



Faculté de technologie
Département de GENIE CIVIL

MEMOIRE

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

FILIERE : Génie Civil

SPECIALITE : Matériaux

Présenté par :

SAADALLAH Younes

LAZREG Es-sadig

Thème :

***Etude Expérimentale d'un Béton
Autoplaçant à base de déchets de verre***

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. BADDAR Salim	Professeur	Président
Mme. BOUALEG Saida	MCA	Examineur
Mme. DJEBRI Noura	MCA	Encadreur
Mr. RAHMOUNI Zine El Abidine	Professeur	Co-Encadreur

Promotion : 2023/2024.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, remercions Dieu Tout-Puissant, de nous avoir donné de la force & de la patience, ainsi que du courage pour surmonter toutes les difficultés.

Et n'oublions pas nos parents & notre famille qui apportent tout le soutien nécessaire dans notre parcours scolaire.

*Nous remercions notre encadreur Mme. **DJEBRI Noura**, Qui nous a conduits à réaliser ce travail modeste & le soutien scientifique et moral qu'il nous a apporté en nous, ce qui a donné lieu à qui était dans le laboratoire de génie civil de la Faculté de Technologie de l'**Université de Mohamed Boudiaf –M'SILA**.*

Nous remercions notre Professeur Co-Encadreur Mr. RAHMOUNI Zine El Abidine d'avoir soutenu ce travail et les efforts déployés lors de sa préparation.

*Nous exprimons notre gratitude à l'Ingénieur en Lafarge **SAADALLAH Meftah**.*

*Nous remercions les membres du jury, Mr. BADDAR
Salim Professeur Président, Mme BOUALEG Saida MCA
Examineur, pour avoir accepté de participer à
l'évaluation de notre travail.*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Au deux être les plus chères au monde

Ma mère et mon père

A mes frères

A tous ma famille

Tous les amis

*Et à tous personnes ayant contribués à
ce travail de près ou de loin.*

SAADALLAH.Y



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance & de
remerciement

A mes chers Grands-parents

A mes chers parents A mes chers frères

A mes chères sœurs

et toute la famille lazreg & Pour tous mes amis

A mon Tous les enseignants de la filière pédagogique notamment
en génie civil

Et à tous ceux qui l'ont connu au cours de mon carrière
Scolaire.

Lazreg-Es-sadig

Table des matières

Remerciements	3
Dedicace	4
Liste des figures	6
Liste des tableaux	7
Abstract	8
INTRODUCTION GENERALE	1

CHAPITER I ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE BETON AUTO-PLACANT (BAP)

I.1. Introduction	03
I.2. Définition de béton auto plaçant	03
I.3.Pirncipaux constituants des BAP	04
I.3.1. Matériaux de base :	04
I.3.1.2 Ciment :	05
I.3.1.3 Additions minérales :.....	05
I.3.1.4 Les fillers calcaires :.....	06
I.3.1.5 Le super plastifiant :	06
I.3.2 Essais de caractérisation à l'Etat frais	09
I.3.2.1.Essai évaluant la fluidité (étalement)	09
I.3.2.2. L'essai de boite en L :.....	10
I.3.2.3. Essai de Stabilité au tamis :.....	10
I.3.3 caractéristiques des BAP à L'état durci :.....	11
I.3.3.1 La résistance mécanique	11
I.3.3.2 Le module élastique	12
I.4 Les Avantage de BAP :	13
I.5.Méthodes de formulations des BAP :	13
I.5.1 Méthodes japonaise :.....	13
a) Dosage des gravillons :.....	13
b) Dosage du sable :	13
c) Dosage du liant :	13

d) Dosage de l'eau et du super plastifiant:.....	14
I.5.2 Méthode Suédoise :	14
I.5.3 Méthodes Française :	14
I.6 Concluions.....	15

CHAPITRE II VALIORISATION DES DECHETS

II.1 Introduction.....	16
I.2 Recyclage des déchets :	17
II.2.1 Définition d'un déchet :	17
II.3 Les différents types de déchet	17
II.4 Déchets ultimes	17
II.5 Déchets ménagers et assimilés :.....	17
II.6 Déchets inertes :.....	18
II.7 Déchets dangereux :	18
II.7.1. Déchets industriels spéciaux (DIS):.....	18
II. 7.2 Déchets ménagers spéciaux (DMS) :	18
II.8. Déchets verts :.....	18
II.9. Déchets organiques :.....	18
II. 10. Déchets non dangereux des activités économiques :.....	19
II.10. 1. Les déchets industriels banals (DIB):.....	19
II.10 .2. Les déchets médicaux et pharmaceutiques :	19
II.10.3. Gestion des déchets :	20
II.10.4 Principes de gestion des déchets :	20
II.10.5. Technique de gestion des déchets.....	20
II.10.5.1 Décharge :	20
II.10.5.2 Incinération:.....	20
II.10.5.3. Compost et fermentation :	21
II.10.5.4. Traitement biologique et mécanique :	21
II.10.5.5. Pyrolyse et gazéification :	22
II.10.6. Déchets utilisés comme granulats du béton :	22
II.10.6.1 Déchet de faïence :	22
II.10.6.2 Déchets de la démolition :	23
II.10.6.3 Déchet de Pneus :	24

II.10.6.4 Les déchet de brique :	25
II.10.6.5 Déchet de Verre :	25
II.10.6.6 Les déchets de chantier :	26
II.10.6.7 Les déchets plastiques :	27
II.10.6.8 Déchet de bois:	28
II.11 Concluions	29

CHAPITRE III Caractéristiques des matériaux utilisé et Composition du Béton

III.1 Introduction	30
III.2.Caractéristiques des matériaux utilisés et composition du BAP	30
III.2.1. Le sable	30
III.2.1.1. Analyse granulométrique :	30
Mode opératoire	31
III.2.1.2. Caractéristiques physiques du sable :	32
III.2.1.2.1. La masse volumique absolue	32
Mode opératoire	33
III.2.1.2.2 La masse volumique apparente :	33
III.2.1.2.3 Equivalent de sable :	34
Mode opératoire :	34
a)équivalent de sable visuel (E.S.V) :	35
b) Equivalent de sable piston(E.S.P):	35
III.2.2. Le gravier :	36
III.2.2.1. Analyse granulométrique :	36
III.2.2.2. Caractéristiques physiques du gravier :	37
III.2.2.2.1. La masse volumique apparente :	37
Mode opératoire	37
III.2.2.2.2. La masse volumique absolue :	38
Mode opératoire	38
III.2.3. Le ciment :	39
III.2.4 Les adjuvants	39
III.2.5 Les déchets de verre :	39

III.2.5.1 Analyse granulométrique du verre.....	39
Mode opératoire	40
III.2.5.2. Caractéristiques physiques du verre :.....	41
III.2.5.2.1 La masse volumique absolue du verre	41
Mode opératoire.....	41
III.2.5.2.2 La masse volumique apparente du verre	42
III.2.6. Le filler (marbre) :	42
III.2.7. L'eau de gâchage :	43
III.3. Formulation du béton auto plaçant :	44
III. 3 .1. Préparation de la gâchée :.....	44
III. 3 .2. Conservation des éprouvettes :	44
III. 3 .3. Formulation de béton auto plaçant :.....	44
III.3.3.1. Les constituants présents dans le mélange :	45
III.4 Les compositions des différents bétons :	46
III.5 Conclusion.....	47

CHAPITER VI Techniques Expérimentales des BAP

VI.1INTRODUCTION :	48
IV.2Essais de caractérisation du béton auto plaçant à l'état frais :	48
IV.2.1. Détermination de la consistance au cône d'Abram's :	48
IV.2.1.1. Matériel utilisé :	48
IV.2.1.2. Mode opératoire :	48
IV.2.2 Détermination du risque de blocage à l'aide de la boîte L :.....	49
Principe.....	50
IV.2.3 Détermination de la résistance à la ségrégation par l'évaluation de la stabilité au tamis :	50
IV.2.3.1. Matériel utilisé :	50
IV.2.3.2. Mode opératoire :	50
IV.3 Essais de caractérisation du béton auto plaçant à l'état durci :	51
IV.3.1. Essai de compression :.....	51
a) But de l'essai :	51

b) Principe de l'essai :	52
c) Conduite de l'essai :	52
IV.3.2 Essai de traction par flexion :	53
a) But de l'essai :	53
b) Conduite de l'essai :	53
IV.3.4. Détermination de la résistance par les essais non destructifs	54
On a utilisé deux essais non destructifs :	54
IV.3.4.1 Essai au scléromètre :	54
a) Principe de l'essai	55
IV.3.4.2 Essai d'auscultation dynamique :	55
a) Principe de l'essai :	55
IV.4 Conclusion :	56

