

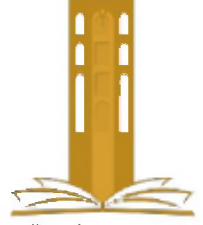
1985



جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

**Ministère de L'enseignement Supérieure et de
la Recherche Scientifique
Université Mohamed Boudiaf -M'sila Faculté**

1985



جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

de technologie

Département de GENIE CIVIL

MEMOIRE

**Présenté pour l'obtention
du diplôme de MASTER**

FILIERE : Génie Civil

SPECIALITE : Matériaux

THEME

***ETUDE STATISTIQUE SUR LE CONTROLE DE LA
QUALITE DU BÈTON DANS LA WILAYA DE M'SILA***

PRPOSÉ ET DIRIGÉ PAR:

M.r Beddar Miloud

M.r Deghfel Moussa

PRESENTÉ PAR:

Selma Mahamdi

Mezaache fatma zohra

Promotion 2019-2020

Remerciements

Je ne remercie jamais assez Dieu, le tout puissant de nous avoir permis de mener à bien ce modeste travail.

En premier lieu, nous remercions Mr. Beddar Miloud, et Mr. Deghfel Moussa qui ont bien voulu proposer le thème de master, pour son aide précieux, sa disponibilité durant toute la durée de notre projet.

Je remercie également les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail.

A tous nos enseignants à toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, je dirai merci.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à : Mon cher
père et ma chère mère (amar et
zahra) qui m'ont toujours soutenus
durant toutes les périodes de ma vie,
que dieu le tout puissant les protègent
et les gardent. mes sœurs (Naoual
Wafaa Hadjer Amina et Marwa), mon
frère (Yahia) et la femme de mon frère*

Selma

Dédicaces



*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir
donné la capacité d'écrire et de réfléchir,
la force d'y croire, la patience d'aller
jusqu'au bout du rêve A mes chers
parents, et mes sœurs et mon mari . A
toute la famille*

Fatma zohra

Table des matières

| | |
|----------------------------|----|
| Introduction generale..... | 01 |
|----------------------------|----|

CHAPITRE 01 : Synthèse bibliographique sur le béton

| | |
|--|----|
| 1-1- Définition de béton | 02 |
| 1-2- Historique du béton | 02 |
| 1.3 Les constituants du béton | 02 |
| 1.3.1 Le ciment..... | 03 |
| 1.3.2 Granulat | 03 |
| 1.3.4 Eau..... | 04 |
| 1.4 Les différents types de béton..... | 04 |
| 1.5 Formulations du béton..... | 05 |
| 1.5.1 Méthodes semi-empiriques..... | 05 |
| 1.5.2 Méthode graphiques..... | 06 |
| 1.6 Principaux avantages et inconvénients du béton | 07 |
| 1.6.1 Les Avantages | 07 |
| 1.6.2 Les Inconvénients..... | 07 |
| 1.7 Propriétés physiques et mécaniques du béton | 07 |
| 1.7.1 Propriétés physiques..... | 07 |
| 1.7.2 Propriétés mécaniques..... | 08 |

CHAPITRE 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

| | |
|---|----|
| 2.1 Introduction..... | 10 |
| 2.2 Identification des matériaux locaux de M'sila | 10 |
| 2.2.1 Caractéristiques du sable | 10 |

| | |
|---|----|
| 2.2.2 Caractéristiques des graviers | 16 |
| 2.2.3 Caractéristiques du ciment | 22 |
| 2.4.4 Eau de gâchage | 22 |
| 2.3 Etude de composition de béton | 23 |
| 2.3 Conclusion | 23 |

CHAPITRE 03 : La qualité dans la wilaya de M'SILA

| | |
|---|----|
| 3.1 Introduction..... | 24 |
| 3.2 Protocole de surveillance en laboratoire | 25 |
| 3.3. Qualité du béton à M'sila | 25 |
| 3.3.1. La qualité du béton selon les zones | 25 |
| 3.3.2. La qualité du béton au cours de l'année | 27 |
| 3.3.3. La qualité du béton au cours de la dernière décennie | 27 |
| 3.3.4. La qualité du béton selon les fractions de l'ouvrage | 29 |
| Conclusions générale. | 30 |

Références

Liste des Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : valeur de coefficient du A..... | 06 |
| Tableau 2.1. Analyse granulométrique du sable de dune de BOUSAADA..... | 12 |
| Tableau 2.2. Classification des sables en fonction du module de finesse..... | 13 |
| Tableau 2-3. Résultats d'essais d'équivalent de sable du sable(sable de dune) de bousaada..... | 14 |
| Tableau 2-4. Qualité du sable en fonction des valeurs d'équivalent de sable ESV et ESP... | 15 |
| Tableau 2-5. Valeurs des masses volumiques | 15 |
| Tableau 2-6. Caractéristiques chimique | 15 |
| Tableau 2-7. Analyse Granulométriques | 16 |
| Tableau 2-8. Caractéristiques intrinsèques | 17 |
| Tableau 2-9. Caractéristiques intrinsèques | 17 |
| Tableau 2-10. Caractéristiques chimique | 18 |
| Tableau 2-11. Analyse Granulométriques | 18 |
| Tableau 2-12. Caractéristiques intrinsèques | 19 |
| Tableau 2-13. Caractéristiques intrinsèques..... | 19 |
| Tableau 2-14. Caractéristiques chimique..... | 20 |
| Tableau 2-15. Analyse Granulométriques | 20 |
| Tableau 2-16. Caractéristiques intrinsèques..... | 21 |
| Tableau 2-17. Caractéristiques intrinsèques | 21 |
| Tableau 2-18. Caractéristiques chimique | 22 |
| Tableau 2-19. Caractéristiques physiques de ciment..... | 22 |
| T Tableau 2-20. Caractéristiques chimiques..... | 22 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I.1: Constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un Béton ordinaire..... | 03 |
| Figure. 2.1. Une balance et une tamiseuse vibrante..... | 11 |
| Figure 2.2. L'Analyse granulométrique du sable de dune (BOUSAADA)..... | 12 |
| Figure 2.3 : Essais d'équivalent de sable..... | 14 |
| Figure 2.4. L'Analyse granulométrique des graviers..... | 17 |
| Figure 2.4. L'Analyse granulométrique des graviers..... | 19 |
| Figure 2.4. L'Analyse granulométrique des graviers..... | 21 |
| Figure. 3.1. La qualité du béton selon les zones | 26 |
| Figure. 3.2. La qualité du béton au cours de 12 mois de l'année..... | 27 |
| Figure. 3.3. La qualité du béton au cours de la dernière décennie (2010-2019)..... | 28 |
| Figure. 3.4. La qualité du béton selon les fractions de l'ouvrage | 29 |

Résumé :

Cette étude vise à présenter et analyser la qualité du béton dans la Wilaya de M'sila au cours des dix dernières années, où nous avons d'abord présenté les sources des matériaux qui composent le béton (gravier, sable, ciment, eau), caractérisation ces matériaux et présentation de leurs caractéristiques les plus importantes, puis nous avons discuté et analysé la qualité du béton dans La Wilaya de M'sila, en divisant la Wilaya en trois zones, selon les sources des matériaux utilisés dans le béton, ainsi qu'en regardant certaines données climatiques.

Grâce à nos recherches, nous avons constaté que la Wilaya de M'sila dispose de nombreuses sources de matériaux de construction et que ces matériaux sont de bonne qualité. Quant à la qualité du béton, malgré de nombreux problèmes et obstacles, la qualité reste très acceptable.

Mots clés :

Qualité du béton, Qualité des granulats, Contrôle laboratoire, Résistance à la compression

Abstract:

This study aims to present and analyze the quality of concrete in the Wilaya of M'sila over the past ten years, where we first presented the sources of the materials that make up the concrete (gravel, sand, cement, water), characterization of these materials and presentation of their most important characteristics, then we discussed and analyzed the quality of concrete in La Wilaya de M'sila, dividing the Wilaya into three zones, according to the sources of the materials used in the concrete, as well as 'by looking at some climate data.

Thanks to our research, we found that the Wilaya of M'sila has many sources of building materials and that these materials are of good quality. As for the quality of the concrete, despite many problems and obstacles, the quality remains very acceptable.

Key words:

Concrete quality, Aggregate quality, Laboratory control, Compressive strength

ملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى عرض وتحليل نوعية الخرسانة في ولاية المسيلة على مدى العشر سنوات الأخيرة، حيث قمنا أولاً بعرض مصادر المواد المكونة للخرسانة (الحصي، الرمل، الاسمنت، الماء)، توصيف هذه المواد وعرض أهم مميزاتهما، ثم تطرقنا بالشرح والتحليل إلى نوعية الخرسانة في ولاية المسيلة وذلك بتقسيم الولاية إلى ثلاث مناطق وذلك حسب مصادر المواد المستعملة في الخرسانة وكذا بالنظر إلى بعض المعطيات المناخية.

توصلنا من خلال بحثنا هذا إلى أن ولاية المسيلة تتوفر على العديد من مصادر مواد البناء وأن هذه المواد ذات نوعية جيدة. أما بالنسبة إلى نوعية الخرسانة فبالرغم من الكثير من المشاكل والعراقيل إلا أن النوعية تبقى جد مقبولة.

كلمات البحث:

نوعية الخرسانة، المراقبة المخبرية، نوعية الحبيبات، مقاومة الضغط

Introduction Générale

Le béton connaît aujourd'hui un regain d'intérêt dans le domaine de l'architecture. Ce matériau de construction est plutôt facile à utiliser, disponible en tout lieu et peu onéreux. Cependant, construire en béton implique de connaître ses qualités et défauts pour s'en servir au mieux.

Le béton s'invite de plus en plus dans les projets architecturaux de grande envergure car ses variations sont nombreuses. Des nouvelles formes, textures et couleurs apparaissent à partir d'assemblages ou de compositions différentes. Elles sont présentées aux maîtres d'ouvrage, aux architectes, aux utilisateurs, ainsi qu'aux fabricants de matériaux souvent surpris des résultats obtenus avec leurs produits.

Nombreux facteurs peuvent influencer sur les propriétés du béton dans une mesure plus ou moins grande, la qualité des ingrédients, la composition optimale, les procédures de fabrication, la teneur en air et la porosité, ainsi que les facteurs climatique tel que la température et l'humidité, tous affectent les propriétés du béton.

Pour assurer la qualité de béton il doit faire l'objet d'un contrôle quotidien, ainsi que d'un contrôle périodique de ses matériaux constitutifs. L'objectif de ces contrôles consiste à vérifier la qualité de béton fabriqué et la qualité des ouvrages réalisés en fonction des prescriptions du maître d'ouvrage. Des échantillons peuvent être prélevés lors de chaque coulage afin de vérifier leur résistance.

Dans nos recherches, nous avons évalué la qualité du béton dans le Wilayat de M'sila au cours de la dernière décennie 2010-2019. Cette étude comprend quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons commencé par une étude bibliographique décrivant l'état de l'art du béton. Cette partie comporte l'historique du béton, sa composition, le domaine d'application du béton et les intérêts de son utilisation.

Le deuxième chapitre contient une description des granulats utilisés dans la Wilaya de M'sila, de leurs sources ainsi que des types et caractéristiques les plus importants.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats de résistance à la compression obtenus par le laboratoire de bureau d'étude et de recherche M'sila dans la dernière décennie.

