20 à 25% de la quantité de ciment en masse. Le reste de l'eau permet d'assurer la maniabilité du béton à l'état frais.

Le rapport E/C est l'un des facteurs clés qui influencent de manière prépondérante l'ensemble des propriétés du béton.

Il est donc logique que, à travers le choix approprié de la classe d'environnement, le prescripteur limite le rapport E/C

Dans la pratique, lors de la fabrication du béton, on maîtrise l'E/C grâce à la connaissance de la teneur en eau totale du mélange. Celle-ci serait principalement grâce au suivi de l'humidité des constituants-via une mesure en continu par une sonde ou via une mesure en continu par une sonde ou via une mesure ponctuelle mais régulière par séchage (poêle, four, micro-ondes) et à la vérification régulière de la bascule à eau

On se base également sur la mesure de la consistance. Pour une composition donnée, celle-ci est en étroite relation avec la teneur en eau. Avec l'expérience, cette méthode donne une approximation suffisant du résultat mais ne remplace pas une mesure réelle de la teneur en eau du béton qui doit se faire régulièrement, notamment dans le cadre de la certification BENOR des bétons.

1.7.1. Choix du rapport E/C

Le choix du rapport E/C dépend des 2 éléments principaux suivants :

- La classe d'environnement : la norme béton NBN B15-001 définit, pour chaque classe d'environnement, un E/C maximum. le producteur prendra encore une petite marge de l'ordre de 0.01 ou 0.02 afin de tenir compte de la variation de ce paramètre.

- Les contraintes mécaniques auxquelles sera soumis le béton durci. Comme le montre un exemple en image, la résistance est fortement influencée par l'E/C. en connaissant la résistance moyenne visée du béton, ainsi que la résistance moyenne du ciment, on peut calculer l'E/C maximal du béton à l'aide de formules empiriques, la formule de walz par exemple :

$$f_{cm28} = 0.46 \cdot f_{cm, 28, cem} \cdot \left(\frac{C}{E} - 0.06\right)$$

$f_{cm, 28}$: résistance moyenne*du béton à 28j

$f_{cm, 28, cem}$: résistance moyenne du ciment à 28j

C/E : inverse du rapport E/C

*le producteur de béton visera une moyenne plus élevée que la valeur caractéristique de la classe de résistance, pour tenir compte de la dispersion des résultats.

L'E/C maximal retenu sera la plus petite valeur entre ces deux E/C. pour le béton prêt à l'emploi, l'E/C lié à la classe d'environnement sera déterminant dans la majorité des cas.

Pour des chantiers spécifiques, le rapport E/C peut être prescrit de manière plus exigeante. Sur ces projets faisant état d'exigences particulières de cet ordre il sera également utile de prendre des précautions supplémentaires lors de la mise en œuvre.

1.7.2. Eau efficace :

Dans le rapport E/C on tient compte de l'eau efficace.

Le concept d'eau efficace est défini comme suit :

- Eau efficace= eau totale – eau absorbée par les granulats

- Eau totale = eau de gâchage + eau contenue dans (eau absorbée) et à la surface (humidité de surface) des granulats + eau des adjuvants et des ajouts liquides.

1.7.3. Dosage en eau et en ciment :


Un dosage en ciment suffisant protégé efficacement les armatures contre la corrosion. Cette protection est assurée par la forte alcalinité de l'hydroxyde de calcium qui se forme pendant la prise et par une faible porosité du béton.

Pour que ces deux conditions soient toujours remplies, la norme NBN B15-001 prescrit des teneurs en ciment minimales en fonction de l'environnement spécifique. Par exemple, le béton armé mis en place dans un environnement de type EE3 (environnement extérieur, exposé à la pluie et au gel) doit contenir minimum 320 Kg de ciment par m³ de béton fini.

Le producteur de béton choisira souvent une quantité de ciment ou liant équivalent (voir ci-après) plus importante. Ceci peut-être le cas quand le producteur de béton veut augmenter la teneur en fines du béton. généralement, cela est fait dans les situations où la combinaison du C_{min} et E/C max mènerait à une teneur en eau inférieure à la quantité nécessaire pour assurer le "mouillage" du béton et éviter une viscosité trop importante de celui-ci. Cette quantité peut être calculée à base du "besoin en eau" des différents composants du béton ou bien estimée sur base d'expérience (dans le secteur du béton prêt à l'emploi des valeurs de 170 à 175 litre/m³ sont souvent appliquées).

1.8. La méthode choisie :

Pour l'étude expérimentale de la formulation du béton, on a utilisé la méthode de DREUX-GORISSE, nous avons respecté les étapes et le mode opératoire de laboratoire. Afin de voir l'influence de la qualité de la gâchage sur la résistance de compression de béton.



*Chapitre II : Etude
expérimentale (matériels et
essais)*

2.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre expérimental, est la caractérisation des matériaux utilisés dans ce travail, la composition de béton et sa résistance à la compression, ainsi tous essais sont normalisés et réalisés dans le cadre des normes au laboratoire de mdc dans l'université Ahmed Draya de la wilaya d'Adrar.

2.2. Matériaux utilisés :

2.2.1. Le sable :(Cosen concasseurKadiri)

Est un sable concassé.

a. L'analyse granulométrique NF P18-560 [15]

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des différents éléments constituant le sable.

- Nous avons utilisé une masse de 1000g du sable concassé

Tableau 03: analyse granulométrique du sable concassé

Tamis en (mm)	Refus partiel en (g)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en (%)	Tamisas (%)
3.15	3.3	3.3	0.33	99.67
2.5	17.7	21	2.1	97.9
2	101.8	122.8	12.28	87.72
1.25	250.4	373.2	37.32	62.68
1	118.6	491.8	49.18	50.2
0.63	149.2	641	64.1	35.9
0.4	112.7	753.7	75.37	24.63
0.315	48.9	802.9	80.29	19.71
0.2	64.2	866.8	86.68	13.32
0.16	17.9	884.7	88.47	11.53
0.08	57.4	942.1	94.21	5.79
0.063	47.6	989.7	98.97	1.03

c. Module de finesse : NF P 18 -540 [16]

La norme [XP P 18- 540] définit le module de finesse d'un sable, qui caractérise sa granularité, comme 1/100 de la somme de refus.

Le module de finesse d'un sable est égal au centième de la somme des refus exprimés en pourcentage sur les tamis de la série suivant : 0.16 – 0.315 – 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5 mm

Est donné par :

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{refus cumulés en \% des tamis [0.16 – 0.315 – 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5]}$$

$$Mf = \frac{96.2+48.34+41.94+19.64+0.88+7.89}{100} = 2.15\%$$

c.la masse volumique absolue et apparente : NF P 18 – 555 [17]

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.

La masse volumique absolue

Principe de l'essai : On opère en comparant la masse (m_s) d'un volume connu de sable (v_s) à la masse (m) d'un même volume d'un liquide dont la masse volumique (ρ) est connue.