Chapitre V Résultats et Analyses

V.1 Introduction	57
V.2 Résultats des essais à l'état frais :	57
V.2.1. Essai d'étalement au cône d'Abram's :	57
V.2.2. Essai de la boîte en L :	58
V.2.3. Essai de stabilité au tamis :	59
V.2.4. La masse volumique :	60
V.3 Résultats des essais à l'état durci :	61
V.3.1 Les essais destructifs (ED) :	61
V.3.1.1 La résistance à la compression :	61
V.3.1.2 La résistance à la traction par flexion	63
V.3.2.1 Les essais non destructifs (END)	64
V.3.2.2.1 L'essai à l'ultrason (Eprouvettes cubiques):	64
V.3.2.2.2 L'essai à l'ultrason (Eprouvettes présmatiques):	65
V.3.2.3.1 L'essai au scléromètre (Eprouvettes cubiques)::	66
V.3.2.3.2 L'essai au scléromètre (Eprouvettes présmatiques):	67
V.4 Conclusion	68
CONCLUSION GENERALE	69
Références bibliographiques	71
ANEXES	75

LISTE DES FIGURES

Fig. I.1. comparaison de la structure d'un BAP d'un BO [6].....	04
Fig. I.2. Représentation schématique des molécules de base super plastifiants les plus connus [10]	07
Fig. I. 3. Influence de la qualité du super plastifiant sur l'étalement et la viscosité d'un béton [40]	07
Fig. I. 4. Pâte de ciment non adjuvant additionnés [11]	08
Fig. I. 5. Pâte de ciment d'un super plastifiant [11]	08
Fig. I. 6. Essai d'étalement au cône d'Abrams selon la norme SN EN 12350-8.....	09
Fig. I. 7. Shéma d'essai d'étalement au cône d'Abrams [42]	09
Fig. I.8 . L'essai d'étalement [41]	10
Fig. I.9 . Représentation schématique de l'essai à la boîte en L [41]	10
Fig. I.10. Essai stabilité de tamis. [41]	11
Fig. I 11. Résistance en compression de différents mélanges [17]	12
Fig. I 12. Mesure de la résistance à la compression	12
Fig. I.13. Essai sclérométrique	13
Fig . I.14. Mesure de la résistance à la traction	14
Fig. II. 1 déchet de faïence [29]	26
Fig. II. 2 Déchets de démolition [29]	27
Fig. II. 3 Déchet de Pneus.[29].....	28
Fig. II. 4 déchet de Brique.[29]	28
Fig. II. 5 déchet de verre [29].....	29
Fig. II. 6 Les déchets de chantier [29].....	30
Fig. II. 7 différent type de déchet plastique [29]	31
Fig. II. 8 défèrent type de déchet de bois[29].....	32
Fig. III. 1 Matériels utilisé pour l'analyse granulométrique.....	34
Fig. III. 2 Courbe granulométrique de sable.....	35
Fig. III. 3 Essai d'équivalent de sable	38
Fig. III. 4 Courbe granulométrique de Gravier (8/16)	39
Fig. III. 5 Courbe granulométrique de Gravier (3/8)	40
Fig. III. 6 Ciment portland Composé (CPJ) MATINE	41
Fig. III. 8 Matériels utilisé pour l'analyse granulométrique du verre.....	43
Fig. III. 8 Courbe granulométrique du verre.....	43

Fig. IV. 1 Essai d'étalement	50
Fig. IV. 2 Blocage des granulats par la présence d'armatures [14]	50
Fig. IV. 3 Exemple de l'essai la boîte en L.....	51
Fig. IV. 4 Essai de la stabilité au tamis.....	52
Fig. IV. 5 L'appareil de l'essai de compression.....	53
Fig. IV. 6 L'appareil de l'essai de traction par flexion.....	54
Fig. IV. 7 Formule de calcul de la résistance de traction.....	55
Fig. IV. 8 Marteau de Scléromètre.....	55
Fig. IV. 9 Principe de fonctionnement d'un scléromètre [14]	56
Fig. IV. 10 Appareil d'ultrason.....	57
.	
Fig. V. 1 L'étalement en fonction de type de béton	58
Fig. V. 2 Le taux de remplissage en fonction de type de béton.....	59
Fig. V. 3 L'indice de ségrégation en fonction de types de béton	60
Fig. V. 4 la masse volumique en fonction des types bétons (BAP).....	61
Fig. VI. 1 La résistance à la compression en fonction de l'âge de béton	64
Fig. VI. 2 La résistance à la traction par flexion en fonction de l'âge des bétons	65
Fig. VI. 3 la vitesse du son en fonction de l'âge des bétons (Eprouvettes cubiques)	67
Fig. VI. 4 la vitesse du son en fonction de l'âge des bétons (Eprouvettes prismatiques).....	68
Fig. VI. 5 L'indice sclérométrique en fonction de l'âge des bétons (Eprouvettes cubiques)	69
Fig. VI. 6 L'indice sclérométrique en fonction de l'âge des bétons (Eprouvettes prismatiques)	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I . 1 . Qualité du béton et vitesse de propagation des impulsions selon

Leslie.....	15
Tableaux. III.1 .Analyse granulométrique du sable.....	35
Tableaux. III. 2 la masse volumique absolue du sable	36
Tableaux. III. 3 La masse volumique apparente à l'état lâche VR=900l.....	37
Tableaux. III. 4 Equivalent de sable	39
Tableaux. III. 5 Analyse granulométrique du gravier 8/16	39
Tableaux. III. 6 Analyse granulométrique du gravier 3/8	40
Tableaux. III. 7 la masse volumique apparente du gravier	41
Tableaux. III. 8 la masse volumique absolue du gravier.....	41
Tableaux. III. 9 Analyse granulométrique du verre	43
Tableaux. III. 10 la masse volumique absolue du verre.....	44
Tableaux. III. 11 La masse volumique apparente du verre à l'état lâche.....	45
Tableaux. III. 12 Caractéristiques physiques du marbre	45
Tableaux. III. 13 Caractéristiques chimiques du marbre.....	45
Tableaux. III. 14 Caractéristiques chimiques de l'eau de gâchage	46
Tableaux. III. 15 La composition des matériaux pour 1m ³ de béton.....	49
Tableaux. IV. 1 Classement de la formulation selon le pourcentage.....	52
Tableaux. V. 1 Résultats des essais à l'état frais.....	58
Tableaux. VI. 1 Résistance à la compression.....	63
Tableaux. VI. 2 Résistance à la traction par flexion	65
Tableaux. VI. 3 les essais à l'ultrason (Eprouvettes cubiques)	66
Tableaux. VI. 4 les essais à l'ultrason (Eprouvettes prismatiques).....	67
Tableaux. VI. 5 les essais scléromètre (Eprouvettes cubiques).....	68
Tableaux. VI. 6 les essais scléromètre (Eprouvettes prismatiques).....	69

Abstract

In this closing note, we study how waste can be recovered in the field of construction. The same quantities of glass waste are replaced in the form of granules using sand proportions (10.20.30%) in the composition of the self-placing concrete. Then their influence on the behavior of self-placing concrete in the fresh and hardened state is analyzed. In addition to the environmental benefits of this approach, the results obtained demonstrate that the incorporation of glass waste into the self-placing concrete improves its mechanical characteristics and confirm the importance of using glass waste in the form of grain in the BAP, especially in the fresh state.

Key words: Self-compacting concrete, glass waste, waste recovery, mechanical characteristics, fresh state, hardened state, Experimental study

Résumé

Dans ce mémoire de fin d'études, nous étudions comment les déchets peuvent être valorisés dans le domaine de la construction. On substitue les mêmes quantités de déchets de verre sous forme de granulés en utilisant des proportions de sable (10, 20, 30 %) dans la composition du béton auto-plaçant. Puis leur influence sur le comportement des bétons auto-plaçant à l'état frais et durci est analysée. En plus des avantages environnementaux de cette approche, les résultats obtenus démontrent que l'incorporation de déchets de verre dans le béton autoplaçant améliore ses caractéristiques mécaniques et confirment l'intérêt de l'utilisation de déchets de verre sous forme de grains dans le BAP, en particulier à l'état frais.