Finalement, on termine ce travail par des conclusions générales et des recommandations.

CHAPITRE 01 :
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE
SUR LE BETON

I.1. Définition de béton

Le béton est un composite hétérogène multiphasique constitué d'un mélange intime de granulats, sable et pâte (ciment, eau). La pâte de ciment représente 25 à 40 % du volume totale du béton. Chaque constituant joue un rôle bien défini : liant hydraulique pour la pâte de ciment, remplissage atténuateur de variations volumique (retrait) et source de résistance pour les granulats.

| | | | |
|---------|-------|--------|-------------------|
| Gravier | Sable | Ciment | Eau (adjuvant) |
|---------|-------|--------|-------------------|

Figure 1 : constituant d'un béton Un béton hydraulique est constitué :

- D'une pâte (ciment+eau)
- D'un mélange granulaire.
- De produits additionnels (adjuvants, additions minérales)
- De matrice ou de mortier : le mélange (liant+sable+eau)
- De squelette solide ou de squelette granulaire : mélange de granulats.[1]

I.2. Historique du béton :

- Le béton est un composite qui résulte d'un mélange intime de ciment, de granulats, d'eau et parfois, d'ajouts minéraux et de faible quantité d'adjuvant. Ces constituants sont dosés de manière à obtenir, après le durcissement, un produit solide dont les capacités de résistance dépassent celles des meilleures roches naturelles. Cette roche artificielle résiste bien à la compression et mal à la traction, C'est pourquoi son utilisation ne s'est véritablement développée qu'avec l'invention du béton armé en 1784, ce qui permet de compenser son insuffisance de résistance à la traction.
- En 1930, un pas conceptuel important est alors franchi avec l'invention du béton précontraint qui permet la distribution des contraintes dans la matière, qui donnent une grande résistance à la compression, tout en évitant les inconvénients dus à sa faible résistance à la traction.
- Depuis 1970, des recherches menées sur le béton, et particulièrement sur ses constituants actifs conduisent à un nouveau bond qualificatif et quantitatif de ses propriétés, tels que les bétons à hautes performances dont la résistance à la compression atteint 100 MPA. Ce béton fabriqué est mis en place en 1980. Par la suite, des bétons de poudres réactives qui sont utilisées pour la 1ere fois lors de la construction de la passerelle de SHERBROOK avec des bétons de 400 MPA, sont fabriqués par un traitement thermique et mécanique approprié et simple. Ensuite, Pierre RICHARD a pu fabriquer un béton de 800 MPA en utilisant une poudre métallique.
- En 1986, des chercheurs Japonais ont pour la première fois fabriquée le béton auto plaçant ou le béton auto nivelant.
- Le béton, mélange de plusieurs constituants très différents, dont les uns sont actifs et les autres sont inertes, présente des caractéristiques qui sont fonctions de celles de ses

composants. [2]

I.3. Les constituants du béton :

Le béton est un mélange de plusieurs composants : ciment, eau, sable, gravier et, le plus souvent, adjuvants (figure I.1) qui constituent un ensemble homogène. Les composants sont très différents : leurs masses volumiques vont, dans les bétons courants, de 1 (eau) à 3 (ciment) t/m^3 ; les dimensions de leurs grains s'échelonnent de 0.5 μm (grains les plus fins du ciment) à 25 mm (gravillons). Mais cette liste s'allonge très vite dès que des propriétés particulières sont visées, on utilise alors des fines complémentaires ou additions minérales [3].

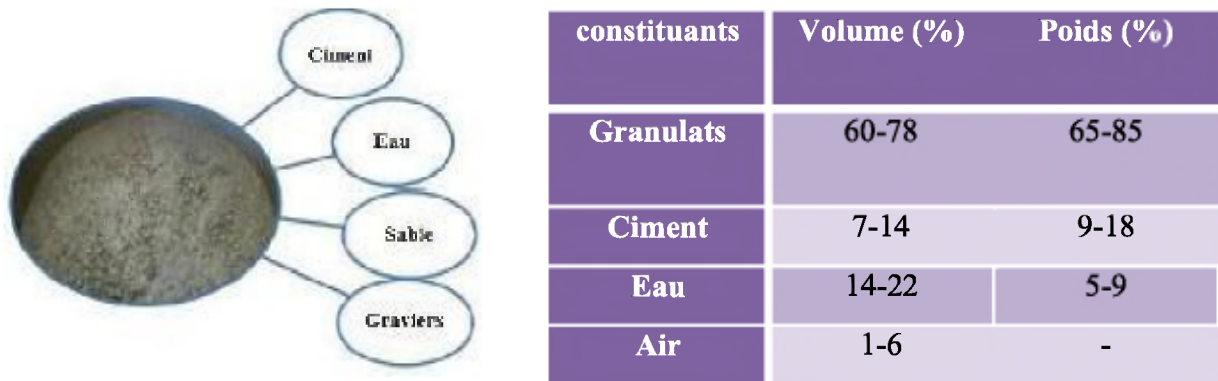


Figure I.1: Constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un Béton ordinaire. [4]

La confection d'un béton approprié à sa destination consiste, à déterminer et à optimiser la composition granulaire et le dosage des divers constituants.

Dans les bétons les plus simples, le squelette granulaire est composé de deux coupures seulement, un sable et un gravier. Le ciment et l'eau de gâchage, dont les proportions relatives en masse sont fixées par le rapport E/C, vont former, avec les adjuvants éventuels, la pâte de ciment qui constituera le liant du béton. Ce rapport E/C joue un rôle primordial durant les étapes de vie du béton, l'eau en excès le rend plus fluide à l'état frais mais diminue les résistances du béton durci. Des additions minérales (cendres volantes, fumées de silice, laitiers, fillers,..) peuvent être rajoutées dans le but de modifier les propriétés du béton.

1.3.1 Le ciment

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire capable de faire prise dans l'eau. Il se présente sous l'aspect d'une poudre très fines qui, mélangée avec de l'eau, forme une pate faisant prise et durcissant progressivement dans le temps. Ce durcissement est du a l'hydratation de certains composés minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium. [5]

1.3.2 Granulat :

On appelle « granulats » les matériaux inertes, graviers ou cailloux qui entrent dans la composition des bétons : c'est l'ensemble des grains compris entre 0 et 125mm dont l'origine peut être naturelle, artificielle ou provenant du recyclage des matériaux qui sont quelque fois

encore appelés « agrégats »

Cependant, cette appellation est abandonnée depuis fort longtemps ; certains persistent à l'utiliser ; l'appellation « agrégats » vieil usage tout à fait impropre, agrégats ; réunion de substances diverses formant un tout non homogène.

Les granulats sont classés en plusieurs catégories avec des spécifications particulières pour chacune d'elles. [5]

➤ **Sable :**

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre $80\mu\text{m}$ et 05mm ; il s'agit d'une définition globale dont les bornes varient d'une classification à une autre, ce 'est un matériau dont le diamètre maximal est inférieur à 6.3mm et dont le passant à $80\mu\text{m}$ n'excède pas 30%

Dans le sens le plus courant, on entend par « sable » les éléments de dimension 0 à 5mm .les fines. [6]

➤ **Gravier :**

Les graviers ont des origines semblables à celles des sables, ils proviennent de la désagrégation des roches. La dimension maximale des agrégats est conditionnée, d'une part, par la distance minimale à réaliser et, d'autre part, de la distance minimale entre les différents armatures de l'ouvrage.

La fraction 3/8 est considérée comme sable concassé. [3]

1.3.3 Eau de gâchage :

l'eau est l'un des ingrédients des bétons , on pourrait même dire qu'il est le plus important avec le ciment .En effet , l'eau que l'on introduit dans le béton lors du gâchage accomplit deux fonctions : une fonction physique qui confère au béton les propriétés rhéologique d'un liquide, et une fonction chimique qu'elle contribue au développement de réaction dite: hydratation. Pour le gâchage du mélange de béton on utilise de l'eau qui ne doit pas contenir des composés risquant d'attaquer chimiquement le ciment, les granulats et les autres.

I.4. Les différents types de béton

➤ **Béton ordinaire**

Mélange homogène composé exclusivement des constituants de base : ciment, granulat, eau, avec un rapport E/C qui varie en fonction de la plasticité ainsi que de la résistance désirée.

Le béton ordinaire est caractérisé par sa résistance à la compression qui se situé entre 20MPa = f_{c28} = 50MPa . [7]

➤ **Béton autoplaçant (BAP)**

Développé dans les années 80 par des chercheurs de l'université de Tokyo, au Japon, le béton auto plaçant est un béton fluide, très déformable, homogène et stable qui se met en place par gravitation et sans l'utilisation d'un moyen de vibration.

Il épouse parfaitement les formes des coffrages les plus complexes ; il ne doit pas subir de

ségrégation et doit présenter des qualités comparables à celles d'un béton vibré classique. Il se caractérise en général par une formulation contenant au moins un adjuvant chimique et un ajout minéral en proportions bien précises pour satisfaire les exigences en matière de maniabilité et de stabilité.

➤ **Béton de haute performance (BHP)**

C'est un béton aux résistances mécaniques élevées au jeune âge et à 28 jours (supérieure à 50 MPA), et un rapport pondéral E/C inférieur à 0,40. Sa propriété essentielle est la grande résistance en compression qui dépasse largement celle des bétons ordinaires. Ceci est obtenu grâce à sa faible porosité qui est diminuée en réduisant la quantité d'eau de gâchage par l'emploi d'adjuvants plastifiants et super plastifiants [8]

➤ **Béton de fibre**

C'est un béton dans lequel sont incorporées des fibres synthétiques ou naturelles, ce qui permet suivant l'ouvrage, de supprimer le treillis soudés traditionnel. Parmi les caractéristiques du béton fibré, on peut citer : sa résistance à la traction, à la fissuration et au choc. [9]

➤ **Béton à durcissement rapide**

C'est un béton dont le développement des résistances mécaniques est accéléré ; ce béton permet la réalisation de petits ouvrages de réparation ou des travaux sur des éléments d'ouvrages demandant une remise en service rapide, ainsi que le décoffrage. Ou la mise en précontrainte le plus rapidement en préfabrication. [10]

➤ **Béton léger**

La norme NF EN 206-1 définit le béton légers comme ayant une masse volumique après séchage entre 800 et 2100 kg/m³. Parmi ces bétons, on peut citer les bétons de granulats légers. Ils sont utilisés dans le domaine du confort thermique d'une habitation (isolation thermique) et même comme éléments porteurs de charges qui permettent d'alléger la construction.

➤ **Béton lourd**

C'est un béton dont la masse volumique apparente est supérieure à 2600 kg/m³ ; les résistances mécaniques du béton lourd sont comparables à celles des bétons classiques et même plus élevées, compte tenu des faibles dosages en eau. [11]

➤ **Béton réfractaire**

C'est un béton qui résiste à des températures élevées pouvant atteindre 1300°C, il est obtenu par le mélange de ciment Alumineux et de granulats réfractaires (chamottes, corindon), ou granulats isolants (Pouzzolane, vermiculite, argile expansée) ; le béton réfractaire sert à la construction de cheminées et de sols d'usines sidérurgiques.