Tableau 04 : résultats obtenu de la masse volumique absolue de sable concassé

Essais	Unité	Essai 01	Essai 02	Essai 03
Poids de pycnomètre vide (W_1)	g	245.7	245.8	245.6
Poids de pycnomètre +eau (W_2)	g	1243.1	1239.5	1240.4
Poids de pycnomètre +échantillon (W_3)	g	495.7	493.5	494.1
Poids de pycnomètre + échantillon+ eau (W_4)	g	1399	1393.2	1394.5
Poids du matériau ($W_5 = W_3 - W_1$)	g	250	247.7	248.5
Le volume du matériau ($V_s = (W_2 - W_1) - (W_4 - W_3) / \gamma_w$)	cm^3	94.1	94	94.4
Le volume spécifique de sable	g/cm^3	2.65	2.64	2.63

$(\gamma_s = W_s/V_s)$				
La moyenne	g/cm^3	2.64		

La masse volumique apparente :

La masse volumique apparent d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

- La masse volumique apparente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté.
- La masse volumique apparente est donné par : $\rho_{app} = \frac{m}{V}$

L'essai est répété 3 fois pour un volume de 1 litre ($1dm^3$) et la moyenne de ces essais donne la valeur de la masse volumique apparente.



Photo 01 : la masse volumiques apparente de sable et gravier

Tableau 05 : résultats obtenu de la masse volumiqueapparentedu sable concassé

La matière	Sable concassé		
N° de l'essai	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Volume de moule $1dm^3(g)$	1927.6	1927.6	1927.6
La masse de moule + échantillon (g)	3316.1	3281.7	3284.0

La masse volumique apparent (ρ_{app})	1.72	1.70	1.70
La moyenne de masse volumique	1.71		

d. L'équivalent de sable (mesure de la propreté) NF P 18 – 597 [18]

Cet essai a pour but de mesurer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons, l'essai consiste à séparer les floccules fins contenus dans le sable. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci selon la norme [P18 - 597].

L'équivalent de sable est donné par :

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

ES_V = équivalent de sable mesuré au piston.

h_1 : Hauteur du sable propre et élément fins.

h_2 : Hauteur du sable propre seulement au piston.

L'essai est répété 3 fois



Photo N°1: Essai de l'équivalent de sable

Tableau 06 : résultats d'équivalent de sable

N° de l'essai	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Hauteur (h_1) en cm	11.7	12.3	12.9
Hauteur (h_2) en cm	9.1	8.5	8.1
Equivalent de sable (ES_V)%	77.77	69.10	62.8
La moyenne	$ES_V = 69.89$		

2.2.2. Le gravier :

Dans ce travail on a utilisé trois classes de gravier de 3/8, 8/15 et 15/ 25.

a. Analyse granulométrique : la norme NF P18-560

Objectif :

- L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0.063 et 125 mm. On appelle :

_ Refus sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.

_ Tamisât(ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

Principe de l'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

Les masses des différents refus et tamisâtes sont rapportées à la masse initiale du matériau.

Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

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

Tableau 07 : Analyse granulométrique du gravier de classe 3/8 (m= 3000 g)

Tamis en (mm)	Refus partiel en (g)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en (%)	Tamisas (%)
8	1.1	1.1	0.069	99.931
6.3	24.5	25.6	1.6	98.4
5	291.1	316.7	19.75	80.25

4	384.5	701.2	43.82	56.18
2.50	644.9	1346.1	84.131	15.869
2	130.5	1476.6	92.29	7.71
1.25	62.8	1539.4	96.21	3.79
1	57.8	1597.2	99.82	0.18

- Nous avons utilisé une masse de 3000g du gravier 8/15

Tableau 08 : Analyse granulométrique du gravier de classe 8/ 15

Tamis en (mm)	Refus partiel en (g)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en (%)	Tamisas (%)
20	8.15	8.15	0.27	99.73
16	268.8	276.95	9.23	90.77
14	727.7	1004.65	33.48	66.52
12.5	681.5	1686.15	56.21	43.79
10	809.1	2495.25	83.175	16.83
8	382.5	2877.75	95.92	4.08
6.3	96.2	2973.95	99.13	0.87
5	13.6	2987.55	99.58	0.42

- Nous avons utilisé une masse de 5000g du gravier 15/25

Tableau 09 : Analyse granulométrique du gravier de la classe 15/25

Tamis en (mm)	Refus partiel en (g)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en (%)	Tamisas (%)
25	0	0	0	100
20	240.6	240.6	4.812	95.188
16	2420.9	2661.5	53.23	46.77
14	1634.2	4295.7	85.91	14.09
12.5	436.2	4731.9	94.64	5.36
10	249.2	4981.1	99.62	0.38