Mot clés : Béton autoplaçant, déchets de verre, valorisation des déchets, caractéristiques mécaniques, état frais, état durci, Etude expérimentale

ملخص

ندرس في هذه المذكرة كيفية إعادة تدوير النفايات في مجال البناء. ويتم استبدال الرمل بنفس الكميات من مخلفات الزجاج على شكل حبيبات باستخدام نسب (10،20،30%) في تركيب الخرسانة ذاتية الدمك. ثم تم تحليل تأثيرها على سلوك الخرسانة ذاتية الدمك في الحالة الطازجة والمتصلبة. بالإضافة إلى المزايا البيئية لهذا النهج، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن دمج نفايات الزجاج في الخرسانة ذاتية الدمك يحسن خصائصها الميكانيكية وتؤكد الفائدة من استخدام نفايات الزجاج على شكل حبيبات في BAP، وخاصة في الحالة الطازجة .

كلمات مفتاحية : الخرسانة ذاتية الدمك ، النفايات الزجاجية ، استعادة النفايات ، الخصائص الميكانيكية ، الحالة الطازجة ، الحالة المتصلبة ، دراسة تجريبية

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans le secteur de la construction, de nouvelles avancées sont constamment recherchées pour répondre aux exigences croissantes en matière de durabilité dans les projets. Particulièrement, lorsqu'il s'agit de couler du béton dans des formes complexes ou des sections étroites, les entreprises de construction adoptent des techniques innovantes pour garantir la solidité et la durabilité des structures.

Le béton auto-plaçant représente les éléments les plus importants dans le domaine de la construction et de l'industrie du béton, en particulier, en raison des avantages qui caractérisent ce type de béton, sa haute résistance à la séparation granulaire, car il a un degré élevé de fluidité.

Le béton auto-plaçant est largement privilégié pour la construction de structures en béton, notamment dans les sections étroites et encombrées, en raison de ses nombreux avantages. Il élimine le besoin de vibrations lors du coulage, ce qui simplifie le processus et réduit les coûts de main-d'œuvre. En outre, grâce à l'utilisation de super plastifiants ou à une augmentation contrôlée de la quantité d'eau dans le mélange, il offre une fluidité élevée, permettant un écoulement facile sans nécessiter de compactage manuel.

Dans la genèse de la gestion des déchets et que pendant des décennies, la planète a souffert d'une instabilité causée par la quantité extra ordinaire de déchets divers associés aux activités humaines au fil de l'expansion de ses champs où ces derniers sont devenus à l'origine d'énormes problèmes sur la santé et l'environnement. Parmi les déchets dont nous parlons, Les déchets de verre.

Les déchets de verre peuvent être un problème environnemental s'ils ne sont pas correctement gérés. Le verre est généralement recyclable à 100%, ce qui signifie qu'il peut être fondu et réutilisé pour fabriquer de nouveaux produits en verre sans perdre ses propriétés. Le recyclage du verre permet de réduire la consommation de matières premières, d'économiser de l'énergie et de limiter la quantité de déchets envoyés dans les décharges.

Dans ce travail de mémoire de fin d'études, la possibilité de valorisation des déchets dans le domaine de la construction est étudiée. Dans la composition du béton autoplaçant, on remplace des quantités de sable en proportions (10,20,30 %) par les mêmes quantités des déchets de verre sous forme de granulés, puis étudier leur effet sur le comportement des bétons autoplaçant aussi bien à l'état frais qu'à l'état durcis. Cette mémoire est divisée en cinq chapitres comme suit:

Le premier chapitre: Revu générales sur le béton auto-plaçant présent une synthèse bibliographique sur les BAP d'un point de vue générale. Les informations présentées relatent plusieurs aspects concernant la caractérisation des propriétés intrinsèques aux BAP. Les particularités de la composition des BAP et leur caractérisation à l'état frais (essais spécifiques) sont abordées.

Le deuxième chapitre: Contient la valorisation des déchets, leurs natures et leurs provenances ainsi les différents déchets utilisés en génie civil principalement dans l'élaboration des bétons et des ciments composés.

Le troisième chapitre: est destiné à la caractérisation des matériaux utilisés, dont nous présentons les caractéristiques chimiques, physiques, et mécaniques (Ciment, filler, superplastifiants, déchets de verre, sable et gravier 3/8 et 8/16) et à l'étude expérimentale, dans laquelle nous présentons les matériaux et le matériel utilisé dans notre travail.

Le quatrième chapitre : est la partie expérimentale, où on s'intéresse à la formulation des bétons auto-plaçant, à la présentation des matériaux et des méthodes utilisées pour réaliser les différents essais expérimentaux.

Le cinquième chapitre: est consacré aux résultats et analyses obtenus lors de cette étude, Ainsi que les propriétés mécaniques et physiques d'un BAP et BAP à base de déchets de verre .

Enfin, une conclusion générale, qui résume les principaux résultats obtenus.

Chapitre 1

Etude

bibliographique

sur le béton Auto

plaçant (BAP)

I.1. Introduction

Pendant plusieurs années commençantes en 1983, le problème de la durabilité de structures en béton était un sujet d'intérêt majeur surtout au Japon, il est considéré comme un problème majeur auquel la société japonaise fait face, surtout que le nombre d'ouvriers qualifiés dans la construction n'arrive pas à diminuer engendrant une perte de connaissance, notamment dans les techniques de vibration du béton [1].

Les bétons auto-plaçant (BAP), des bétons très fluides dont la mise en place ne nécessite aucune vibration, présentent un intérêt sans cesse croissant auprès des industriels en raison des nombreux avantages qu'ils offrent, tant sur le plan environnemental que technologique ou économique [44].

Ces bétons se développent maintenant en Europe et semblent être amenés à remplacer, à terme, les bétons vibrés classiques dans de nombreuses applications.

Ils présentent en effet des intérêts à la fois techniques et économiques : possibilité de bétonner des zones fortement ferraillées ou à géométrie complexe et obtention d'une meilleure qualité du parement (presque indépendamment du savoir-faire des ouvriers) d'une part, diminution du temps et de personnel lors de la mise en place et réduction des coûts des processus industriels, d'autre part [2].

Cette partie présente un aperçu détaillé sur le béton auto plaçant que ce nouveau matériau. Dans cette partie, nous aborderons sa définition, la description des constituants entrant dans la fabrication des BAP et les caractéristiques à l'état frais et durci, finalement, il met en relief les innovations et les avantages apportés par les BA.

I.2. Définition de béton auto plaçant

Ces bétons sont des bétons spéciaux, très fluides, qui se mettent en place et se serrent sous le seul effet de la gravité, donc sans apport de vibration interne ou externe, même dans des coffrages très ferraillés. Ces bétons ne sont évidemment qualifiés d'auto-plaçant que si le matériau durci final présente des propriétés homogènes (pas de ségrégation) et présente de très bonne performance à court et puis à long terme. [3]

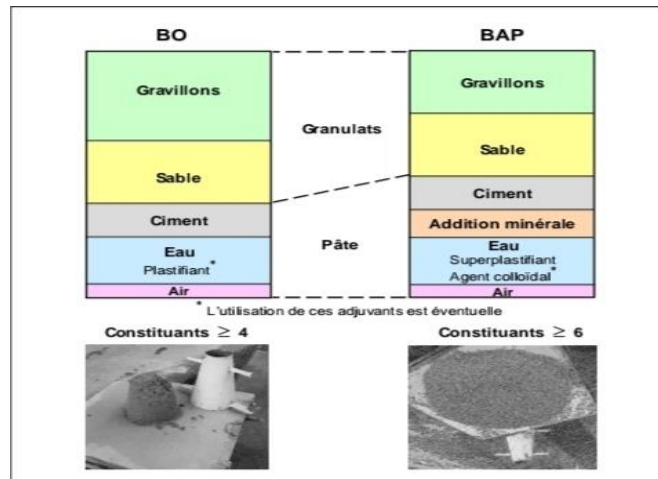


Fig. I.1. comparaison de la structure d'un BAP d'un BO [6]

I.3.Principaux constituants des BAP

Les constituants des BAP peuvent être assez différents de ceux des BO. Ils peuvent différer tant par leurs proportions que par leur choix. Etant donné le mode de mise en place des BAP, les constituants entrant dans la fabrication du BAP, selon leur utilisation, en trois catégories ; les matériaux de base (ciment, granulats et eau de gâchage), les additions minérales, ainsi que les adjuvants chimiques [4].

I.3.1. Matériaux de base:

Les granulats, le ciment et eau forment les éléments de base de tous types de béton. Ils sont qualifiés ainsi puisqu'ils sont historiquement les seuls constituants des bétons de nos ancêtres et parce qu'ils ont toujours les plus grosses proportions relatives dans le mélange de BAP.[4]

Les granulats :

De déterminer leur granulométrie permettant de minimiser le plus possible le volume d'air dans le but d'améliorer les propriétés du béton.

Les granulats se divisent principalement en deux catégories soient les gravillons ($\phi > 5\text{mm}$) et le sable ($\phi \leq 5$).