I.5. Formulations du béton

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents composants (granulat, eau, ciment) afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées (résistance, consistance). De nos jours, il existe deux méthodes pour déterminer la formulation du béton :

- Les méthodes semi-empiriques [12]
- Les méthodes graphiques [13]

1.5.1 Méthodes semi-empiriques

1.5.1.1 Méthode de BOLOMEY

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

La formule de base est la suivante :

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

Où :

P : le pourcentage des grains passant à travers la passoire de diamètre d . D : diamètre du plus gros grain

A : varie de 8 à 16, sa valeur étant d'autant plus élevée que le dosage en ciment est plus faible.

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

Tableau 1 : valeur de coefficient du A

| Consistance du béton | Granulats roulés | Granulats concassés |
|----------------------|------------------|---------------------|
| Béton damé | 6-8 | 8-10 |
| Béton armé | 10 | 12-14 |
| Béton coulé | 12 | 14-16 |

1.5.1.2 Méthode de FAURY

En 1942, J. FAURY proposa, comme suite à une étude générale du béton une nouvelle loi de granularité de type « continu ».

Il s'inspirait pour cela de la théorie de Caquot, relative à la compacité d'un granulat de dimension uniforme correspondant à un serrage moyen. La loi de granulation qui en découle

est une loi fonction $\sqrt[5]{d}$; c'est pourquoi FAURY adopta une échelle des abscisses graduées en $\sqrt[5]{d}$. La courbe granulométrique idéal conduisant à la compacité maximale est alors théoriquement une droite ; cependant FAURY a distingué les grains fins et moyens ($<D/2$) des gros grains ($>D/2$) et la pente de la droite de référence n'est pas la même pour chacune de ces deux catégories.

On trace donc pour l'ensemble du mélange, ciment compris, une courbe granulométrique de référence qui est composée de deux droites si l'on opère sur un graphique gradué, en abscisse $\sqrt[5]{d}$. L'abscisse du point de rencontre de ces deux droites est fixée à $D/2$ et son ordonnée Y est donnée par une formule tenant compte de la grosseur D du granulat et comportant certains paramètres dont la valeur est à choisir dans des tableaux en fonction de la qualité des granulats (roulés ou concassés) et de la puissance de serrage (simple piquage ou vibration plus ou moins intense).

Cette valeur se calcule par la formule suivante : [14]

$$Y = A + 17 \sqrt[5]{d} + B / (R/D - 0.75) \text{ mm}$$

Où :

A : coefficient de nature des granulats (roulé ou concassé) il dépend de niveau de consistance de béton.

B : 1 à 2 selon que le béton ferme ou mou.

R : rayon moyen du moule.

A partir de cette formule, on trace une courbe de référence

1.5.1.3 Méthode de VALETTE

Valette [15] a mis au point une méthode essentiellement expérimentale mais qui nécessite un certain nombre de calculs préparatoires. Cette méthode est souvent désignée par « dosage des bétons à compacité maximale » ou « dosage des bétons à minimum des sables » ou « dosage des bétons à granularité discontinue ».

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

1.5.2 Méthode graphiques

1.5.2.1 Méthode de Dreux-Gorisse

C'est une méthode pratique qui simplifie la formulation du béton. Elle consiste à rechercher conjointement la résistance à la compression et l'ouvrabilité désirée à partir des données de base essentielles pour la formulation du béton telle que la dimension des granulats.

Les quantités optimales de matériaux (eau, ciment, sable, gravillon et gravier) nécessaires à la confection d'un mètre cube de béton sont déterminées conformément au cahier des charges. Plusieurs étapes de calcul successives sont nécessaires pour l'obtention de la formulation théorique de béton.

I.6. Principaux avantages et inconvénients du béton

1.6.1 Les Avantages :

- C'est une construction solide et stable qui résiste très bien dans temps (bien durabilité).
- Il permet une construction rapide. Après sept semaines à peine, l'habitation est étanche à l'air et à l'eau.
- Le niveau d'isolation et l'étanchéité sont excellents grâce au fait que le revêtement complet est fabriqué par une entreprise. En outre, on utilise de grands éléments qui s'assemblent parfaitement.
- Il procure un confort agréable à l'intérieur, grâce à une grande inertie thermique.
- Le logement est sobre et élégant sans poutres, barres et linteaux visibles.
- Le souterrain est habitable grâce aux parois parfaitement étanches et isolées.
- Les équipements techniques sont dépourvus de rainures : les coupe-circuit et les canalisations sont intégrés au coffrage des murs préfabriqués.

L'achèvement intérieur est lisse et élégant, sans plâtrage.

1.6.2 Les Inconvénients

Le système de construction se prête beaucoup moins à une architecture plus classique et traditionnelle.

- Le placement d'un revêtement de façade lourd (brique, pierre naturelle...) entraîne des coûts considérables, notamment pour les fondations plus épaisses et les linteaux de fenêtre.
- L'intégration d'un grand nombre d'équipements techniques dans les panneaux préfabriqués vous force à prendre des décisions dans la phase de création. Les modifications au cours des travaux sont pratiquement impossibles sans payer très cher.
- Les adeptes d'architecture écologique apprécient moins, même si le béton est entièrement recyclable.

I.7. Propriétés physiques et mécaniques du béton :

1.7.1 Propriétés physiques :

1.7.1.1 Masse volumique :

- La masse volumique « ρ » des bétons courants est compris entre 2,2 et 2,4 t/m³ (le poids volumique « γ » 22 et 24 kN/m³ ou KPa). [9]

1.7.1.2 b- Retrait :

Au cours de sa vie, le béton subit une variation de volume sans chargement extérieur. Le retrait est une variation dimensionnelle du béton sans chargement extérieur.

Le retrait varie en fonction :

- De l'état hygrométrique du milieu ambiant,
- Du dosage de ciment,
- De la qualité d'eau de gâchage. [9]

1.7.2 Propriétés mécaniques :

1.7.2.1 Résistance caractéristiques en compression « f_{cj} » :

La résistance à la compression d'un béton contenant suffisamment de liant croît avec sa compacité. Maniabilité et résistance mécaniques sont deux (02) notions contraires :

- Eau en excès 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. [16] Le béton est défini par la valeur de sa résistance à la compression à 28 jours d'âge dite valeur caractéristique requise, notée **f_{c28}** . Lorsque les sollicitations s'exercent sur un béton à un âge inférieur à 28 jours (à j jours ; en cours d'exécution), on se réfère à la résistance **f_{cj}** du béton au jour j considéré. La résistance (**f_{cj}** en **MPa**) du béton est obtenue expérimentalement par un essai de compression sur des éprouvettes cylindriques de béton de dimensions **16x32 cm²**, généralement à **3, 7 ou 28** jours. [4]

En fonction de **f_{c28}** , **f_{cj}** est estimée comme suit :

$$\text{Pour } j \leq 28 : \quad f_{cj} = \frac{j}{4.67 + 0.83j} f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 40 \text{ Mpa}$$

$$f_{cj} = \frac{j}{1.40 + 0.95j} f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} > 40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Pour } 28 \leq j \leq 60 \quad f_{cj} = f_{c28}$$

N.B : La procédure complète de l'essai de mesure de la résistance en compression du béton sera donnée dans les séances de travaux pratiques (TP). [17]

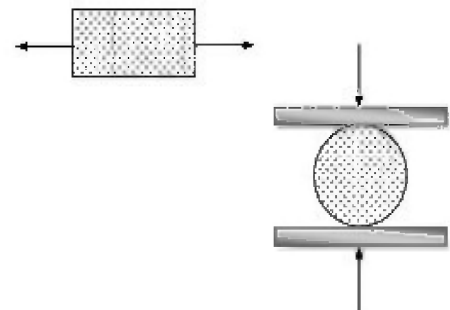
1.7.2.2 Résistance caractéristique à la traction :

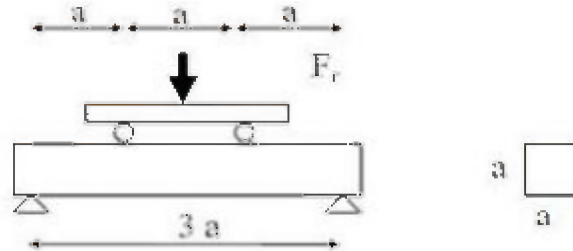
La résistance à la traction du béton est beaucoup plus faible que sa résistance à la compression ($f_T \approx 1/10 f_C$). On peut déterminer **f_T** expérimentalement par :

- **Essai de traction direct :** L'essai consiste à sceller deux barres d'acier dans une éprouvette, et procéder par arrachement.

- **Essai par fendage (Essai brésilien) :** L'essai consiste à écraser un cylindre de béton entre les plateaux d'une presse.

- **Essai par flexion :** L'essai consiste à appliqué une charge concentrée (au milieu) sur une poutre de section transversale carrée.





La résistance caractéristique à la traction est conventionnellement définie par la relation empirique (en MPa) suivante (selon le B.A.E.L) :

- Pour $f_{cj} < 60$ MPa : $f_{td} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$
- Pour $f_{cj} \geq 60$ MPa : $f_{td} = 0.275 f_{cj}^{2/3}$

Exemple : pour $f_{c28} = 25$ Mpa $\rightarrow f_{t28} = 2.1$ Mpa

1.7.2.3 Coefficient d'élasticité (Module de YOUNG)

Sous les contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24 heures, on a : Le module de déformation longitudinale instantanée du béton « E_{ij} ».

$E_{ij} = 11000 (f_{cj})^{4/3}$

(E_{ij} et f_{cj} en Mpa)

Sous les contraintes de longue durée d'application (les déformations différées du béton comprennent le retrait et le fluage). Le module de déformation longitudinale **différée** du béton « E_{vj} » : permet de calculer la déformation finale du béton (déformation instantanée + déformation retrait et fluage).

$E_{vj} = 3700 (f_{cj})^{4/3} = E_{ij} / 3$

(E_{vj} et f_{cj} en Mpa)

1.7.2.4 Fluage (déformation sous charge constante)

L'expérience a montré que, lorsque le béton est conservé en étant soumis à un chargement constant, la déformation du béton augmente : c'est le fluage. [17]

***CHAPITRE 02 :
CARACTÉRISATION
DES MATÉRIAUX
UTILISÉS DANS LA
WILAYA DE M'SILA***

II.1. Introduction:

Par simple définition, le béton est un mélange composé de liant d'eau et de granulats (gravier et sable) de ce fait les caractéristiques de ces derniers influent considérablement sur la qualité du béton, c'est pour cette raison qu'on doit étudier profondément toutes les caractéristiques possible de chacun des composants pour pouvoir bien juger leur comportement au sein du matériau béton et de revirer les performances mécaniques de la matrice confectionnée à base de ces ingrédients. Dans le présent chapitre nous avons fait un aperçu sur les caractéristiques des matériaux utilisés dans la wilaya de M'sila. Et pour cela nous avons fait un stage théorique et pratique au sein de laboratoire de Bureau d'Etude et de Recherche de M'sila (BERM'sila), où nous avons obtenu toutes les informations et données relatives au contrôle laboratoires de la qualité du béton.

La wilaya de M'sila est caractérisée par la multiplicité des sources de matériaux de construction, C'est pourquoi nous avons divisé la Wilaya en trois zones en fonction des sources des matériaux en plus de quelques données climatiques pour chaque région. Ces zones sont les suivantes :

Zone 1 : comprend la Daïra de M'sila, Hammam Dalaa, Ouled Derradj.