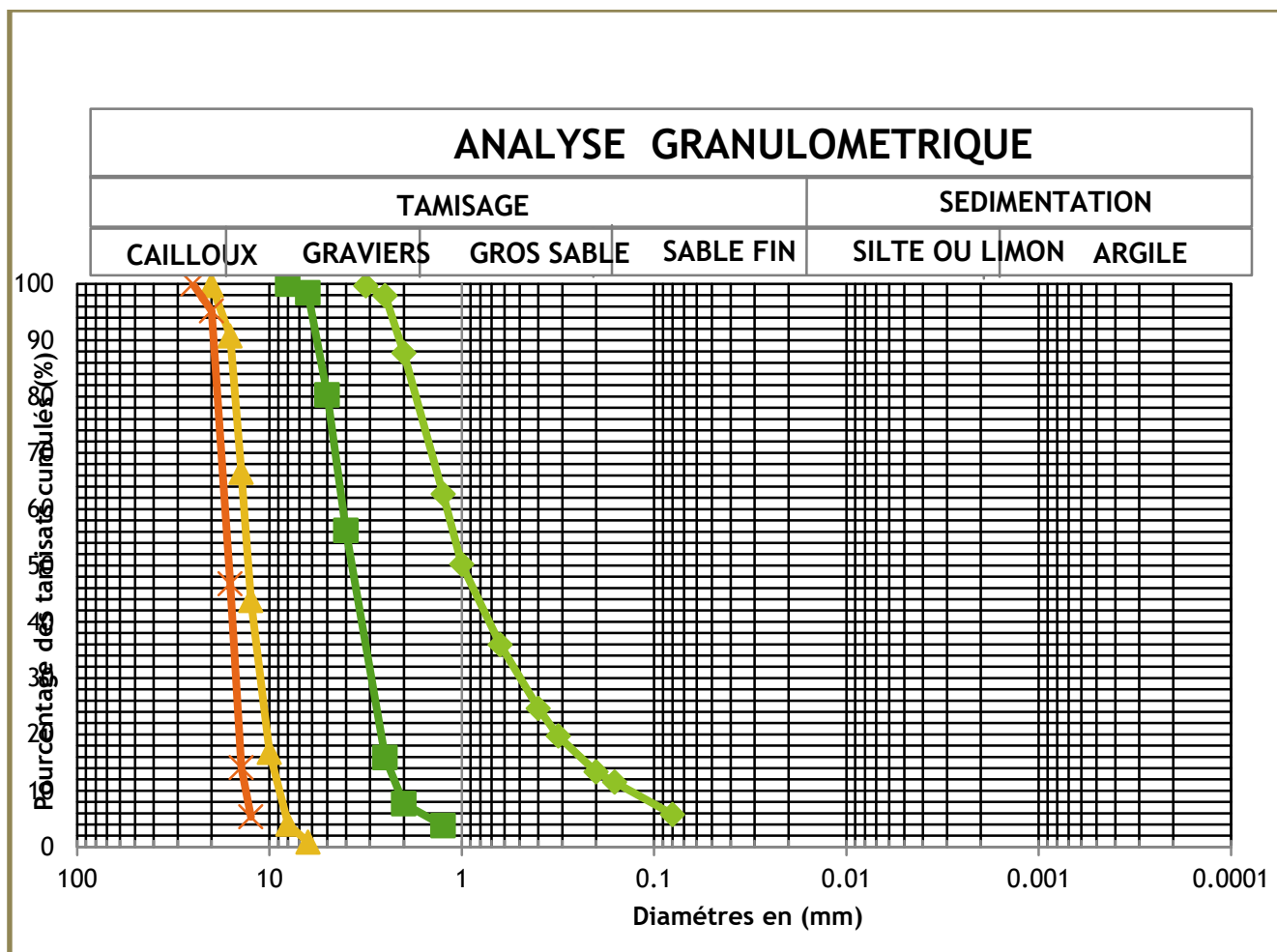


Figure 3 : les courbes d’analyse granulométrique de sable et gravier

b. les masses volumiques apparentes et absolues NF EN 12620 [19]

Nous avons déterminé les masses volumiques apparentes et absolues des graviers conformément à la norme NF EN 12620. La masse volumique apparente est comprise entre 1190Kg/m³et 1600Kg/m³ la masse volumique absolue est nettement plus élevées et est comprise entre 2500Kg/m³ et 2620Kg/m³. Les résultats des masses volumiques obtenus pour les différents graviers, sont récapitulés sur le tableau suivant :

Tableau 10 : masses volumiques des graviers

Classe de Gravier	Mvapp (Kg/m ³)	Mvabs (Kg/m ³)
Gravier 3/8	1.71	2.63
Gravier 8 /15	1.68	2.6
Gravier 15/25	2.3	2.6

2.2.3. Le ciment

Le ciment utilisé dans cette étude est un ciment portland composés (STG) de CEMII/A-L de classe 42.5 fabriqué par la cimenterie de SIDI MOUSSA ADRAR, avec une composition chimique donnée par le fabricant à l'annexe, et les analyses physiques et mécaniques du ciment sont déterminées au laboratoire de matériaux de construction dans l'université Ahmed Draya Adrar.



Photo N°2 : Le ciment utilisé

2.2.3.1. Les essais de ciment :

a. Essai de prise de la pâte de ciment (NF P 15- 473 - NF EN 196-3) [20] :

Dès que le ciment anhydre a été mélangé avec de l'eau, hydratation commence et les propriétés de la pâte ainsi obtenue sont évolutives dans le temps tant que cette hydratation n'est pas trop avancée la pâte reste plus ou moins malléable voire plastique, mais au bout d'un certain temps, le matériau devient de plus en plus difficile à travailler et sa température augmente : il fait prise et s'apparente à un solide.

On mesure l'enfoncement d'une aiguille de $\varnothing 1,13$ mm, fixée à la partie mobile de l'appareil de Vicat dont la masse total est de 300 g, dans une pâte de ciment maintenue dans un moule tronconique. Lorsque l'aiguille s'arrête à une distance $d=4$ mm (+ OU - 1mm) de la plaque de base plane, on dit qu'il y a début du temps de prise ; et lorsque l'aiguille avec l'accessoire annulaire ne s'enfonce plus que de 0,5 mm par rapport au sommet du moule tronconique, on a atteint le temps de fin de prise.



Photo N°03 : essai de prise (Vicat)

b. Essai de consistance normalisé sur la pâte de ciment (NF P15-473 et NF EN 196-3) [20] :

La pâte de ciment est composée de ciment (c) et d'eau (e). On définit souvent le rapport E/c ou C/E qui permet d'obtenir une pâte de consistance normalisée : ni trop fluide, ni trop peu d'eau. On connaît les valeurs courantes de ces rapports, mais une variation minimale de ces ratios ou des dispersions de température ou d'hygrométrie modifie rapidement la consistance de la pâte. Des adjuvants (plastifiants ou super plastifiants) permettent de modifier les rapports C/E ou E/C sans perturber l'ouvrabilité ou la maniabilité du béton.

Pour déterminer ces rapports on effectue l'essai de consistances avec l'appareil de Vicat on mesure l'enfoncement d'une sonde amovible de diamètre 10 mm, fixée à la partie mobile de l'appareil de Vicat dont la masse totale est de 300g, dans une pâte de ciment maintenue dans un moule tronconique.

L'enfoncement est fonction de la consistance de la pâte : on parle de consistance normalisée lorsque la sonde s'immobilise au plus tard 30 secondes après l'avoir lâchée à une distance $d=6\text{mm}$ (+ou -1mm) du fond du moule.

Si d n'est pas atteint, il convient de modifier le rapport C/E ou E/C afin d'obtenir la consistance normale.

c. La masse volumique absolue de ciment

Principe de l'essai : Le ciment est un corps réagissant avec l'eau, on utilise un liquide qui ne réagit pas avec le ciment.



Photo N°4 : Essai de masse volumique absolue de ciment

Tableau11: Masse Volumique du ciment

N° de l'essai	Essai 01	Essai 02	Essai 03
Poids de moule (W ₁) (g)	29	28.6	28.9
Moule + ciment (W ₃) (g)	39	38.9	39
Moule + mazout (W ₂) (g)	75	74.4	74.2
M+ C+ ma (W ₄) (g)	81.8	81.9	81.8
P _C (g/m ³)	3.1	2.7	3.1
La moyenne	2.96		

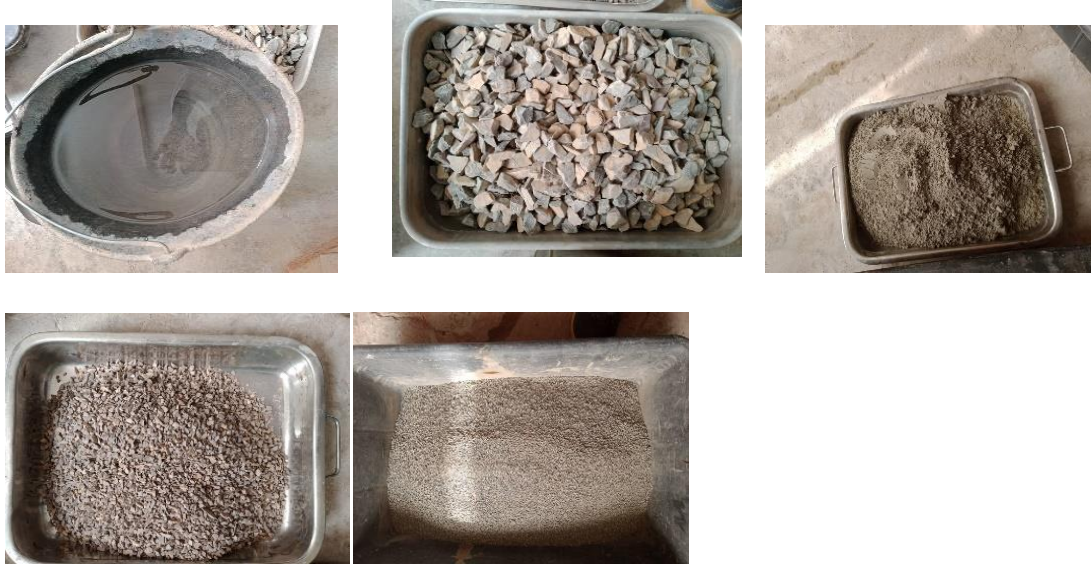
2.2.4 : L'eau de gâchage :