Dans le cas des BAP, les gravillons sont essentiellement caractérisés par leur dimension maximale, cette dimension étant principalement limitée à 20mm afin d'empêcher le risque de blocage lors de la mise en place. Les gravillons roulés ou concassés peuvent en principe être utilisés.

En outre, le sable Recommandé à la confection des BAP doit comporter des quantités assez fortes d'éléments fins ($\phi \geq 0.125\text{mm}$), dans la plage de 4 à 8%. Ainsi, ses grains passants au tamis de 2mm doivent être compris entre 38 et 42% [5].

Cette optimisation de sable permet d'améliorer le comportement rhéologique des BAP, mais elle entraîne un surcoût supplémentaire. [3]

I.3.1.2 Ciment :

En principe, tous les types normalisés de ciment conviennent pour la fabrication de BAP. Cependant, l'utilisation du ciment portland (contenant seulement le clinker) nous donne toute latitude pour varier et contrôler les quantités introduites des additions minérales.

Les analyses chimiques et minéralogiques du ciment sont d'une grande importance, mais elles sont souvent transparentes à l'utilisateur puisque celles-ci sont effectuées à la cimenterie et sont des critères d'assurance qualité [3].

L'Eau : eau de gâchage doit être propre et ne doit pas contenir de matière en suspension au-delà de la tolérance réglementaire suivante [7] :

- ❖ 2g/l pour les bétons à haute résistance ; [12]
- ❖ 5g/l pour les bétons à faible résistance ;

L'eau de gâchage ne doit pas contenir des sels dissous au-delà de :

- ❖ 15g/l pour les bétons à haute résistance ; [12]
- ❖ 30g/l pour les bétons à faible résistance ;

Alors, pour convenir à la confection de BAP, l'eau de gâchage ne doit contenir ni composés risquant d'attaquer chimiquement le ciment, les granulats ou les armatures, ni particules en suspension dont la quantité pourrait modifier ses qualités originelles. À cet effet, une analyse chimique de l'eau non potable peut être nécessaire pour détecter toute teneur trop élevée en ces impuretés. [8]

I.3.1.3 Additions minérales :

L'emploi des pouzzolanes minérales pour faire des mortiers et des bétons est connu depuis l'Antiquité. Ces pouzzolanes désignent un grand nombre d'additions

minérales aux origines diverses , mais qui présentent tous , le fait d'être fins et de réagir en présence d'eau et chaux .

De nos jours, des quantités considérables de plusieurs types de ces additions continuent d'être utilisées .Nous présentons ci- dessous les ¹différentes additions minérales éventuelles qu'on peut incorpore dans les compositions. [8]

I.3.1.4 Les fillers calcaires:

Les fillers calcaires, matériaux fins dont les plus gros grains ne dépassent pas 80µm, sont obtenus par broyage ou par pulvérisation des roches calcaire naturelles ou non. ils sont généralement considérés comme une addition inerte, mais le fait qu' ils présentent certaine propriétés hydrauliques n'est Pas en soi désavantageux , de même que s'ils présentent une réactions avec certains composés développés au cours de l'hydratation.[9]

I.3.1.5 Le super plastifiant:

A l'état frais : les BAP requièrent habituellement une grande quantité de super plastifiant. Leur dosage vraie enter $3l/m^3$ à près de $20l/m^3$ pour les mélanges de béton dont la courbe granulométrique est médiocre Cependant, l'utilisation explication de leur grande maniabilité [14].

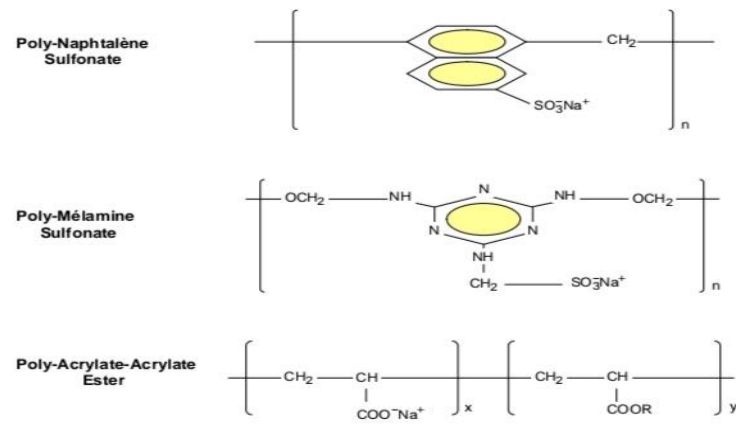


Fig. I.2. Représentation schématique des molécules de base super plastifiants les plus connus [10]

L'ajout d'un super plastifiant aide à augmenter la fluidité la figure I.3 montre par exemple que l'étalement augmente très fortement à part d'un certain dosage en super plastifiant [12]

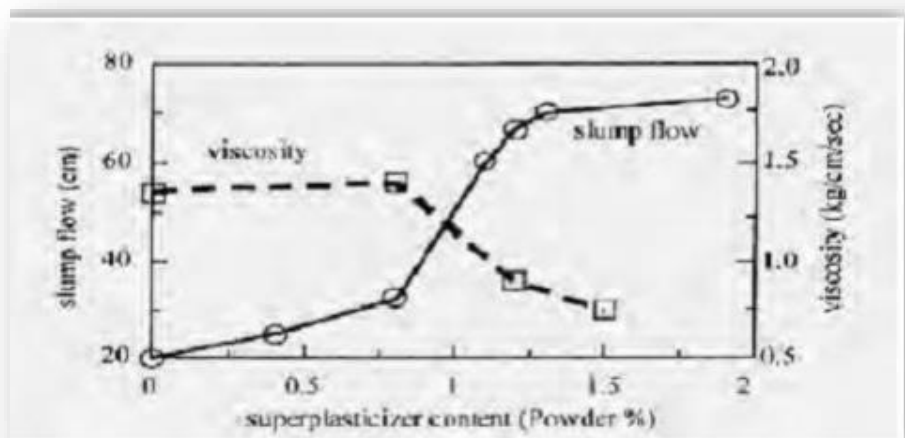


Fig. I. 3. Influence de la qualité du super plastifiant sur l'étalement et la viscosité d'un béton

Lorsqu' ils sont contact avec un milieu aussi polaire que l'eau, les grains de ciment, qui présentent un grand nombre de charge opposées (positives et négatives) sur leur surface, tendant à s'agglomérer sous forme d'amas (floculation). Par conséquent, cette floculation piégé un certain volume d'eau entre les grains de ciment (eau captive) qui n'est plus disponible pour assurer une bonne maniabilité au béton (figure 1.4).

Les super plastifiants en s adsorbant à la surface des grains de ciment brisent cette dynamique. Ils neutralisent les différentes charges et donnent la même charge électrostatique à chaque grain de ciment.

Ces charges la même signe vont créer des forces répulsives entre les particules et , par conséquent , la dispersion des grains de ciment libérer de l'eau qui est maintenant disponible à la lubrification du mélange d ou l'augmentation de la maniabilité (Figure1.4)[14]

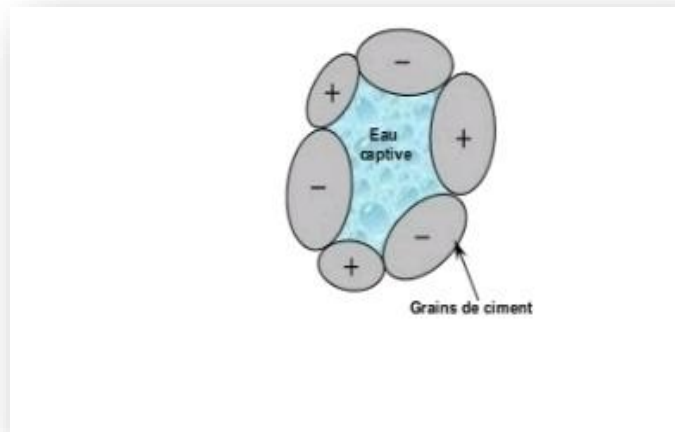


Fig. I. 4 de pâte ciment non adjuvant additionnés [11]