Zone 2 : comprend la Daïra de Boussaada, Sidi Aïssa, Ain El Hedjel, Ain ElMelh, Sidi ameur, Bir Henni et Ben Srour.

Zone 2 : comprend la Daïra Magra, la commune d'Ouled Addi.

En ce concerne le sable, les trois zones dépendent le sable de Boussaada, Mais quant aux granulés, la première zone dépend des carrières disséminées à Maaza, BBA, la deuxième zone dépend des carrières de Boussaada et la troisième dépend des carrières de Bir Hadada, Sétif.

II.2. Identification des matériaux locaux de M'sila:

Toutes les données sont des résultats d'essais en laboratoire menés au niveau du laboratoire BERM pour plusieurs projets.

II.2.1. Caractéristiques du sable :

II.2.1.1. Définition :

Elément inerte entrant dans la composition des bétons peut être naturelle ou artificielle ou provenant de recyclage. Les caractéristiques principales requises pour un bon sable à béton sont la propreté définie par l'essai d'équivalent de sable et la granularité déterminée par l'analyse granulométrique. Dans la wilaya de M'sila, le sable utilisé est un sable dunaire (sable de Boussaada),

De nombreuses études ont été menées sur ce sable et de nombreux articles et contributions scientifiques ont été réalisés sur ce sable, notamment à l'Université de M'sila. Ce sable est propre et convenant au béton à haute qualité.

II.2.1.2. Analyse granulométrique (NF P 18-304)

L'essai Permet la détermination des grosseurs et les pourcentages pondéraux respectifs des différents grains constituant l'échantillon. Il consiste à passer l'échantillon testé à travers une série des tamis décroissants de plus grand à plus petit, et faire peser le refus dans chaque tamis.

Mode opératoire :

- Prélever une masse de 1 Kg de matériau (sable sec).
- Peser chaque tamis à vide, soit m_i la masse du tamis.
- Constituer une colonne de tamis propre et sec dont l'ouverture des mailles de haut en bas (exprimer en mm) [5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,160-0,08-fond].
- Verser le sable sur la colonne de tamis et celle-ci est vibrée à l'aide de la tamiseuse électrique pendant 5 minutes.
- Peser chacun des tamis.

On considère que le tamisage est terminé lorsque le refus ne varie pas de plus de 1% entre deux séquences de vibration de la tamiseuse

- A la fin de tamisage peser les refus en matière retenue par chaque tamis à 1g près, soit M_i : la masse de tamis (i) + le sable.
- Calculer la différence entre M_i et m_i (tamis de plus grandes mailles correspond au refus partiel R_1 de tamis 1).
- Reprendre la même opération avec le tamis immédiatement inférieur.
- Ajouter le refus obtenu sur le second tamis à R_1 , soit R_2 la masse de refus m de tamis 2 ($R_2 = R_1 +$ refus partiel sur tamis 2)
- Pour suivre la même opération avec la reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés R_3, R_4, \dots, R_n le tamisât est calculé par la relation :

$$T = 100 - R_c \quad (R_c : \text{refus cumulé en } \%, T : \text{tamisât en } \%)$$



Figure. 2.1. Une balance et une tamiseuse vibrante

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

Les résultats de l'analyse granulométrique du sable de Boussaâda sont regroupés dans le tableau (2.1) ci-dessous :

Tableau 2.1. Analyse granulométrique du sable de dune de BOUSAADA.

| Poids initial = 1000g | | | | | |
|-----------------------|----------|------------|-----------|-----------|---------|
| Module | Tamis en | Refus | Refus | Refus | Tamisât |
| Afnor | mm | Partiel(g) | Cumulé(g) | Cumulé(%) | (%) |
| 38 | 5 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 35 | 2.5 | 45 | 45 | 4.5 | 95.5 |
| 32 | 1.25 | 27.67 | 72.67 | 7.267 | 92.733 |
| 29 | 0.63 | 26.67 | 99.34 | 9.934 | 90.066 |
| 26 | 0.315 | 212.33 | 311.67 | 31.167 | 68.833 |
| 23 | 0.16 | 593 | 904.67 | 90.467 | 9.533 |
| 20 | 0.08 | 86 | 990.67 | 99.067 | 0.933 |
| - | fond | 8.33 | 999 | 99.9 | 0.1 |

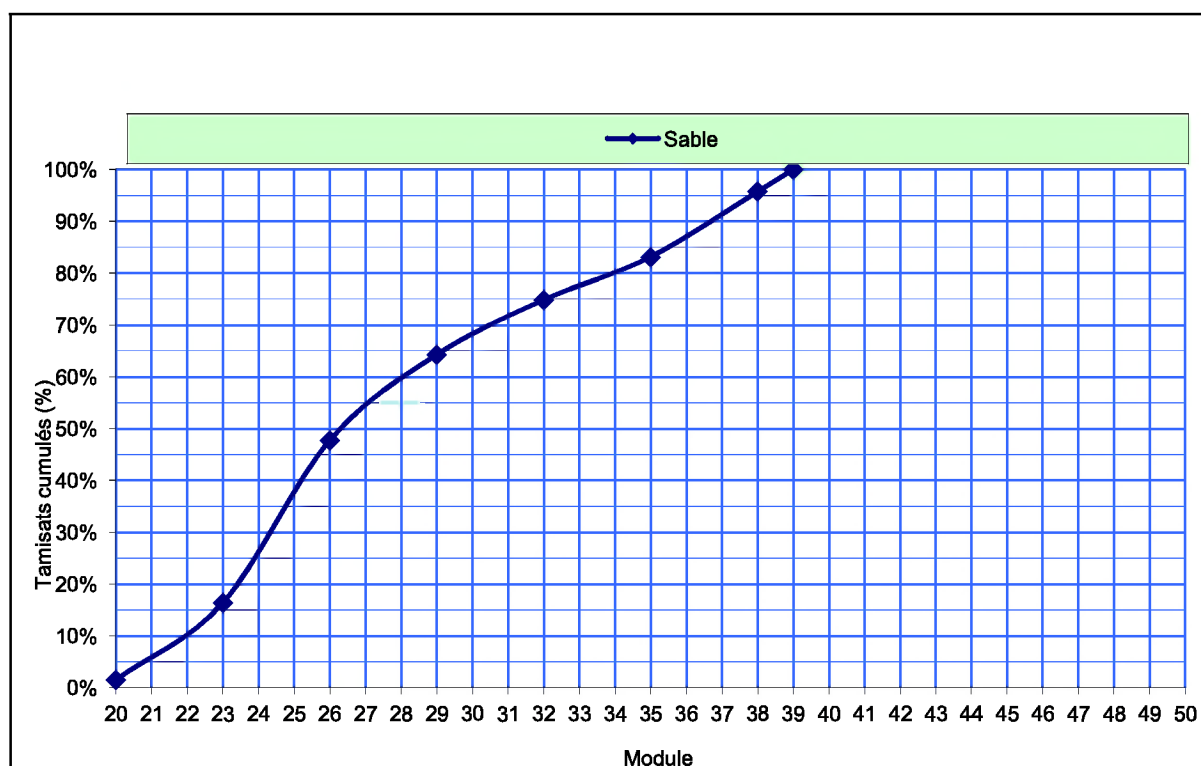


Figure 2.2. L'Analyse granulométrique du sable de dune (BOUSAADA)

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

Le module de finesse est plus particulièrement appliqué aux sables dont il est une caractéristique importante ;

Le sable dont la courbe est tracée sur la figure a pour module de finesse $M_f = 2,05$ calculé ainsi.

Tableau 2.2. Classification des sables en fonction du module de finesse.

| Qualité du sable | Module de finesse |
|------------------|-------------------|
| Gros | >2.5 |
| Moyen | 2 à 2.5 |
| Fin | 1.5 à 2 |
| Très fin | 1 à 1.5 |

On a obtenu pour le sable testé un module de finesse $MF=2.05$ ce qui nous donne une indication sur la grosseur du sable. $MF < 1,5$ C'est un sable moyen

II.2.1.3. Propreté « équivalent de sable » : NF P18-

But de l'essai

L'essai permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectuée sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

Mode opératoire

- ✓ Remplir l'éprouvette d'une solution la vente jusqu'au premier repère.
- ✓ A l'aide d'un entonnoir, verser l'échantillon de sable de $120 \pm 1g$ dans l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main a fin de libéré les bulles d'air et favorise le mouillage de l'échantillon.
- ✓ Laisser reposer pendant 10 min.
- ✓ Boucher l'éprouvette à l'aide d'un bouchon en caoutchouc et lui imprimer 90 cycles de 20 cm de secousses horizontal en 30s à la main à l'aide de l'agitateur mécanique.
- ✓ Retirer le bouchon de l'éprouvette, le rincer avec solution la vente au-dessus l'éprouvette et rincer ensuite les parois de celle-ci.
- ✓ Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette tout en imprimant au tube un léger piquage.
- ✓ Après 20 min de dépôt, lire la hauteur h_1 , de niveau supérieure de flocculat jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une règle.
- ✓ Mesuré également avec la règle la hauteur h_2 compris entre le niveau supérieur de la partie

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

sédimentaire du fond de l'éprouvette.

$E_{sv} = (h_2/h_1) 100\%$ Avec : h_1 : hauteur du sable plus flocculat et h_2 : hauteur du sable.

- ✓ Introduire el piston dans l'éprouvette et la laisser descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment.

$E_{sp} = (h'/h) 100\%$ Avec : h : hauteur du sable plus flocculat et h' : hauteur du sable.



Figure 2.3 : Essais d'équivalent de sable

Résultats et interprétation

Tableau 2-3. Résultats d'essais d'équivalent de sable du sable(sable de dune) de bousaada

| Haut eur (cm) | h | h | E_{sv} (%) | E_{svmoy} (%) | hp | E_{sp} (%) | E_{spmoy} (%) |
|-----------------|-------|-----|--------------|-----------------|-----|--------------|-----------------|
| Echantillon (1) | 11.06 | 8.3 | 75.04 | 74.55 | 8.0 | 72.33 | 71.86 |
| Echantillon (2) | 10.73 | 8.0 | 74.52 | | 7.9 | 71.76 | |
| Echantillon (3) | 11.61 | 8.6 | 74.09 | | 8.1 | 71.49 | |

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

Tableau 2-4. Qualité du sable en fonction des valeurs d'équivalent de sable E_{sv} et E_{sp} .

| E_{sv} | E_{sp} | Nature et qualité de sable |
|-----------------------|-----------------------|---|
| $E_s < 65$ | $E_s < 60$ | Sable argileuse : risque de retrait au de gonflement à rejeter pour des bitons de qualité. |
| $65 < E_s < 75$ | $65 < E_s < 80$ | Sable légèrement argileux : de propriétés admissible convient parfaitement pour des bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait. |
| $75 \leq E_s \leq 85$ | $70 \leq E_s \leq 80$ | Sable propre : à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de haute qualité. |
| $E_s \geq 85$ | $E_s > 85$ | Sable très propre : l'absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau. |

Donc le sable de boussaada est un sable propre et convenant au béton à haute qualité.