On a utilisé 5 eaux de gâchage car nous étudié l'effet de l'eau de gâchage sur la résistance du béton

Les eaux utilisées sont :

- 1)- L'eau du robinet d'ADRAR,
- 2)- l'eau distillée,
- 3)- Solution de sel (2%, 4%, 6% de sel de table),
- 4)- Solution de sucre (2%, 4%, 6% de sucre),
- 5)- l'eau de Tamemtite (Adrar),

L'analyse chimique de l'eau a été effectuée au laboratoire de chimie dans l'université Ahmed Draya Adrar, l'analyse montre que la potabilité chimiques est de bonne à passable. Les détails des analyses chimiques sont regroupés à l'annexe



Photos N°5 : Les matériaux utilisés

2.2.5. Formulation de béton :

Pour l'étude expérimentale de la formulation du béton, ont utilisé la méthode de DREUX-GORISSE, nous avons respecté les étapes et le mode opératoire de laboratoire tel qu'il est. Afin de voir l'influence de la méthode de composition sur la résistance à la compression.

2.2.5.1 : La formulation par la méthode de DREUX- GORISSE

→ **Résistance visée :**

Par sécurité, la résistance visée est majorée de 15% par rapport à la résistance que nous souhaitons obtenir. Ainsi, la résistance visée est obtenue comme suit :

La résistance désirée pour le béton à 28 jours est : $\delta_{28j} = 25 \text{ MPa}$

La résistance visée vaut alors : $\delta'_{28j} = 1.15 * 25 = 28.75 \text{ MPa}$

→ **Dosage en ciment et en eau :**

La formule ci-dessous permet de calculé la résistance à la compression visée à 28jours, soit :

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

$$f_c' = \delta'_{28j} \text{ résistance visée à 28 jours donc : } f_c' = 28.75 \text{ MPa}$$

$$f_c' = G * F_{CE} \left(\frac{C}{E} - 0.5 \right) \rightarrow \frac{C}{E} = \frac{28.75}{0.4 \times 55} + 0.5 = 1.80$$

→ Dosage en ciment d'un mètre cube de béton :

Notre étude est sur un béton courant et l'affaissement de ce béton égal 8cm (A=8cm), donc on choisit le dosage de ciment égal 370Kg/m³ (C= 370Kg/m³)

- D'après le rapport $\frac{C}{E} = 1.80$ la quantité d'eau sera estimée comme suit :

$$E = \frac{370}{1.80} = 206E = 206 \text{ L} \implies$$

Cette quantité est confirmée par le calcul théorique par le rapport $\frac{C}{E}$ et pratiquement par l'affaissement souhaité A au cône d'ABRAMS, nous déduisons, grâce à l'abaque $\frac{C}{E}$ en fonction de A, le dosage en eau correspondant (annexe)

Trace la courbe granulaire de référence OAB :

Nous traçons une courbe de référence OAB avec :

- Le point O est repéré par ses coordonnées : [0.063 ; 1.03]
- Le point B est repéré par ses coordonnées : [D_{max} ; 100], (D_{max} : le diamètre du plus gros granulat).

Le point de brisure A aux coordonnées suivantes :

En abscisse :

- Le plus gros granulat est $D_{max} = 25\text{mm}$ ci-a-dire ($D_{max} > 20\text{mm}$) alors le point de brisure $X_A = \frac{[5; D_{max}]}{2} = 11.25$

En ordonnée :

$$\text{On a } Y = 50 - \sqrt{D_{max}} + K' \quad \text{ou} \quad K' = K + K_S + K_P$$

K : Terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de l'efficacité du serrage, de la forme des granulats roulés ou concassé, pour notre cas : de gravier concassé.

K_S : est correction supplémentaire fonction de la granularité du sable,

$K_S = (6M_F - 15)$ avec M_F le module de finesse du sable.

K_P : Correction supplémentaire si le béton est pompé, $K_P = +5$ à $+10$ selon le degré de plasticité désiré. (Nous avons béton no pompé ci-à-dire $K_P = 0$)

Donc :

$$K = +2 \quad ; \quad K_S = 6(2.72) - 15 = + 1.32 \quad ; \quad K_P = 0 \implies K' = 3.32$$

$$\text{Alors} \quad Y = 50 - \sqrt{25} + 3.32 = 48.32$$

Ainsi, les coordonnées du point de brisure A sont :

$$[11 ; 48.32]$$

⇒ Les lignes de partage de 95% et 5% d'ordonnée sont tracées sur la figure suivante :

⇒ Nous obtenons donc un mélange optimal avec un volume absolu de 33% de sable et de 60% de gravier (Gravier 3/8 + Gravier 8/15 + Gravier 15/25)

Sur la courbe de granulométrie, les points d'intersection entre les lignes de partage et la courbe OAB donne les pourcentages des granulats suivants :