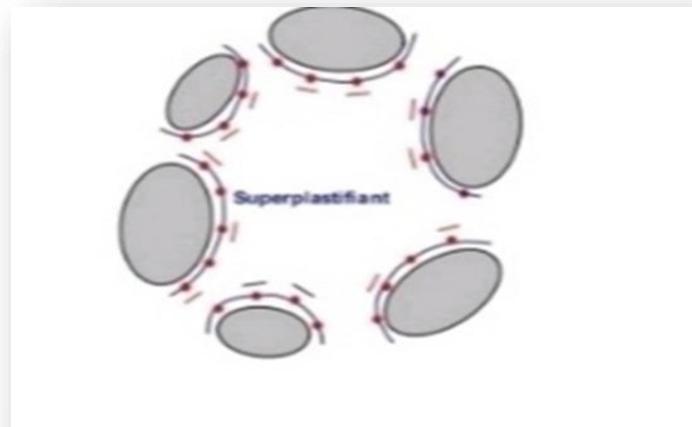


Fig. I. 5. Pâte de ciment d'un super plastifiant [11]

I.3.2 Essais de caractérisation à d'état frais :

I.3.2.1. Essai évaluant la fluidité (étalement) :

L'essai d'étalement est utilisé pour caractériser la fluidité des BAP. Il s'effectue comme un essai d'affaissement au cône d'Abrams. Cependant, l'affaissement est toujours supérieur à 25 cm, on mesure le diamètre moyen (moyenne sur deux diamètres orthogonaux) de la galette de béton obtenue au bout d'une minute. [15]

Ce diamètre, appelé étalement D, donne une indication sur la mobilité du BAP dans un milieu non confiné. Les valeurs ciblées d'étalement sont généralement fixées dans fourchette 60 à 75 cm est en général visée pour obtenir un BAP. Etalement au cône d'Abram : $SF = d_1 - d_2/2$ [mm][16].



Fig. I. 6. Essai d'étalement au cône d'Abrams selon la norme SN EN 12350-8.

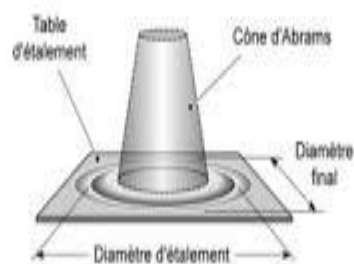


Fig. I. 7. Schéma d'essai d'étalement au cône d'Abram [42].

Mesure d'étalement au cône d'Abrams

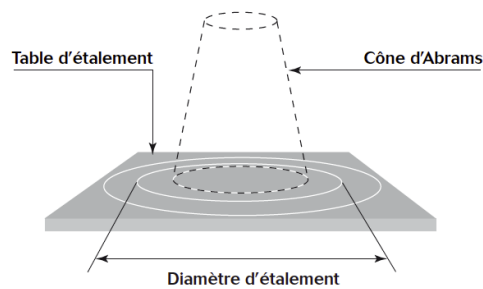


Fig. I.8. L'essai d'étalement [41]

I.3.2.2. L'essai de boîte en L:

Cet essai est destiné à tester la facilité de l'écoulement du matériau en milieu confiné. On remplit la partie verticale de la boîte en L de béton, on mesure la différence de la hauteur dans les paries verticales et horizontales et on exprime le résultat en termes de taux de remplissage H_2/H_1 comme il est montré dans la figure 1.9 [17]

Essai de la boîte en L

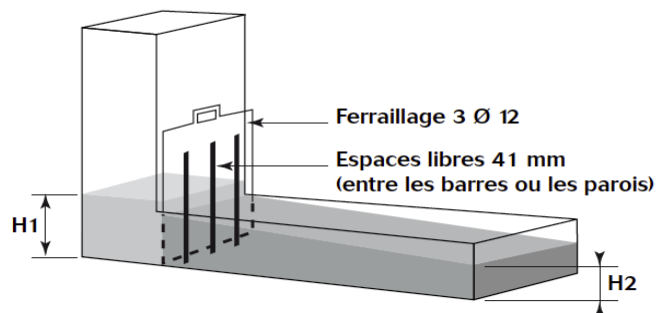


Fig. I.9. Représentation schématique de l'essai à la boîte en L [41].

I.3.2.3. Essai de Stabilité au tamis:

Appelé aussi essai de caractérisation de la ségrégation des bétons auto plaçant, il vise à qualifier des bétons auto plaçant vis-à-vis du risque de ségrégation (Figure 1.10)

Il peut être complété les essais permettant d'apprécier la mobilité, en milieu confiné ou non, en caractérisant la stabilité. Il consiste à évaluer le pourcentage en masse de laitance

(plaisances) d'un échantillon de béton ($4,8 \pm 0,2$ kg) passant à travers tamis de 5 mm les critères d'acceptabilité d'une formulation d'un béton auto plaçant sont divisés en trois classes [18] :

- ❖ $0\% \leq \pi \leq 15\%$ stabilité satisfaisants.
- ❖ $15\% < \pi < 30\%$ stabilité critique, l'essai à refaire in situ.
- ❖ $\pi > 30\%$ stabilité très mauvaise, béton inutilisable.



Fig. I.10. Essai stabilité de tamis. [41]

I.3.3 caractéristiques des (BAP) à L'état durci :

Lorsque le BAP est formulé et mis en œuvre de manière adéquate, ses propriétés à l'état durci (résistance, déformation, durabilité) ne se différencient guère de celles d'un béton ordinaire vibré. Généralement ces propriétés d'après plusieurs chercheurs, sont meilleures, en particulier lorsque le béton spécifié doit répondre à des exigences courantes, ce qui est généralement le cas dans le domaine du bâtiment.

I.3.3.1 La résistance mécanique :

La mise au point d'une formule de béton consiste à rechercher à partir d'un composant donné (le plus souvent local), un mélange ayant à l'état frais une certaine maniabilité, à l'état durci une résistance en compression donnée, et ce au moindre coût. Ce critère de résistance conduira au choix du ciment (nature, classe) et son dosage, ainsi qu'au dosage en eau et à l'éventuelle utilisation d'adjuvants. Ce critère a également une influence sur le rapport G/S (proportion gravier / sable) [G.DREUX ET J.FESTA].

D'une façon expérimentale les BAP impliquent un rapport E/C bas, donc de nature à fournir de bonnes résistances mécaniques.

[PAULTRE ET COLL. 1996] ont fait des tests comparant les BAP aux traditionnels BHP, ils ont remarqué que les résistances en compression des BAP et BHP sont remarquables.

[GIBBS ET COLL. 1999], rapporté par [A.Daoud] ont fait des tests en comparant les BAP aux bétons de références sur des éléments standard, ils ont conclu qu'il y a une légère différence entre la résistance à la traction et en compression des BAP et du béton vibré.

Par contre [M.SONEBI, 1999] observe que la résistance à la traction à 28j pour les BAP conservés dans l'eau est supérieure à celle du béton de référence conservé dans les mêmes conditions.

[L.MOLEZ], comme nous avons vu au premier chapitre sur une série de six mélanges de béton, il a trouvé que la courbe de la résistance en compression du BAP, après le 10^{ème} jours se coïncide avec celle du BO. de même il a trouvé que la résistance en traction du BAP est supérieure à celle du BO .

I.3.3.2 Le module élastique :

Comme les BAP renferment un faible volume de granulats, il faut prévoir des modules d'élasticité plus faibles que pour des bétons de mêmes résistances mais de rhéologie conventionnelle. Les travaux de [PAULTRE ET COLL.], précédemment cités, ont montré que les modules d'élasticité sont moins élevés pour les BAP, comparable ment au BHP, ce qui confirme cette idée a également trouvé que le module élastique d'un BAP est systématiquement inférieur à celui du BO dérivé. mais la différence n'est pas très importante , puisqu'elle se situe entre 2 et 8%.

Au contraire, [L.MOLEZ] a trouvé que le module élastique du BAP est légèrement supérieur à celui du BO .

Rapporté par trouvent que le module élastique des deux types de béton (BO et BAP) est très proche .

De manière plus précise, pour expliquer ce fait, on peut imaginer le béton comme un composite à deux phases composées d'une matrice , la pâte de liant durcie ,et en second lieu, d'inclusion des granulats. Sachant que le module d'élasticité est principalement affecté par les granulats, les BAP sont donc susceptibles d'être plus déformables que les BO. Néanmoins, plusieurs recherches concernant le module d'élasticité des BAP montrent qu'il est souvent proche à celui de BO, lorsque les deux types de béton ont la même résistance .

I.4 Les Avantage de BAP :

Les avantages des BAP sont :

- ☒ très fluides
- ☒ Absolument homogènes
- ☒ Mise en œuvre sans vibration [20]

I.5. Méthodes de formulations des BAP :

I.5.1 Méthodes japonaise:

Méthodes basée sur l'optimisation du mortier :

La formulation des BAP par l'approche développée à l'université de Köchi se fait de manière sécuritaire, en privilégiant le volume de pâte au détriment des granulats. LES Bétons obtenus sont sous dosés en granulats et par conséquent loin d'un optimum économique.