II.2.1.4. Masse volumique :

La masse volumique absolue est définie comme étant le quotient de la masse sèche de l'échantillon sur le volume occupé par la matière solide, sans tenir compte du volume des vides.

Quant à la masse volumique apparente, elle est définie comme le rapport de la masse sèche de l'échantillon sur le volume occupé par la matière solide et les vides qu'elle contient.

- La masse volumique absolue du grain est mesurée à l'aide d'un pycnomètre à eau.
- La masse volumique apparente, l'appareil utilisé est un entonnoir porté par un trépied, muni d'une passoire et d'un opercule mobile. Les résultats sont donnés dans le tableau 05.

Tableau 2-5. Valeurs des masses volumiques

| Classe Granulaire | Masse vol absolue (t/m ³) | Masse vol. Apparente (t/m ³) |
|--------------------|---------------------------------------|--|
| Sable de Boussaada | 2,61 | 1.65 |

II.2.1.5. Caractéristiques chimique :

Tableau 2-6. Caractéristiques chimique

| Teste | | % | Recommandations |
|-----------------|----------------|------|-----------------|
| SBL 15-461 | Insolubles (%) | 33,5 | - |
| BS 1377 | Sulfates (%) | 0,12 | < 0,20% |
| SBL 15-461 | Carbonates (%) | 94 | - |
| Méthode de Mohr | Chlorure (%) | 0,11 | - |

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

II.2.2. Caractéristiques des graviers :

II.2.2.1. Définition :

Elément inerte entrant dans la composition des bétons dont l'origine naturelle ou artificielle, quand le choix est possible, il porte principalement sur la nature minéralogique, la masse volumique, la propreté, la dureté, la forme, la granulométrie, l'altérabilité et l'absorption d'eau. Pour la wilaya de M'sila, la diversité des sources de gravier nous a rendu nécessaire la division de la wilaya en trois zones et l'étude de granulats de chaque zone séparément. Les fractions de gravier les plus utilisés dans la wilaya de M'sila sont le 8/15 et le 15/25.

II.2.2.2. Granulats de la zone I (Carrières de Maaza-BBA) :

II.2.2.2.1. Analyse granulométrique (NF P 18-304)

Tableau 2-7. Analyse Granulométriques

| | Tamis | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|---|--------------|------------------------|-------------------------|---|
| analyse granulométriques NF P 18 - 560 / NA 2607 | 25 | - | 98,80 | Courbe des graviers doit être entre les particules fins et grossières de la limite du fuseau de référence. |
| | 20 | 100 | 91,75 | |
| | 16 | 95,50 | 71,38 | |
| | 12.5 | 71,56 | 42,25 | |
| | 10 | 35,88 | 10,88 | |
| | 8 | 13,44 | 0,48 | |
| | 6.3 | 2,50 | 0,12 | |
| | 5 | 0,38 | - | |
| | 2.5 | 0,25 | - | |
| | 1.25 | - | - | |

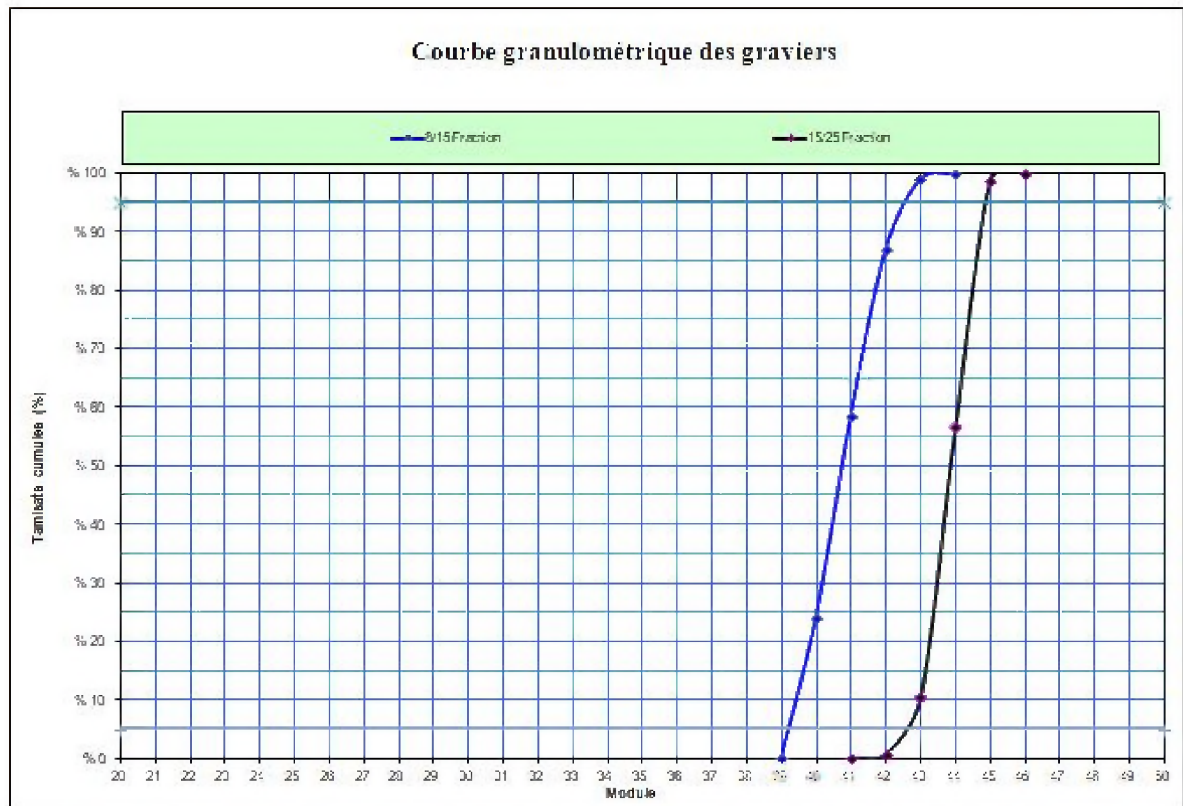


Figure 2.4. L'Analyse granulométrique des graviers

II.2.2.2.2. Caractéristiques intrinsèques :

Tableau 2-8. Caractéristiques intrinsèques

| ESSAIS | | Classe 8/16 | Classe 16/25 | Recommandations |
|---|------------------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Propreté NF P 18 – 591/ NA 463 | P(%) | 0,42 | 0,56 | ≤ 2% |
| Absorption d'eau NF P 18 – 553/ NA 255 | Ab (%) | 1,19 | 1,40 | ≤ 2% |
| Masse volumique NF P 18 – 554 / NA 255 | Absolute (t/m³) | 2,62 | 2,60 | - |
| | Apparente (t/m³) | 1,40 | 1,37 | - |

Tableau 2-9. Caractéristiques intrinsèques

| ESSAIS | | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|----------------------|---------------|-------------|--------------|-----------------|
| Aplatissement | A (%) | 20,09 | 22,94 | <30% |
| Micro Deval | Classe | 21.32 | | ≤ 25% |
| Los Angles | Classe | 20.62 | | ≤ 25% |

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

II.2.2.3. Caractéristiques chimique :

Tableau 2-10. Caractéristiques chimique

| Teste | | Gravier | Recommandations |
|-----------------|----------------|---------|-----------------|
| SBL 15-461 | Insolubles (%) | 33 | - |
| BS 1377 | Sulfates (%) | 0,13 | - |
| NF P 15 - 461 | Carbonates (%) | 95 | - |
| Méthode de Mohr | Chlorure (%) | 0.10 | - |

II.2.2.3. Granulats de la zone II (Carrières de Boussaâda - M'sila) :

II.2.2.3.1. Analyse granulométrique (NF P 18-304)

Tableau 2-11. Analyse Granulométriques

| analyse granulométriques NF P 18 - 560 / NA 2607 | Tamis | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|---|-------|----------------|-----------------|---|
| | 25 | - | 99,33 | Courbe des graviers doit être entre les particules fins et grossières de la limite du fuseau de référence. |
| | 20 | 100,00 | 64,53 | |
| | 16 | 96,27 | 21,66 | |
| | 12.5 | 72,36 | 11,94 | |
| | 10 | 41,96 | 5,51 | |
| | 8 | 17,51 | 2,27 | |
| | 6.3 | 7,35 | 0,64 | |
| | 5 | 2,43 | - | |
| | 2.5 | 0,34 | - | |
| 1.25 | - | - | | |

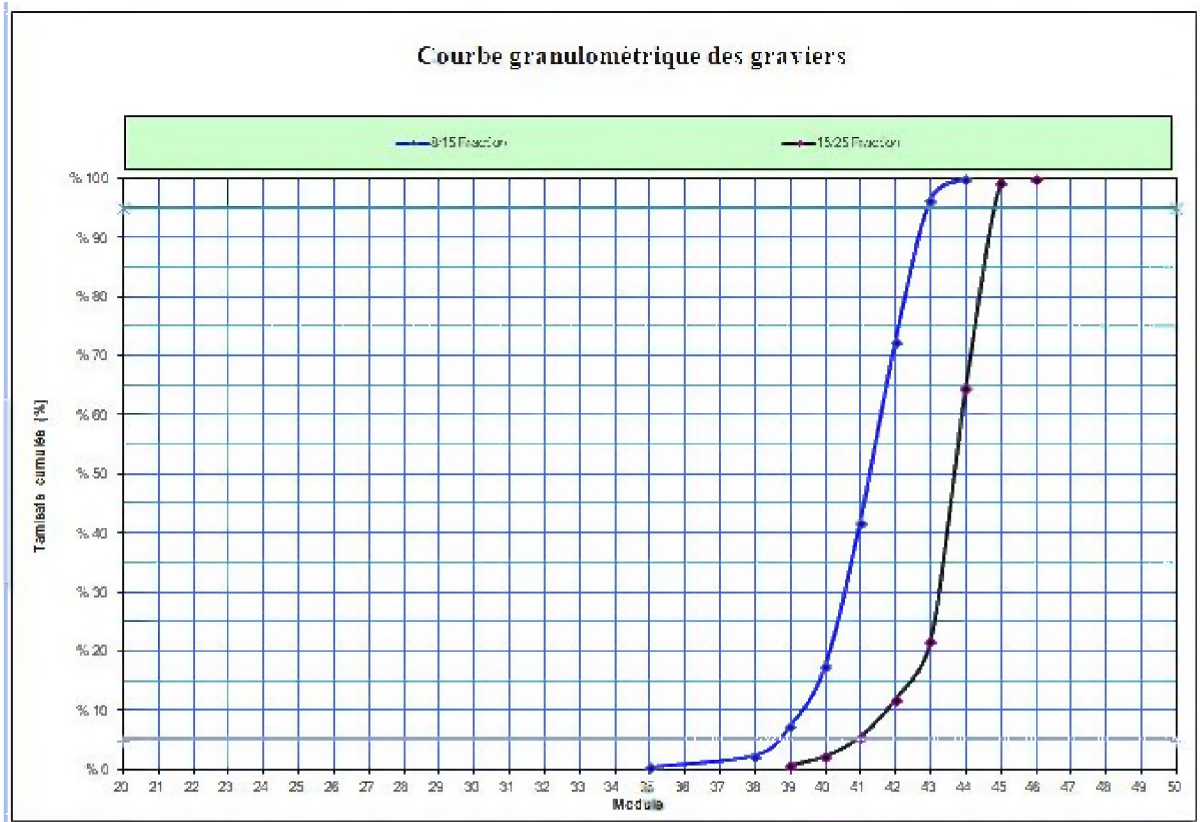


Figure 2.4. L'Analyse granulométrique des graviers

II.2.2.3.2. Caractéristiques intrinsèques :