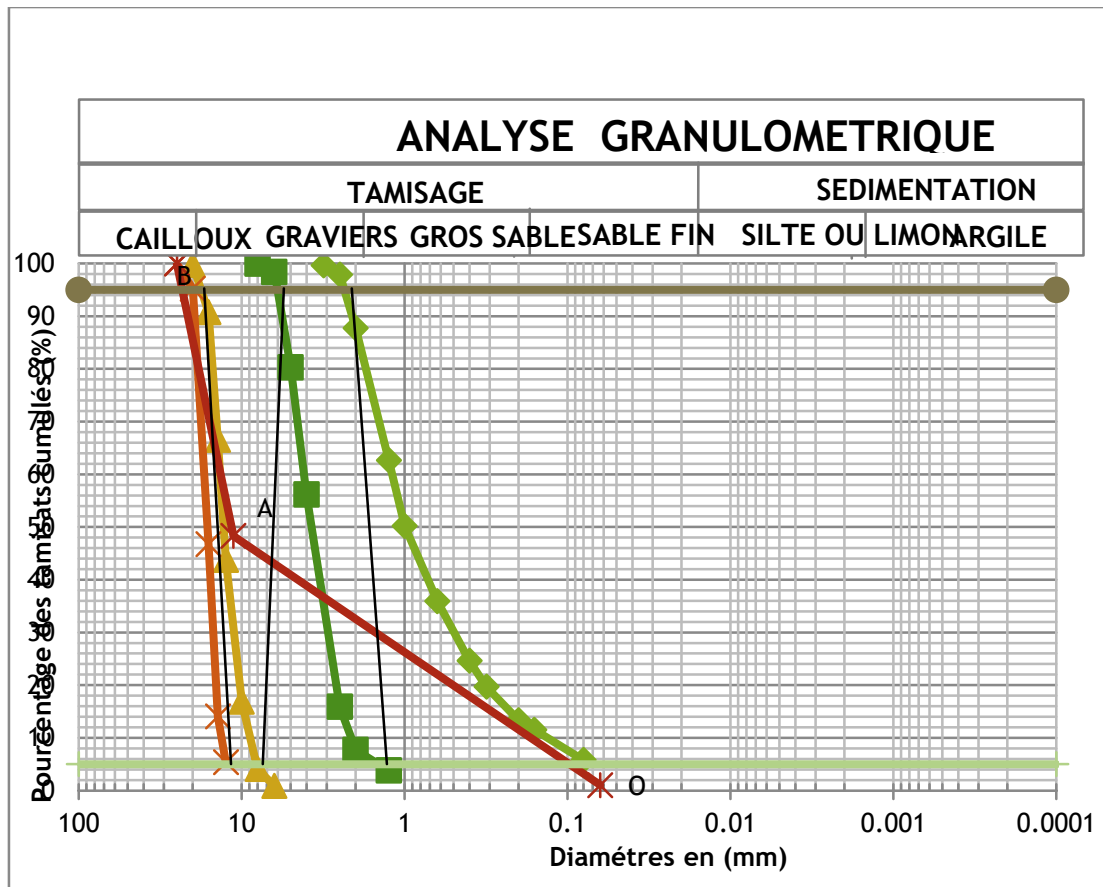


Figure 04 : la courbe de la référence OAB

- Sable : 33%
- Gravier 3/8 : 11%
- Gravier 8/15 : 31%
- Gravier 15/25 : 25%

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 1m³

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

$$V_c = \frac{370}{3.1} = 119.35 \text{ L}$$

- Volume absolu de granulats :

De la relation de $\gamma = (V_s + V_g + V_c)$ 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 ($V_G = V_g + V_s$)

γ : Coefficient de compacité $\gamma = 0.825 - 0.03 = 0.795$

Alors $V_G = (1000 \times 0.795) - 119.3$

$$V_G = 675.7$$

Volume de sable :

$$V_s = 675.65 \times 0.33 = 222.96$$

Volume de gravillons

$$V_g = 0.69 \times 675.65 = 466.19$$

Volume de gravier $(3/8) = 675.65 \times 0.11 = 74.32$

Volume de gravier $(8/15) = 675.65 \times 0.31 = 209.45$

Volume de gravier $(15/25) = 675.65 \times 0.25 = 168.91$

$$V_T = 1000 \text{ l}$$

$$E = 205.55$$

Tableau 12 : les masses du matériau utilisé

Les matériaux	V(l)	M (kg)	%	M (labo)
Ciment	119,35	370	15,89	7,95
Eau	205,55	205,55	8,83	4,42
SC	222,96	561,85	24,14	12,07
G3/8	74,32	195,46	8.39	4,19
G8/15	209,45	550,85	23,66	11,83
G15/25	168,91	444,23	19,08	9,54
Σ	1000	327,94	99,99	50

Détermination de la composition pondérale sèche en Kg

Masse de ciment=

Masse de eau=

Masse de sable $S=V_s \cdot M_v$ (abs)

$$S=2.52 \cdot 222,96=561,85$$

Masse de gravillons $G_{3/8}=V_g \cdot M_v$ (abs)= $2.63 \cdot 74.32=195,46$ kg

$$G_{8/15}=2.63 \cdot 209.45=550.85 \text{ kg}$$

$$G_{15/25}=2.63 \cdot 168.91=444.23 \text{ kg}$$

2.2.6. Procédure expérimentale :

L'objectif du travail expérimental présenté dans ce chapitre est de mieux comprendre l'influence de la qualité de l'eau sur la résistance de béton ordinaires, nous intéressons tout d'abord à l'influence des caractéristiques et les propriétés du sable sur la résistance à la rupture des bétons d'études.

Préparation des constituants du béton et moules d'éprouvettes [NF EN 12390- 1] [21]

Cette opération est assurée à l'aide d'une balance électronique appropriée (pour plus de précision). En effet on procède d'abord au tarage de la balance par rapport au récipient puis on pèse le poids voulu.

Quant aux moules, il faut bien les nettoyer et les graisser afin que le démoulage soit facile.

Nous avons utilisé 27 éprouvettes cylindriques de dimensions (15*30) cm.

2.2.7. Procédure de malaxage [EN 480- 1] [22]

Après avoir préparé les dosages calculés, on met le tout dans la bétonnière en suivant un ordre granulométrique décroissant (on ajoute les graviers, le sable ensuite le ciment, qui ne doit jamais être ajouté au début car volatile, puis on malaxe le tout pendant 2min, après on ajout progressivement la quantité d'eau de gâchage calculée afin de rendre le mélange homogène et continue le malaxage jusqu'à 5min



Photo N°06: la bétonnière



Photo N°07: Malaxage des matériaux

2.2.8. L'essai de maniabilité au cône d'Abrams [NF P 18-451] [23]

Cet essai appelé encore, essai au cône d'Abrams, sert à mesurer la fluidité des bétons après gâchage

L'essai consiste à verser le béton fraîchement préparé dans le cône standardisé en 3 couches, on pique celle-ci de 25 coups de tige bien répartie sur la couche, on arase la dernière couche, on démoule, on laisse stabiliser, puis on mesure l'affaissement.

Appareil utilisé : L'appareillage utilisé est composé :

- D'un cône, dont les dimensions intérieures sont : [(d= 100) ; (D=200)] mm
- D'une plaque de base ;
- D'une tige piquant en acier de 600 mm de longueur et de 16 mm de diamètre ;
- D'un portique et un régale pour mesurer l'affaissement ;
- D'une truelle pour manipuler le béton.

Exécution :

- L'essai doit être sur une surface horizontale ;
- L'essai complet doit être exécuté sans interruption en moins de deux minutes et demie ;
- Démouler verticalement (sans mouvement de torsion) en 5 à 10 secondes ;
- Mesurer l'affaissement du béton à 10 mm près.



Photo N°08: Essai d'affaissement au cône d'Abrams

2.2.8. Calcul de la densité du béton préparé

A l'état frais [NF EN12350-6] [24]

Cette mesure a pour but de vérifier si avec les dosages pratiqués pour la fabrication du béton on obtient bien un mètre cube de béton. La tolérance admise étant de 5%. L'obtention d'une densité réelle supérieure à la densité théorique indique que l'on obtient moins d'un mètre cube, et le béton a un dosage en ciment plus riche que celui prévu, réciproquement lorsque la densité réelle est inférieure à la densité théorique, la composition donne plus d'un mètre cube de béton, et le béton est sous dosé en ciment. Les corrections à apporter sur la composition doivent toujours se faire sur les granulats.

On pèse le moule qui moule qui contient l'éprouvette cylindrique vide, on le remplit de béton frais, on le nettoie après vibration et le pèse rempli ensuite on calcul la masse volumique à l'état frais comme suit :

$$\rho = \frac{Mr - Mv}{V}$$

ρ : la masse volumique de béton à l'état frais

Mr : La masse de l'éprouvette avec le béton

Mv : La masse de l'éprouvette vide.