Le surcout engendré sur le matériau est compensé, au japon, par les économies sur la main-d'œuvre .les principe de formulation et leur application sont les suivants :

a) Dosage des gravillons:

Les chercheurs japonais ont montré que le risque de blocage est minimisé lorsque le volume du gravillon pour 1m^3 de béton est limité de sa compacité. Par définition, la compacité d'un mélange de grains est le rapport du volume de grains et du volume totale du système grains +vides. Elle dépend bien sûr du mode de compactage.

A défaut d'indication, nous avons choisi des mesures en suivant la procédure du LCPC. La compacité est pour chaque gravillon d'environ 0.57. Dans le cas de la formule de granulométrie 0/14mm, nous choisissons de répartir ce volume pour moitié en 6/10 et en, 10/ 14[20]

b) Dosage du sable:

Le volume du sable est de 40% du volume de mortier en béton .En réduisant la friction granulaire, la liquidité en béton est garantie.

c) Dosage du liant:

La méthode ne précise pas comment doser le liant. Néanmoins la quantité de ciment peut être fixée, par exemple, en respectant la donnée des normes. Les rapports massiques eau sur

ciment et filler sur ciment peuvent également être choisis sur des critères de résistance. [14]

d) Dosage d'eau et du super plastifiant:

Les dosages en eau et en super plastifiant sont déterminés au moyen d'essais sur mortiers, dont le volume de sable est fixé à 40 %. Nous réalisons des mesures d'étalement avec un cône à mortier et des mesures d'écoulement à l'entonnoir.[14]

I.5.2 Méthode Suédoise:

La méthode suédoise est proposée par Peterson et al en 1996. Elle est basée sur l'étude effectuée par Tang et al en 1995. En fait, ils ont repris l'approche d'évaluation du risque de blocage et l'ont intégrée dans le processus de formulation. Le rapport (G/S) final est celui qui donne le même volume de pâte pour avoir les propriétés recherchées.

Les fines, l'eau et le super plastifiant sont ajustés par la suite pour obtenir une viscosité suffisante, un faible seuil de cisaillement et la résistance à la compression visée. Cette méthode propose une meilleure optimisation du squelette granulaire mais le critère de blocage n'est pas général pour tout type de granulat. [14]

I.5.3 Méthodes Française:

Méthode française proposée par De Larraud et al en 1994, au LCPC. Un modèle mathématique a été développé à partir d'un modèle de suspension solide (RENE LCPC). Ce modèle est basé sur les interactions granulaires entre les différents constituants du mélange.

Il permet de prévoir la compacité d'un mélange granulaire avec une précision inférieure à 1% à partir des constituants ci-après :

- ✓ Les distributions granulaires,
- ✓ Les proportions du mélange,
- ✓ La compacité propre,
- ✓ La densité apparente.

La procédure à adopter pour déterminer les proportions des divers constituants est la suivante :

- ✓ La proportion de liant est fixée a priori (70% de ciment, 30% d'addition par exemple);

- ✓ Le dosage, à saturation, du super plastifiant est déterminé. Selon l'expérience du LCPC, ce dosage pourrait conférer au béton une viscosité élevée, la moitié de ce dosage serait plus pertinente ;
- ✓ Le besoin en eau de ce mélange (en présence du super plastifiant) est déterminé.
- ✓ Les calculs sont effectués avec le logiciel en tenant compte du confinement (Effet de paroi).
- ✓ La viscosité est fixée de manière arbitraire à 5.104, la teneur en eau est réduite en conséquence et la proportion (liant/filler) est maintenue constante. Les proportions (granulats/ phase liante) sont optimisées.
- ✓ Une formulation de béton auto plaçant est donc proposée, basée sur les prévisions du modèle.
- ✓ La teneur en eau est ajustée pour obtenir la résistance ciblée. Le dosage en super plastifiant est ajusté également afin d'obtenir la valeur d'étalement et le seuil de cisaillement souhaités et par conséquent les propriétés requises pour le béton auto plaçant sont atteintes.[20]

I.6. Conclusion :

Cette recherche bibliographique a été réalisée afin de faire le point sur les connaissances relatives à la formulation des BAP, par rapport à celle des bétons traditionnels, ainsi que présente les principaux essais de caractérisation de cette béton à l'état frais et à l'état durci et résumer les principales méthodes de sa formulation .

Les bétons autoplaçant est un béton qui se compacte de lui –même par gravité, sans aucune apport d'énergie de pression (vibration et remplissage).

Les propriétés distinctives de ce béton à l'état frais sont :

- ✚ Fluidité et viscosité élevées, sans aucune tendance à la ségrégation.
- ✚ Capacité à traverser des espaces confinés, excellente capacité à remplir chaque coin et recoin du coffrage avec du béton homogène, même en présence d'armatures denses, Ainsi, le travail de vibration ne se fait pas

Le béton est qualifié d'auto plaçant lorsque ces trois critères sont vérifiés (La mobilité en milieu non confiné; la mobilité en milieu confiné; la stabilité).

Et en fin donner les avantages de ce type de béton et les méthodes la formulation de BAP.

Chapitre 2

Valorisation des déchets

II.1 Introduction

Pendant plusieurs décennies, la quantité de déchets provenant des chantiers de construction a augmenté en raison de l'augmentation des activités architecturales et des activités commerciales publiques. Les industries de l'Algérie sont très responsables de pays, comme les industries pétrochimiques, chimiques, métallurgiques et minérales.

L'évaluation des déchets en génie civil : est un secteur important dans la mesure où les produits que l'on souhaite obtenir ne sont pas soumis à des critères de qualité trop rigoureux. Le recyclage des déchets touche deux impacts très importants à savoir l'impact économiques et l'impact environnemental. Avant de valoriser un déchet , il faut connaître son comportement dans le temps et d'analyser leur origine ,de caractériser l'état actuel et leur comportement au fil du temps , et d'évaluer le traitement .

Par conséquent, c'est "savoir agir et mesurer ce que vous savez". Avec une approche générale des déchets, vous pouvez définir l'avenir, le type dévaluation que vous souhaitez choisir." Dans des conditions qui peuvent provoquer des effets nocifs sur le sol.

Les phases végétales et les phases animales, les personnes qui produisent ou détiennent des déchets en déches et paysages, polluer de l'air et de l'eau et deviennent du bruit pour générer des odeurs et généralement ils nuisent à la santé humaine et aux dommages, cet environnement doit "exclure conformément aux dispositions de l'environnement «et évite de tels effets.

Ce chapitre décrit plusieurs types de technologies de traitement de déchets par conséquent, recyclez et réutilisez les déchets dans le domaine du génie civil.

II.2 Recyclage des déchets :

II.2.1 Définition d'un déchet:

Un déchet est comme Tout résidu d'un processus de production , de transformation , ou d'utilisation , tout substance , matériau produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon et qui sont de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et faune , à dégrader les sites ou les pays âges , à polluer l'air ou les eaux , à engendrer des bruits ou des odeurs .Dune façon générale , à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement .[21]

II.3 Les différents types de déchet

Les déchets peuvent être divisés en différentes catégories, selon sa nature, son origine ou son caractère toxique :

II.4 Déchets ultimes

La loi du 13 juillet 1992 fournit le concept de déchets et fournit définitions suivantes : <<un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économique du moment, notamment par l'extraction de la part valorisable ou e son caractère polluant ou dangereux>>.

Au final, seuls les déchets non incinérés par recyclage ou valorisation énergétique pourront être enfouis

Les déchets ultimes issus des usines d'incinération d'ordures ménagères et déchets assimilés, dénommés mâchefers, peuvent être transformés après traitement en granulats et utilisés pour réaliser les fondations de route [22].

II.5 Déchets ménagers et assimilés :

Ce sont les déchets à risque contenus dans les déchets ménagers, tels que les aérosols, colles, détergents, détachants insecticides, peintures, piles, tubes néon, produits de nettoyage, il peut s'agir de ce qu'on appelle également les DTQS : déchets toxiques en quantité disperse [23]

II.6 Déchets inertes :

Déchets qui subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décompose pas, ne brule pas, et ne produit aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradable et ne détériore pas d'autres matières avec lesquelles il entre en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. Ces déchets sont admissibles dans les installations de stockage et proviennent essentiellement des chantiers de bâtiment et de travaux publics ou d'industries de fabrication de matériaux de construction. Ce sont notamment les déchets suivants :

Les bétons les tuiles et les céramiques, les briques, les déchets de verre, les terres, les enrobés bitumeux [24].