Tableau 2-12. Caractéristiques intrinsèques

| ESSAIS | | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|---|------------------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Propreté NF P 18 – 591/ NA 463 | P(%) | 0,82 | 0,71 | ≤ 2% |
| Absorption d'eau NF P 18 – 553/ NA 255 | Ab (%) | 1,72 | 1,81 | ≤ 2% |
| Masse volumique NF P 18 – 554 / NA 255 | Absolue (t/m³) | 2,56 | 2,59 | - |
| | Apparente (t/m³) | 1,38 | 1,36 | - |

Tableau 2-13. Caractéristiques intrinsèques

| ESSAIS | | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|----------------------|---------------|-------------|--------------|-----------------|
| Aplatissement | A (%) | 22,09 | 25,13 | <30% |
| Micro Deval | Classe | 23.49 | | ≤ 25% |
| Los Angles | Classe | 23.51 | | ≤ 25% |

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

II.2.2.3.3. Caractéristiques chimique :

Tableau 2-14. Caractéristiques chimique

| Teste | | Gravier | Recommandations |
|-----------------|----------------|---------|-----------------|
| SBL 15-461 | Insolubles (%) | 37 | - |
| BS 1377 | Sulfates (%) | 0,14 | - |
| NF P 15 - 461 | Carbonates (%) | 94 | - |
| Méthode de Mohr | Chlorure (%) | 0.13 | - |

II.2.2.4. Granulats de la zone III (Carrières de Bir Hadada - Sétif) :

II.2.2.4.1. Analyse granulométrique (NF P 18-304)

Tableau 2-15. Analyse Granulométriques

| analyse granulométriques NF P 18 - 560 / NA 2607 | Tamis | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|---|-------|----------------|-----------------|-----------------|
| | 25 | - | 99,05 | |
| | 20 | 100,00 | 76,60 | |
| | 16 | 73,51 | 14,38 | |
| | 12.5 | 50,98 | 2,56 | |
| | 10 | 24,65 | 0,70 | |
| | 8 | 9,01 | 0,70 | |
| | 6.3 | 1,93 | 0.46 | |
| | 5 | 1,46 | - | |
| | 2.5 | - | - | |
| | 1.25 | - | - | |

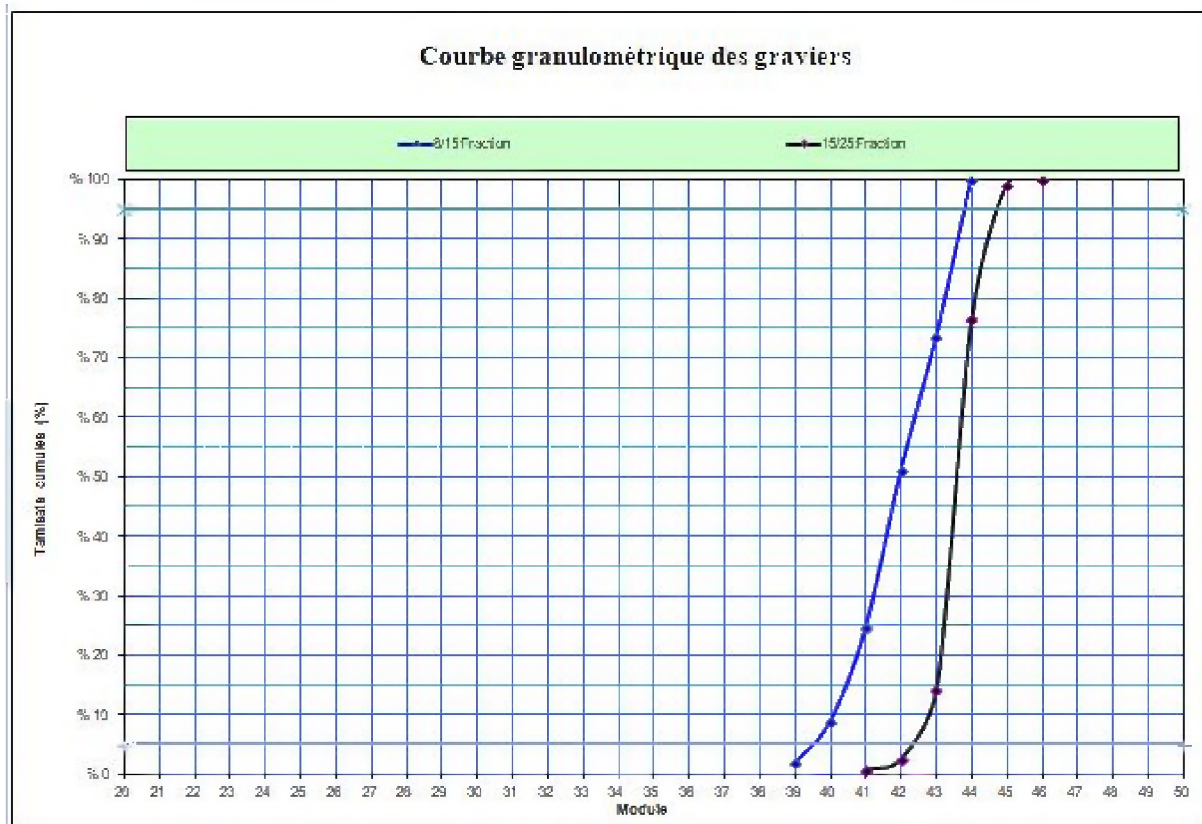


Figure 2.4. L'Analyse granulométrique des graviers

II.2.2.4.2. Caractéristiques intrinsèques :

Tableau 2-16. Caractéristiques intrinsèques

| ESSAIS | | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|---|-------------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Propreté NF P 18 – 591/ NA 463 | P(%) | 0,59 | 0,62 | ≤ 2% |
| Absorption d'eau NF P 18 – 553/ NA 255 | Ab (%) | 0.51 | 0.63 | ≤ 2% |
| Masse volumique NF P 18 – 554 / NA 255 | Absolue (t/m ³) | 2,63 | 2,61 | - |
| | Apparente (t/m ³) | 1,42 | 1,39 | - |

Tableau 2-17. Caractéristiques intrinsèques

| ESSAIS | | Classe 8/15 | Classe 15/25 | Recommandations |
|----------------------|--------|-------------|--------------|-----------------|
| Aplatissement | A (%) | 19.31 | 21.38 | <30% |
| Micro Deval | Classe | 20.09 | | ≤ 25% |
| Los Angles | Classe | 18.41 | | ≤ 25% |

II.2.2.4.3. Caractéristiques chimique :

Tableau 2-18. Caractéristiques chimique

| Teste | | Gravier | Recommandations |
|-----------------|----------------|---------|-----------------|
| SBL 15-461 | Insolubles (%) | 32 | - |
| BS 1377 | Sulfates (%) | 0,11 | - |
| NF P 15 - 461 | Carbonates (%) | 94 | - |
| Méthode de Mohr | Chlorure (%) | 0.12 | - |

II.2.3. Caractéristiques du ciment :

Le ciment le plus utilisé dans Wilaya de M'sila est un ciment portland composé de type (CPJ-LAFFARGE – Matine- CEM II/B-L 42,5N), dont les caractéristiques physico mécaniques et chimiques conforme aux exigences des ciments II/B-L 42,5N selon la norme NF P 15-301/NA 442.

II.2.3.1. Caractéristiques physiques :

L'analyse physique des ciments déterminé selon la norme français NF EN 196-3. Le tableau 2-19 résume les caractéristiques physiques du ciment utilisé.

Tableau 2-19. Caractéristiques physiques de ciment

| | |
|--|---------|
| Début de l'essai | 09 h 00 |
| Temps de début de prise | 10 h 00 |
| Temps de fin de prise | 12 h 15 |
| Temps de prise | 02 h 35 |
| Température | 21.5 |
| Masse volumique absolue (g/cm ³) | 3,08 |
| Finesse suivant la méthode Blaine (cm ² /g) | 3870 |

II.2.3.2. Caractéristiques chimiques :

L'analyse chimique des ciments déterminé selon la norme français NF EN 196-2. Le tableau 2-20 résume Les compositions chimiques du ciment utilisé.

Tableau 2-20. Caractéristiques chimiques

| SiO ₂ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | K ₂ O (%) | Na ₂ O (%) | SO ₃ (%) | Cl ⁻ (%) | Ins (%) | P.F (%) |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------|
| 20,78 | 4,84 | 3,49 | 61,46 | 1,89 | 0,61 | 0,11 | 2,51 | 0,02 | 0,70 | 6,63 |

II.2.4. Eau de gâchage (puits d'eau N°103):

Chapitre 02 : Caractérisation des matériaux utilisés dans la wilaya de M'SILA

L'eau utilisée pour le gâchage de béton provienne du puits le plus proche au projet (L'eau potable).

II.3. Etude de composition de béton :

La méthode de formulation utilisée par les laboratoires de M'sila est Dreux gorisse, cette méthode permet de déterminer les quantités optimales de matériaux (eau E, ciment C, sable S, gravier G) nécessaires à la confection d'un mètre cube de béton conformément au cahier des charges.

Plusieurs étapes de calcul successives sont nécessaires à l'obtention de la formule théorique de béton :

- Détermination du rapport C/E
- Détermination de C et E
- Détermination du mélange optimal à minimum de vides
- Détermination de la compacité du béton
- Détermination des masses de granulats

II.4. Conclusion :

Le sable utilisé dans la Wilaya de M'sila a un ES de 71.86 % ; donc c'est un sable propre, qui est montre le manque de fines argileuses, et aussi a un module de finesse de 2.05, c'est un sable moyen (né fin né grosse).

L'indice de propreté est acceptable pour les graviers de trois zones ($P < 2\%$).

Le taux d'absorption est acceptable pour les graviers de trois zones ($Ab < 2\%$).

La résistance au choc déterminée par l'essai LOS ANGLES est inférieur à 25 %, donc cette résistance est admissible pour les travaux des bétons.

Les résultats obtenus montrent que le gravier testé présente un comportement admissible à l'usure ($MDE(\%) < 25\%$).

Le pourcentage d'éléments plats contenu dans l'ensemble des échantillons reste acceptable (inférieur au seuil fixé par la norme recommandée 30%).

Donc, à partir de la somme des caractéristiques et des propriétés, nous concluons que le gravier de trois zones est admissible pour le béton.

CHAPITRE 03 :
LA QUALITÉ
DANS LA WILAYA
DE M'SILA

III.1. Introduction:

Avec la hausse des prix du pétrole en 2008, l'Algérie a ouvert de nombreux grands ateliers de développement. La Wilaya de M'sila en détenait une part importante, car il bénéficiait de nombreux projets dans tous les secteurs, dont:

- Le secteur du logement: il est soutenu par plus de 20 mille logements sur tout le territoire de la Wilaya.
- Secteur de l'éducation: soutenu par 13 lycées, 21 collèges et plus de 30 écoles primaires.
- Le secteur de la santé: quatre grands hôpitaux et de plus de 20 centres de santé.
- Ceci s'ajoute à de nombreux projets dans d'autres secteurs tels que le secteur militaire, le secteur des travaux publics, le secteur du sport, le secteur de la finance ... etc.