A l'état durci [NF EN 12390-7][25]

On pèse une éprouvette après démoulage et on calcule sa masse volumique selon la formule suivante :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Photo N°9 : calcul de ρ à l'état frais

Nous présenterons dans ce qui suit, les différentes étapes suivies et respectées pour la réalisation des essais sur les différentes compositions retenues. Une forme de corps d'épreuves ont été coulées pour chacune des compositions : ils s'agissent de cylindres (15*30) cm².



Photo N°10: corps d'épreuves utilisés

Confection des éprouvettes [NF P18 404] : [26]

Le compactage des moules est effectué sur une table vibrante, la vibration doit être appliquée durant le temps nécessaire au serrage a refus du béton, il est préférable que le moule soit fixe ou maintenu fermement contre cette table, toute autre vibration excessive doit être évitée, afin de ne pas provoquer une diminution de l'air entrainé.



Photo N°11 : l'éprouvette après le vibration et le table vibration

2.2.9. Vibration [NF P18 421] [27]

La mise en place du béton est réalisée sur une table vibrante, la vibration doit être appliquée durant la temps nécessaire au serrage a refus du béton, il est préférable que le moule soit fixe ou maintenu fermement contre cette table, toute autre vibration excessive doit être évitée, afin de ne pas provoquer une diminution de l'air entrainé.



Photo N°12 : table vibrante

2.3. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons évoqué la méthode de formulation des bétons d'étude par l'utilisation de méthode de Dreux-Gorisse.

Nous avons calculé les différents composants (ciment, sable, gros granulats et eau).

Les différentes techniques d'expérimentation sont relatées dans ce même chapitre la partie qui suivra sera consacrée à l'interprétation des résultats obtenus



*Chapitre
III : résultats &
discussions*

3.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous avons analysé les résultats des essais effectués sur les différentes formulations des bétons d'études en ce qui concerne les caractérisations à l'état frais et durci ainsi la durabilité vis-à-vis à l'eau.

Caractérisation mécanique des différentes compositions

Un essai mécanique a été réalisé sur les éprouvettes de différentes l'eau de gâchage de béton pendant 28 jours.

3.2. Essai de la résistance à la compression [NF EN 12390-3] [28]

La caractéristique essentielle d'un béton à l'état durci est la résistance mécanique en compression à l'âge de 28 jours. Le béton est un matériau qui traillie bien en compression.

La résistance à la compression du béton est mesurée par la charge conduisant à l'écrasement par compression axiale d'une éprouvette cylindrique (15*30) cm².

Les éprouvette sont chargées jusqu'à rupture dans une machine pour essai de compression, la charge maximale atteinte est enregistrée et la résistance en compression calculée selon la formule suivante :

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

Rc : la résistance en compression (MPa) ou (N/mm²)

F : la charge maximale (KN)

S : section de l'éprouvette (mm²).



Photo N°13 : Essai de la résistance à la compression

3.3. Rhéologie des bétons frais :

Dans la partie précédente, nous avons exposé les caractéristiques des matériaux utilisés, ainsi que la formulation des bétons qui doivent être étudiés.

Cette partie portera sur la présentation et la discussion des résultats des essais expérimentaux obtenus sur les différentes formulations des bétons testés, à savoir les essais à l'état frais : affaissement au cône d'Abrams et masse volumique, ainsi qu'à l'état durci : résistance mécanique à la compression, et la masse volumique de béton.

Affaissement au cône d'Abrams

Tableau N°13 : Affaissement au cône d'Abrams

Type de béton	E. R	BS.6%	OS.4%	S.2%	SC.6%	SC.4%	SC.2%	E.T	B.D
Affaissement (cm)	8	7.5	7.7	8	15	11	16	8	8.5

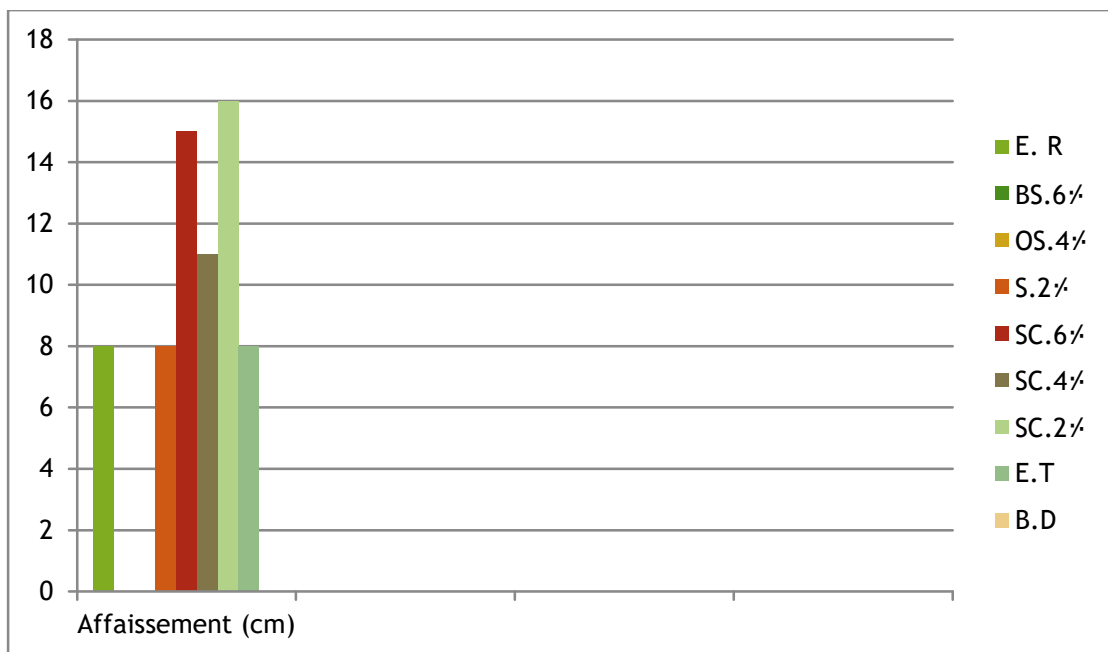


Figure N°05 : Affaissement au cône d'Abrams

Avec :

B.O1 : béton ordinaire de l'eau de robinet

B.O2: béton ordinaire de l'eau sel (6% ; 4% ; 2% du sel)

B.O3: béton ordinaire de l'eau sucre (6% ; 4% ; 2% du sucre)

B.O4 : béton ordinaire de l'eau distillé

B.O5 : béton ordinaire de l'eau de foggara de Tamantit eau naturelle

La plasticité d'un béton est une caractéristique très importante : les différentes compositions ont des plasticités différentes en étroite liaison avec la nature des composants spécialement les granulats

3.3.1. Masse volumique des bétons à l'état frais et durci

Tableau N°14 : Résultats des masses volumiques à l'état frais et durci.