II.7 Déchets dangereux :

II.7.1. Déchets industriels spéciaux (DIS):

Ces déchets figurent en raison de leurs propriétés dangereuses, exemple : déchets contenant de l'arsenic, du plomb ; constitués de boues de peinture, d'hydrocarbures ; provenant de l'industrie pétrolière, etc.... [25]

II. 7.2 Déchets ménagers spéciaux (DMS):

Ce sont les déchets à risque contenus dans les déchets ménagers, tels que les aérosols, colles, détergents, détachants insecticides, peintures, piles, tubes néon, produits de nettoyage. Il peut s'agir de ce qu'on appelle également les DTQS : déchets toxiques en quantité dispersé. [26]

II.8. Déchets verts :

Ce sont les déchets végétaux des parcs et jardins (gazon, branchages...)[25]

II.9. Déchets organiques :

Les termes suivants recouvrent la même notion : bio déchets ou déchets fermentescibles ou FFOM (fraction fermentescible des ordures ménagères). Il s'agit de :

❖ Déchets végétaux des parcs et jardins (déchets verts) [25]

- ❖ Déchets organiques de la cuisine (restes de repas, épluchures, papiers essuie-tout, papier journal, fleurs coupées, marc de café, filtres à café, sachets de thé, coquilles d'œufs, etc....- boues [25].

II. 10. Déchets non dangereux des activités économiques :

Il s'agit de déchets d'entreprises qui s'apparentent, par leur nature et leur composition, aux déchets ménagers tels que les déchets liés aux activités de commerce, les déchets de construction et les déchets desservies publics (école, administration, etc.). La loi considère d'ailleurs qu'ils sont « assimilables aux déchets ménagers » et peuvent ainsi être collectés et éliminés comme des déchets ménagers [27].

II.10. 1. Les déchets industriels banals (DIB):

Ils regroupent l'ensemble des déchets non dangereux produits par les industriels et par les entreprises du commerce, de l'artisanat, des services et de l'administration, de la métallurgie, la peinture, la chimie et la pétrochimie. Ce sont des déchets d'emballage, des déchets d'entretien et les matériels en fin de vie. Les déchets non dangereux et non inertes, dits industriels banals sont de même nature que les ordures ménagères. Ce sont :

- Les bois non traités ou traités avec des produits non dangereux (emballages, coffrages, menuiseries, planchers...),
- Les plastiques en PVC, polystyrène, polypropylène (canalisations, menuiseries, revêtements de sols, emballages...),
- Les métaux ferreux et non ferreux tels que l'aluminium, le cuivre, l'acier, le zinc (toitures, matériels électriques, canalisations, équipements...),
- Les revêtements muraux et de sol textiles,
- Le polystyrène expansé, le polyuréthane,
- Les produits mélangés issus de chantier de réhabilitation • Les peintures, vernis, colles, mastics, qui ne comprennent ni solvants organiques, ni substances dangereuses. [26]

II.10 .2. Les déchets médicaux et pharmaceutiques:

tout déchet issu des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, palliatif ou curatif dans les domaines de la médecine humaine ou vétérinaire et tous les déchets résultant des activités des hôpitaux publics, des cliniques, des établissements de la

recherche scientifique, des laboratoires d'analyses opérant dans ces domaines et de tous établissements similaires. [28]

II.10.3. Gestion des déchets:

La gestion des déchets est la collecte, le transport, le traitement (le traitement de rebut), la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux produits par l'activité humaine, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine, l'environnement, l'esthétique ou l'agrément local. La gestion des déchets concerne tous les types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, chacun possédant sa filière spécifique. [25]

II.10.4 Principes de gestion des déchets:

Il y a plusieurs principes de gestion des déchets dont l'usage varie selon les pays ou les régions. La hiérarchie des stratégies (règle des trois R) :

- Réduire.
- Réutiliser.
- Recycler.[25]

II.10.5. Technique de gestion des déchets

II.10.5.1 Décharge:

Stocker les déchets dans une décharge est la méthode la plus traditionnelle de stockage des déchets, et reste la pratique la plus courante dans la plupart des pays. Historiquement, les décharges étaient souvent établies dans des carrières, des mines ou des trous d'excavation désaffectés. Utiliser une décharge qui minimise les impacts sur l'environnement peut être une solution saine et à moindre coût pour stocker les déchets ; néanmoins une méthode plus efficace sera sans aucun doute requise lorsque les espaces libres appropriés diminueront.[25] .

II.10.5.2 Incinération:

L'incinération est le processus de destruction d'un matériau en le brûlant. L'incinération est souvent appelée « Énergie à partir des déchets » ou « des déchets vers l'énergie » ; ces appellations sont trompeuses puisqu'il y a d'autres façons de récupérer de l'énergie à partir de déchets sans directement les brûler (voir fermentation, pyrolyse et gazéification). [25] Elle est connue pour être une méthode pratique pour se débarrasser des déchets contaminés, comme les déchets médicaux biologiques. Beaucoup

d'organisations utilisent aujourd'hui l'exposition des déchets à haute température pour les traiter thermiquement (cela inclut aussi la gazéification et la pyrolyse). [25] Cette technique inclut la récupération du métal et de l'énergie des déchets solides municipaux comme le stockage adapté des résidus solides (mâchefers) et la réduction du volume des déchets. [25]

L'incinération est une technique éprouvée et répandue, en Europe comme dans les pays en voie de développement, même si elle est soumise à controverse pour plusieurs raisons. [25]

II.10.5.3. Compost et fermentation:

Les déchets organiques, comme les végétaux, les restes alimentaires, ou le papier, sont de plus en plus recyclés. Ces déchets sont déposés dans un composteur ou un digesteur pour contrôler le processus biologique de décomposition des matières organiques et tuer les agents pathogènes. [25] Le produit organique stable qui en résulte est recyclé comme paillis ou terreau pour l'agriculture ou le jardinage. Il y a un très large éventail de méthodes de compostage et de fermentation qui varient en complexité du simple tas de compost de végétaux à une cuve automatisée de fermentation de déchets domestiques divers.[25] Ces méthodes de décomposition biologique se distinguent en aérobie, comme le compost, ou anaérobie, comme les digesteurs, bien qu'existent aussi des méthodes combinant aérobie et anaérobie.[25]

II.10.5.4. Traitement biologique et mécanique:

Le traitement biologique et mécanique (TBM) est une technique qui combine un tri mécanique et un traitement biologique de la partie organique des déchets municipaux. Le TBM est aussi parfois appelé TMB (traitement mécanique et biologique) cela dépend de l'ordre dans lequel s'effectuent les opérations. [25] La partie « mécanique » est souvent une étape de tri du vrac. Cela permet de retirer les éléments recyclables du flux de déchets (tels les métaux, plastiques et verre) ou de les traiter de manière à produire un carburant à haute valeur calorifique nommé combustible dérivé des déchets qui peut être utilisé dans les fours des cimenteries ou les centrales électriques. La partie « biologique » réfère quant à elle à une fermentation anaérobie ou au compostage.

La fermentation anaérobie détruit les éléments biodégradables des déchets pour produire du biogaz et du terreau. Le biogaz peut être utilisé pour créer de l'énergie renouvelable.

La partie « biologique » peut aussi faire référence à une étape de compostage. Dans ce cas les composants organiques sont traités par des micro-organismes à l'air libre. Ils détruisent les déchets en les transformant en dioxyde de carbone et en compost. Il n'y a aucune énergie produite par le compostage. TBM est de plus en plus reconnu comme une méthode efficace dans les pays où les techniques de gestion des déchets évoluent comme le Royaume-Uni ou l'Australie, pays où la compagnie WSN Environmental solutions a pris une position majeure dans le développement des usines de type TBM. [25]

II.10.5.5. Pyrolyse et gazéification:

La pyrolyse et la gazéification sont deux méthodes liées de traitements thermiques où les matériaux sont chauffés à très haute température et avec peu d'oxygène. Ce processus est typiquement réalisé dans une cuve étanche sous haute pression. Transformant les matériaux en énergie cette méthode est plus efficace que l'incinération directe, plus d'énergie pouvant être récupérée et utilisée.[25] La pyrolyse des déchets solides transforme les matériaux en produits solides, liquides ou gazeux. L'huile pyrolytique et les gaz peuvent être brûlés pour produire de l'énergie ou être raffinés en d'autres produits.[25] Les résidus solides (charbon) peuvent être transformés plus tard en produits tels les charbons actifs. La gazéification est utilisée pour transformer directement des matières organiques en un gaz de synthèse appelé syngaz composé de monoxyde de carbone et d'hydrogène.[25] Ce gaz est ensuite brûlé pour produire de l'électricité et de la vapeur. La gazéification est utilisée dans les centrales produisant de l'énergie à partir de la biomasse pour produire de l'énergie renouvelable et de la chaleur. [25]