Pour que cela réussisse, il a fallu recruter tous les partenaires et encadrants pour la mise en œuvre de ces projets, comme suit:

- Les Maîtres de l'ouvrage et représentants des directions exécutives locales (direction du logement, direction des équipements publiques, direction de la santé, direction des travaux publics ... etc.) ainsi que des promoteurs immobiliers tels que l'Office de promotion et de gestion immobilière OPGI, agence AADL et promoteurs privés, où le rôle des maîtres d'ouvrage est de conduire les projets et la mise en œuvre des procédures administratives et juridiques, à partir de l'annonce du projet, en passant par les processus d'approbation pour le reste des partenaires, jusqu'à la réception définitive et la clôture du projet.
- Le comité de contrôle technique de la construction, CTC, dont le rôle consiste d'abord à vérifier les dossiers d'exécution, puis à suivre l'achèvement des grands travaux dans toutes ses étapes, depuis les terrassements jusqu'à l'achèvement de l'étanchéité.
- Bureaux d'études en architecture et génie civil, son rôle est de réaliser des études d'architecture et de génie civil, puis le suivi des travaux de réalisation dans toutes ses étapes et apporter une assistance et des solutions techniques pour faciliter les travaux.
- Les laboratoires de contrôle qualité et leur rôle est de contrôler la qualité des matériaux utilisés dans les ouvrages et leur conformité aux normes établies.
- Et sans oublier le rôle des autorités locales (commune, Daira et Wilaya), notamment en ce qui concerne le choix des terrains et la résolution des problèmes liés aux citoyens.

Cependant, la nature de la relation entre ces partenaires doit être évoquée, étant donné les lois en vigueur en Algérie, tant le de contrôle technique de la construction CTC, le bureau d'études et l'entreprise de réalisation signent des contrats avec le maître d'ouvrage tandis que le laboratoire de contrôle qualité signe le accord avec l'entreprise de réalisation, considérant que le contrôle qualité est sous la responsabilité de ce dernier, Cela fait du laboratoire de contrôle le maillon le plus faible de la chaîne.

III.2. Protocole de surveillance en laboratoire:

Le processus de contrôle laboratoire se déroule en plusieurs étapes qui peuvent être résumées comme suit:

1. Le processus d'identification des matériaux qui seront utilisés dans la fabrication du béton en prélevant des échantillons de la carrière et en menant les expériences nécessaires sur eux (comme nous l'avons vu dans le deuxième chapitre. Et lorsqu'il est prouvé qu'il est conforme aux normes applicables, l'entreprise de réalisation est autorisée à fournir ces matériaux au chantier.
2. Prélèvement d'échantillons au niveau de chantier pour vérification et préparation de la formulation de béton requise dans le cahier de charges.
3. Réalisation d'essais de convenances au niveau de chantier et en conditions réelles pour s'assurer de la qualité du béton.
4. Après avoir confirmé la conformité des matériaux et la qualité du béton, l'entreprise de réalisation est autorisée à entamer les travaux de coulage du béton avec la présence du laboratoire et en menant les expériences nécessaires (Affaissement, Température de béton et confection des éprouvettes).
5. Ecrasement à 07 jours : Le but de cet essai est d'accélérer les travaux ; Si les résultats sont acceptables, l'entrepreneur est autorisé à terminer les travaux, mais s'ils ne sont pas acceptables, alors l'entrepreneur doit être attendue l'écrasement de 28 jours
6. Ecrasement à 28 jours : Si les résultats sont acceptables, l'entrepreneur sera autorisé à achever les travaux, mais s'ils ne sont pas acceptables, des tests supplémentaires doivent être effectués pour garantir la qualité du béton dans le chantier (Auscultation dynamique, carottage), Si ces tests supplémentaires donnent des résultats acceptables, l'entrepreneur est autorisé à terminer les travaux, mais s'ils ne sont pas acceptables, des solutions à ce problème doivent être recherchées, telles que le renforcement de la structure, et si aucune solution n'est trouvée, dans ce cas, nous avons recours à la démolition.

III.3. Qualité du béton à M'sila :

Toutes les données sont des résultats d'essais en laboratoire menées au niveau du laboratoire BERM pour plusieurs projets au cours de la décennie allant de 2010 à 2019. Chaque résultat est une moyenne de plus de 100 écrasements, provenant de plusieurs projets, de différentes zones, ainsi que pour différentes fractions d'ouvrage.

III.3.1. La qualité du béton selon les zones :

Dans notre étude, nous avons divisé la Wilaya de M'sila en trois zones (zone I, zone II, zone III), en fonction des sources des matériaux utilisés et des données climatiques disponibles (voir chapitre II), la figure suivante montre comment la qualité du béton varie dans ces zones.

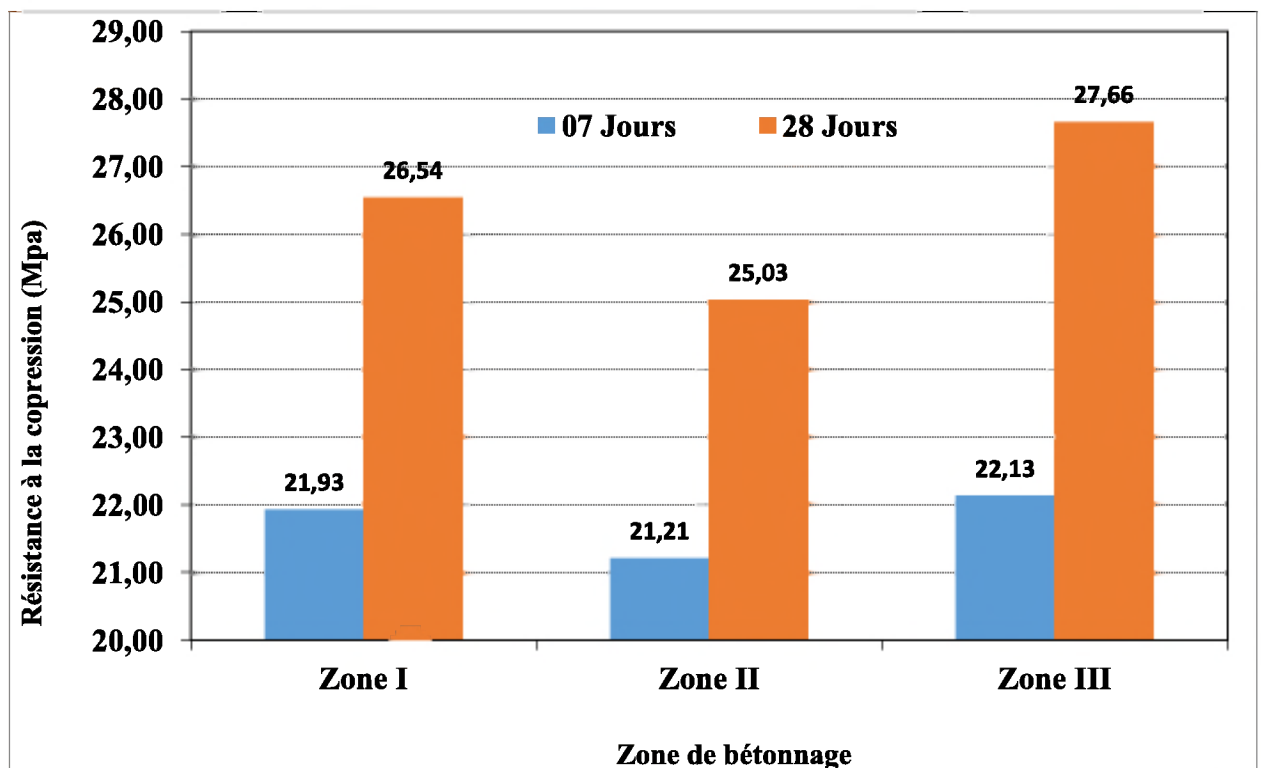


Figure. 3.1. La qualité du béton selon les zones

D'après la figure, il apparaît que la qualité du béton dans la zone III est la meilleure, et cela est dû à la qualité des matériaux utilisés, car les caractéristiques intrinsèques des granulés de Bir Hadada sont meilleures que les caractéristiques intrinsèques de granulats de Maaza et Bou Saada.

Cela peut également être dû aux facteurs climatiques qui caractérisent chaque région, car la température à Boussada et M'sila est plus élevée par rapport la température à Magra.

III.3.2. La qualité du béton au cours de l'année :

La figure 3.2 représente la qualité du béton selon les 12 mois de l'année.

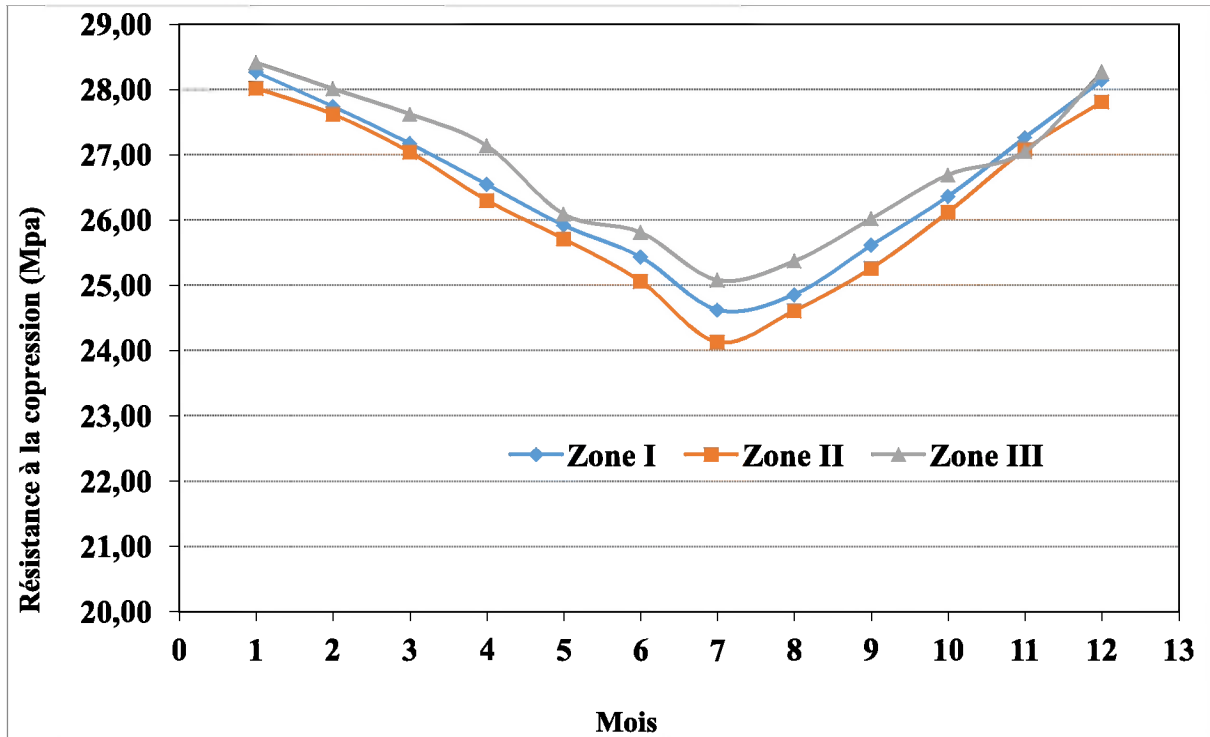


Figure. 3.2. La qualité du béton au cours de 12 mois de l'année

À travers la figure, il est évident que la qualité du béton pendant la saison froide est meilleure que la qualité du béton pendant la saison chaude, et cela est dû à l'effet négatif de la température.