Type	B.O1	B.O2			B.O3			B.O4	B.O5
Type de l'eau	Eau normal	6% de sel	4% de sel	2% de sel	6% de sucre	4% de sucre	2% de sucre	E. distillé	Eau naturel
Masse volumiques à l'état durci (Kg /m ³)	1809.49	1837.74	1842.14	1812.8	1779.68	1771.64	1803.66	1826.07	1820.09

3.4. Caractérisations mécaniques des compositions des bétons

Tableau N°15 : Résultats d'écrasement de B.O1

Type d'eau	Béton de l'eau normale		
N° de l'éprouvette	Ep1	Ep2	Ep3
Poids de l'éprouvette (Kg)	11.515	11.550	11.650
surface (cm ²)	176.625		
F (la force) en KN	221.6	270.4	227.1
La contrainte en (MPa)	12.54	15.31	12.86
La moyenne	13.57		

Tableau N°16 : Résultats d'écrasement du B.O2 de sel

	Eau de sel 6% (S.6%)		
N° de l'éprouvette	Ep1	Ep2	Ep3
Poids de l'éprouvette (Kg)	11.840	11.795	11.815
Surface (Cm ²)	176.625		

F (la force) en KN	242.3	243.9	233
La contrainte en (MPa)	13.72	13.81	13.19
La moyenne	13.57		

Tableau N°17 : résultats d'écrasement du B.O2 de sel

Eau de sel 4% (S.4%)			
N° de l'éprouvette	Ep1	Ep2	Ep3
Poids de l'épro (Kg)	11.855	11.805	11.875
Surface (Cm ²)	176.625		
F (la force) en KN	242.4	265.6	268.4
La contrainte en (MPa)	13.72	15.04	15.19
La moyenne	14.65		

Tableau N°18 : Résultats d'écrasement du B.O2 de sel

Eau de sel 2% (S.2%)			
N° de l'éprouvette	Ep1	Ep2	Ep3
Poids de l'épro (Kg)	11.700	11.575	11.695
Surface (Cm ²)	176.625		
F (la force) en KN	265.2	268.4	267.2
La contrainte en (MPa)	15.01	15.20	15.13
La moyenne	15.11		

Tableau N°19 : Résultats d'écrasement du B.O4 de l'eau naturelle

Eau naturel (E.T)			
N° de l'éprouvette	Ep1	Ep2	Ep3
Poids de l'épro (Kg)	11.735	11.630	11.745
Surface (Cm ²)	176.625		
F (la force) en KN	301.8	282.3	259.8
La contrainte en (MPa)	17.08	15.98	14.71

La moyenne	15.92
------------	-------

Tableau N°20 : Résultats d'écrasement du B.O5 du l'eau distillée

Eau distillée (E.D)			
N° de l'éprouvette	Ep1	Ep2	Ep3
Poids de l'épro (Kg)	11.795	11.715	11.715
Surface (Cm ²)	176.625		
F (la force) en KN	266.5	280.9	227.6
La contrainte en (MPa)	15.02	15.90	12.89
La moyenne	15.92		

Tableau21 : les résultats de résistance à la compression

Type de béton	E.R	S.6%	S.4%	S.2%	E.T	E.D	S (6 ;4 ;2)% de sucre
Résistance a la compression en (Mpa)	13.57	13.57	14.65	15.11	15.92	15.95	0

3.5. Commentaire :

Nous avons remarqué que chaque fois que pourcentage de sucre dans l'eau de gâchage augment, le béton n'a aucune résistance contre la force de pression.

Quant à l'eau salée, elle a une relation Inverse. Plus le pourcentage de sel dans l'eau est élevé, plus la résistance du béton est faible, donc le sel affecte négativement sur le béton.

Au béton mélangé à de l'eau de robinet il est donné une résistance inférieure à celle de l'eau de naturel et de l'eau distillée.

3.6. Conclusion :

Nous concluons que cheque fois que le pourcentage d'impuretés, qu'il s'agisse de sel ou de sucre, augment dans l'eau de gâchage du béton, sa résistance a la compression est faible à

totalemment inexistante, contrairement à l'eau normale, naturelle et distillée, qui n'affecte pas la résistance



Conclusion

générale

Conclusion Générale:

L'eau de gâchage du béton représente un facteur important dans la composition du béton. Sa qualité influe de manière significative sur les propriétés du béton à l'état frais et à l'état durci. Or le béton représente un matériau important dans le développement du domaine du génie civil, résistant à l'adaptation aux conditions les plus diverses, facile à produire et facile à utiliser.

L'eau est le produit le plus consommé sur notre planète. Ce dernier a fait l'objet de nombreuses recherches en plus de son impact sur la résistance du béton. Nous avons remarqué que plus le pourcentage d'impuretés était élevé, qu'il s'agisse de sel ou de sucre, surtout le sucre, plus la qualité du béton diminue par rapport à l'eau ordinaire.

Par conséquent, ce travail étudie l'effet de la qualité de l'eau sur la résistance à la pression du béton et son effet sur son comportement à l'état frais et durci. Le principal résultat de notre étude actuelle est de contribuer à l'évaluation de la qualité de l'eau et à son contrôle sur la résistance du béton car c'est un composant essentiel dans la résistance et la durabilité du béton.

Ce que nous retenons d'essentiel de cette étude est d'éviter d'utiliser l'eau impropre à la consommation humaine, en particulier le sucre (qui est un retardateur de prise), ainsi que l'eau salée et l'eau de mer (le chlore est un agent agressif sur les armatures de Béton Armé).



Références

Références bibliographiques

- [1] KADI Abdelghani, NAAMAOUI Tahar, Université Ahmed Draia ADRAR Master en Génie Civil étude Méthodes de la formulation des bétons 2019 – 2020
- [2] ABAZAR AL-FADIL ALI AHMED, Université de sciences et technologies du Soudan Faculté des études supérieures. au soudan Aout 2015
- [3] Le livre de béton du Dr MAHMOUD IMAM 2003
- [4] AHMED ALI AL-Arian livre 1990
- [5] AHMED Fayçal, Ecole nationale supérieure d'hydraulique – ARBAOUI Abdallah , Master en hydrotechniques étude de conception d'un béton destine aux ouvrages hydrotechniques à avril 2015.
- [6] BENAMRANE, DOUNIA zed : l'effet de la méthode de formulation sur la résistance à la compression du béton. 28 juin 2017 : université KASDI ERBEH. Ouargla.
- [7] AISSAOUI Walid, l'université 8 Mai 1945 Guelma Mémoire de Master Etude expérimentale des propriétés mécaniques des bétons élaborés à base de granulats en caoutchouc juin 2018
- [8] Dupain 2000, LANCHON, Saint-Arroman
- [9] BOLOMEY J.C. (1925) « Durcissement des mortiers et béton» Paris : Rouge et Cie, 1925. Cité dans (Franck, 2007).
- [10] Faury J. (1944) « Les béton : Influence de ses constituants inertes, règles à adopter pour sa meilleure composition, sa confection et son transport sur les chantiers », Hachette. Cité dans (Franck, 2007).
- [11] Abrams D.A. (1952) « Scientific method of making concrete » Chemistry and Industry p42. Cité dans (Franck, 2007).
- [12] MOSBAHI Lamia, SOLTANI khedidja, Université Larbi Tébessa – Tébessa Présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique les différentes méthodes usuelles de formulation du béton ordinaire Etude comparative 2018.
- [13] Joisel A. (1952) « Composition des bétons hydrauliques » Annales de L'ITBTP(58), Série : Béton et béton armé. Cité dans (Franck, 2007)

- [14] DUTRON p (1985), Introduction, in le béton et l'eau, Saint-Rémy - les Chevreuse (France) : conseil International de la langue Française p.1- 211.
- [15] NF P18- 560 L'analyse granulométrique par tamisage, 09/1990
- [16] XP P18 – 540 : AFNOR Les granulats, spécification, Définitions, Konformste, 01 XP P18- 540 : 10/1997 le module de finesse
- [17] NF P18 – 555 Mesures des masses volumiques coefficient d'absorption et teneur en eau des sables.
- [18] NF P18- 597 Equivalent de sable : Détermination de la propreté des sables équivalent de sable à 10 de fines.
- [19] NF EN 12620 granulats pour béton.
- [20] NF P15- 473 et NF EN 196- 3 : ANFOR. Méthode d'essais des ciments – détermination de la prise et stabilité. ANFOR paris 1990
- NF EN 196 – 3 : méthode d'essais des ciments – partie 3 «Détermination du temps de prise et de stabilité ».
- [21] NF EN 12390- 1 essais pour béton durci Partie 1 : forme, dimensions et autres exigences aux éprouvettes et aux moules.
- [22] EN 480- 1 Adjuvants pour béton, mortier et coulis- Méthodes d'essais – partie 1 : béton et mortier de référence pour essais.
- [23] NF P18 – 451 12/ 1981 l'essai d'affaissement Essai d'affaissement par le cône d'Abrams.
- [24] NF EN 12350 -6 Essais pour béton frais – partie 6 : méthode de détermination de la masse volumique du béton frais serré.
- [25] NF EN 12390- 7 Essais pour béton durci – partie 7 : Méthode qui permet de déterminer la masse volumique du béton durci.
- [26] NF P18 – 404 Essais d'étude, de convenance et contrôle : confection et conservation des éprouvettes.
- [27] NF P18 422 Mise en pace par aiguille vibrante
- [28] NF EN 12390 – 3 Partie 3 résistances en compression – Caractéristique des machines d'essai.



ANNEXES

ANNEXE

Annexe 01 : Coefficient correcteur du dosage en ciment K

Vibration		Faible		normale		Puissante	
		Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
Dosage en ciment	400+fluidif	-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

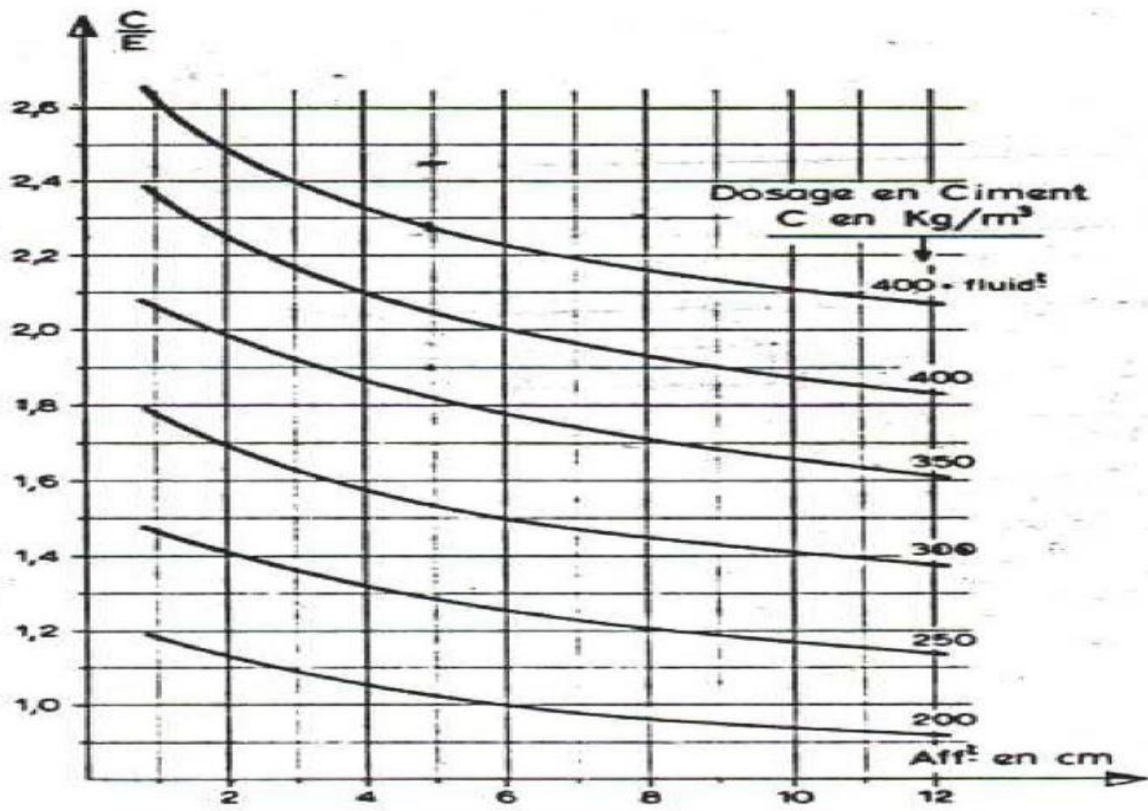
ANNEXE

Annexe 02 : Valeurs du coefficient de compacité

Consistance	Compactage (serrage)	Coefficient de compacité						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=63	D=100
Molle	Piquage	0.750	0.780	0.795	0.805	0.819	0.815	0.820
	Vibration faible	0.755	0.785	0.800	0.810	0.829	0.820	0.825
	Vibration normale	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
Plastique	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	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

Annexe 03 : Abaque de dosage du ciment



ANNEXE

Annexe 04 : Classification de ciment

CLASSIFICATION ET COMPOSITION DES PRINCIPAUX CIMENTS DE LA NORME EN 197-1										
Types	Différentes désignations		Constituants principaux en %							Constituants secondaire
			Clinker K	Laitier de haut fourneau S	Fumée de silice D	Pouzzolane P ou Q	Cendres volantes V ou W	Schiste calciné T	Calcaire L ou LL	
CEM I	Ciment Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Ciment Portland au laitier	CEM II/A-S	80-94	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	-	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland fumée de silice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland à la pouzzolane	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Ciment Portland aux cendres volantes	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	21-35	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Ciment Portland au schiste calciné	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	21-35	-	0-5
	Ciment Portland au calcaire	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	21-35	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5
CEM II/B-LL		65-79	-	-	-	-	-	21-35	0-5	
Ciment Portland composé	CEM II/A-M	80-94	6-20						0-5	
	CEM II/B-M	65-79	21-35						0-5	
CEM III	Ciment de haut fourneau	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-90	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Ciment pouzzolanique	CEM IV/A	65-89	-	11-35			-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55			-	-	0-5
CEM V	Ciment composé	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50	-	-	-	0-5