III.3.3. La qualité du béton au cours de la dernière décennie :

La figure 3.3 montre la qualité du béton selon les 10 ans de la dernière décennie (2010-2019).

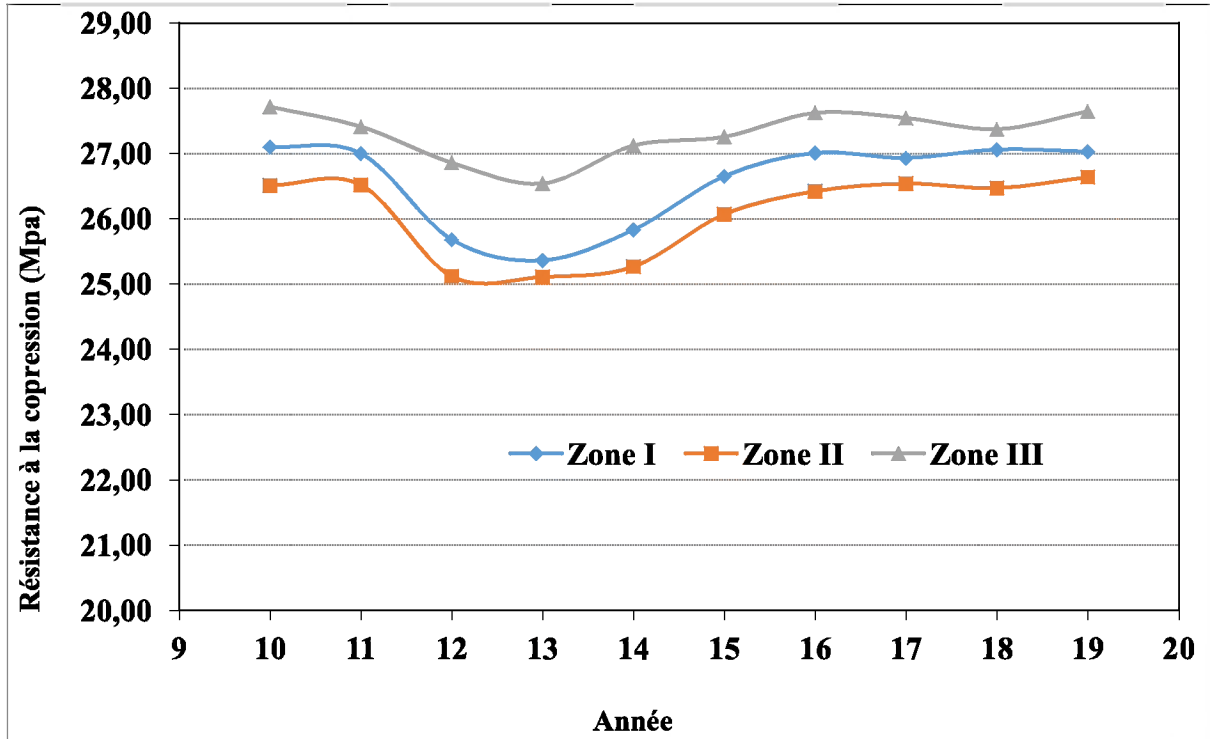


Figure. 3.3. La qualité du béton au cours de la dernière décennie (2010-2019)

On remarque sur la figure une détérioration de la qualité du béton au cours des années 2012, 2013 et 2014, et ceci, selon les techniciens du laboratoire du Bureau d'études et de recherches, est dû à l'arrestation par les autorités de la Wilaya des carrières de sable au cours de ces années afin de régler leur situation juridique, et c'est ce qui a poussé les entrepreneurs à apporter du sable de sources inconnues et sans contrôle laboratoire.

III.3.4. La qualité du béton selon les fractions de l'ouvrage :

La figure 3.4 illustre la qualité du béton selon les différentes fractions de l'ouvrage (semelles, Poteaux et voiles, Poutres).

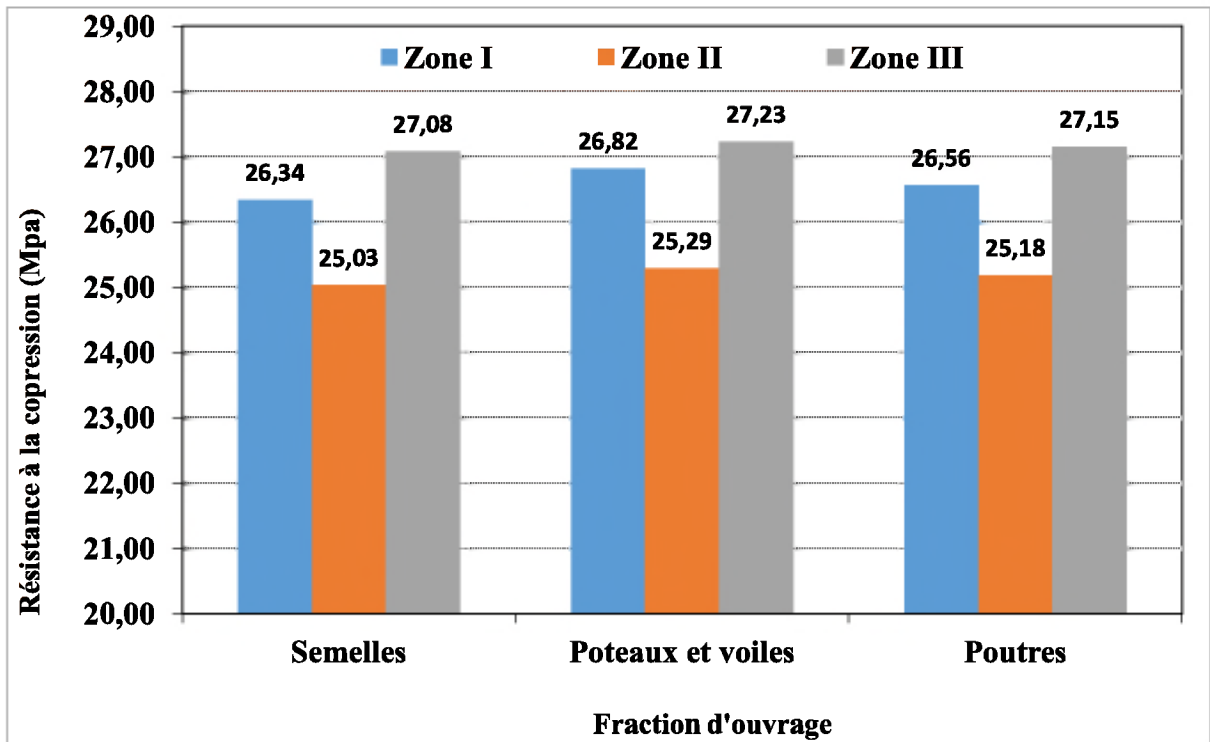


Figure. 3.4. La qualité du béton selon les fractions de l'ouvrage

Sur cette figure, il semble clair que la qualité du béton est similaire dans toutes les phases de construction et c'est parce que les exigences de construction sont les mêmes dans tous les éléments de la structure, et c'est ce qui a fait que les laboratoires de contrôle utilisent la même formulation de béton dans toutes les phases de construction.

Conclusion Générale

Dans un souci de développement social et économique et de développement urbain, les efforts de tous les partenaires participants doivent être conjugués, et il doit aussi y avoir une volonté politique, mais le plus grand obstacle à l'amélioration de la qualité des travaux de construction dans l'ensemble et le béton en particulier reste l'ingérence des politiciens dans les travaux, car ce qui compte le plus pour les décideurs, c'est l'avancement des travaux et c'est ce qui cela peut affecter la qualité des travaux d'une part, et d'autre part, le laboratoire de contrôle qualité reste le maillon le plus faible de cette chaîne, ce qui le rend vulnérable aux pressions exercées sur lui par les entreprises de réalisation.

En plus de tout cela, le développement urbain et la qualité des travaux dans la Wilaya de M'sila définissent un autre problème, qui est le manque de grandes entreprises expérimentées dans la réalisation des projets de construction, et cela a également entraîné des retards dans l'achèvement de nombreux projets, et un impact négatif sur la qualité des travaux, malgré la disponibilité des matériaux de construction, la wilaya de M'sila possède plusieurs sources de granulats et une cimenterie.

Cependant, malgré tout cela, la qualité du béton est encore acceptable dans une large mesure en raison de la bonne qualité des matériaux de construction ainsi que de la disponibilité d'un bon nombre de laboratoires au niveau de la wilaya.

Références

- [1] Benkali Sarah : « caractérisation expérimentale des bétons autoplaçants obtenus par ajout des déchets de construction » Thèse de magistère université Mouloud Mammeri de TiziOuzou.
- [2] G. e. F. .. Dreux, Nouveau guide du béton et de ses constituants. EYROLLES, Huitième édition 1998 Troisième tirage 2007.
- [3] CHANVILLARD ET D'ALOIA, liaison Lab., Ponts et Chaussées..., 1994.
- [4] BOUKLI HACENE SIDI MOHAMED EL AMINE, contribution a l'étude de la résistance caractéristique des bétons de la région de Tlemcen. Thèse de doctorat à L'université aboubaker belkaid, Tlemcen, 2009.
- [5] GEORGES DREUX, Nouveau guide du béton et de ces constituants, septième édition EYROLLES ,1998.
- [6] KATTAB.R, valorisation de sable de dune, Thèse de doctorat. ENP Alger 2007.
- [7] Dupain.R et Lanchon.R : granulats, sols, ciment et bétons paris : Ed Educavivre, 276p
- [8] Aitcin.P.C et Baron.J : Béton haute performance, Ed.Eyrolles, 1996
- [9] CIM béton : le ciment et ses applications, fiches technique 2000.
- [10] Bression.J : prévision des résistances, paris, tech batin. Trav .Public, 1980.
- [11] Dreux.G et Festa.j : Nouveaux guide du béton et de ces constituants, Ed. Eyrolles, 1998, 278P.
- [12] Deux.G et Festa.J : Nouveaux guide du béton et de ces constituants, Ed. Eyrolles, 1998 115p.
- [13] Neville.A.M : propriétés des bétons, traduit par le CRIB, Ed.Eyrolle,parie, 1992 130p].
- [14] ADAM M. Neville. « Propriétés de béton ». Eyrolles Paris, 2000.
- [15] Baron, Jaques et Ramond Sauterey : « le béton hydraulique : Connaissances et pratique», Paris 1995.
- [16] L. J. Vicat, Traité pratique et théorique de la composition des mortiers, ciments et gangues a pouzzolanes et de leur emploi dans toutes sortes de travaux.
- [17] R. Vittone, Bâtir : manuel de la construction, PPUR Presses polytechniques, 2010.