II.10.6. Déchets utilisés comme granulâtes du béton:

II.10.6.1 Déchet de faïence:

Les faïences peuvent être définies comme des produits céramiques dont la pâte poreuse. Et pas conséquent perméable. Et recouverte d'une composition vitrifiable destinée à remédier à cette perméabilité. [29]

Les déchets de faïence sont des matériaux inertes ou résidus qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décomposent pas, ne brûlent pas, et ne produisent aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en

contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. [29]

Ces déchets sont admissibles dans les installations de stockage et proviennent essentiellement des chantiers de bâtiment et de travaux publics ou d'industries fabrication de matériaux de construction.[29]



Fig. II. 1 déchet de faïence [29]

II.10.6.2 Déchets de la démolition:

La démolition des ouvrages en béton et l'industrie des matériaux de construction sont toujours accompagnées par des produits secondaires ou des déchets ; le stockage de tels déchets solides dans des dépôts favorise la pollution de l'environnement et puisque les réserves en granulats alluvionnaires vont s'épuiser, il est donc nécessaire de trouver un moyen pour valoriser ces produits et les réutiliser de nouveau comme granulats dans les bétons et les mortiers. [29]

Le béton recyclé est simplement du vieux béton broyé pour produire des granulats. Il peut être utilisé dans les couches de fondation comme dans du béton maigre et comme seule source de granulats ou remplacement partiel des granulats dans du béton neuf.[29]

Les granulats de béton recyclé sont généralement plus absorbants et moins denses que les granulats ordinaires. La forme des particules est semblable à celle de la pierre concassée. Le béton fabriqué avec des granulats provenant du recyclage, présente généralement de bonnes qualités de maniabilité, durabilité et résistance à l'action du gel-dégel. La résistance en compression varie selon la résistance du béton initial et le rapport eau/liants du nouveau béton.[29]



Fig. II. 2 Déchets de démolition [29]

II.10.6.3 Déchet de Pneus:

L'incorporation de granulats en caoutchouc issus du broyage de pneus usagés dans un mortier confère au composite obtenu une plus grande capacité de déformation avant localisation de la macro fissure. Il en résulte que le composite cimentaire incorporant des granulats en caoutchouc a une grande résistance à la fissuration de retrait malgré une amplitude plus élevée de ses variations dimensionnelles de retrait. Malgré les limites en termes de résistance en compression, le composite incorporant des granulats en caoutchouc est donc d'un intérêt évident dans toutes les applications où la lutte contre la fissuration due aux déformations est une priorité. [30]



Fig. II. 3 Déchet de Pneus.[29]

II.10.6.4 Les déchet de brique:

Selon la méthode utilisée pour la fabrication et la manipulation des briques, il y a toujours un certain pourcentage de briques cassées, trop cuites ou mal cuites. Les briques concassées et bien cuites conviennent bien à la fabrication des blocs de béton. Le béton contenant de tels granulats est plus perméable et si les briques contiennent des sels solubles, il peut y avoir corrosion et efflorescence dans le béton. Le béton contenant de l'argile cuite comporte une résistance au feu beaucoup plus élevée que celle du béton à base de gravier naturel [31].



Fig. II. 4 déchet de Brique.[29]

II.10.6.5 Déchet de Verre:

Des millions de tonnes de verre sont récupérées chaque année. En général, la résistance du béton contenant du verre est inférieure à celle du béton contenant du gravier. La résistance est particulièrement faible lorsque du ciment à teneur alcaline élevée est utilisé. Le verre de récupération réagit en présence de granules alcalins. Une dilatation élevée est produite lorsqu'il est en contact avec du ciment à teneur alcaline élevée, ce qui explique la faible résistance des bétons à base de verre. Par exemple, pour une période de 12 mois, la dilatation du béton contenant du gravier est de 0,018%, alors que celle du béton contenant du verre est d'environ 0,3%. [32].

Le verre de récupération peut aussi servir à la fabrication de granulats légers. La production des granules légers expansés d'une masse volumique de 528 kg/m^3 par pelletisation d'un mélange de verre de récupération broyé, d'argile et de silicate de sodium chauffé à une température de 850°C . [32] Le béton ainsi obtenu présente une résistance à la compression d'environ 17 MPa après une période de cure à la vapeur de 28 jours. [32]

Le verre récupéré est de composition variée et est souvent contaminé par de la saleté ou d'autres substances qui doivent être éliminées. Une fois broyé, le verre se présente sous forme de particules allongées et sa surface, tant des points de vue chimique que physique, le rend impropre à être utilisé comme granulats pour le béton.

Les additifs font varier les propriétés physiques et mécaniques du verre. Néanmoins, il garde tout de même des caractéristiques générales : isolant (très faible conductivité thermique et électrique), dur (difficile à percer et à rayer), étanche aux gaz, aux liquides, résistant à la chaleur, facilement stérilisable, inerte chimiquement, transparent. [32].



Fig. II. 5 déchet de verre [29]

II.10.6.6 Les déchets de chantier:

Les déchets de chantiers sont composés essentiellement de déchets provenant des chantiers du bâtiment et des travaux publics et des activités industrielles consacrées à la fabrication de matériaux de construction. Ils sont définis comme étant des déchets inertes qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas, ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine [33].

Les déchets admissibles sont : les bétons, les pierres, les tuiles, les céramiques, les briques, les carrelages ainsi que les enrobés bitumineux sans goudron. L'amiante est considérée comme déchets inertes mais son utilisation est interdite pour raison de santé [34].



Fig. II. 6 Les déchets de chantier [29]

II.10.6.7 Les déchets plastiques:

On entend par déchet plastique, les résidus de processus de production, de transformation et de consommation, ou encore les produits plastiques destinés à l'abandon. Il existe plusieurs types de déchets plastiques :

- Les déchets plastiques industriels : il s'agit de l'ensemble des déchets issus des processus de production résines (essentiellement trouvés dans les sites pétrochimiques) et de transformation des résines en objets fins (principalement trouvé dans la filière de la plasturgie).
- Les déchets de production : ils proviennent des arrêts de réacteur de polymérisations, des purges de réacteurs et des lots déclassés. ils sont homogènes et présentent la particularité d'avoir un degré de pollution faible, voire inexistant. On y retrouve, en très grande majorité, les polymères de grande diffusion (PE, PS, PVC).

Les déchets de transformation : ils proviennent de toutes les opérations de plasturgie permettant l'obtention de produits finis (extrusion, injection, soufflage, calandrage,...). On y retrouve, précisément, les carottes, lisières et bordures de ces opérations de thermoformage, les pièces présentant des défauts, ou encore, les chutes de démarrage et d'arrêt de machine.

[35]



Fig. II. 7 différent type de déchet plastique [29]

II.10.6.8 Déchet de bois:

Le bois manufacturé représente la plus grande partie du bois que nous utilisons et qui se termine toujours en déchet. Il n'est pas réutilisable principalement en raison des produits de protection, de conservation ou d'habillage (peinture et vernis.....) qui sont utilisés pendant toute sa vie. Ses seuls réutilisations, de façon marginale, sont les panneaux de particules que l'on obtient aussi avec de la colle et des produits injectés. [29].

Le bois en fin de vie devrait être traité par destruction, en centrale spécifique comme le demande certains textes officiels, mais ce n'est qu'un rêve de le croire. Il est très souvent brûlé soit dans vos cheminées soit dans les centrales où les produits nocifs sont éjectés dans l'atmosphère, soit stockés sans réutilisation en décharge (sauvage ...) et cela rarement pour le bien de notre santé.[29]



Fig. II. 8 différent type de déchet de bois [29]

II.11 Concluions

Considéré comme déchets sont un vrai problème , ancré dans toute vie biologique et toutes les activités industrielles , agricoles et urbaines , et à ce titre , par conséquent , il est nécessaire de recherche des solutions pour réduire ce problème .

Différents déchets sont utilisés en fonction de la rentabilité de leurs opérations et de leurs caractéristiques. De nombreux types de déchets peuvent ne pas être largement utilisables en raison de leurs propriétés physiques et chimiques variées.

Le recyclage des déchets a pris beaucoup de place lorsque la portée de la construction comprenait pour réduire et valoriser les déchets dans le développement de matériaux de construction sur les chantiers.

Chapitre 3

Caractéristique des Matériaux utilisés et Composition du BAP

III.1 Introduction:

Dans cette section, nous intéressons à la présentation des matériels et méthodes utilisés. Réalisation de divers tests empiriques pour la recherche. Tous les essais sur béton.

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'effet de la substitution d'une partie du sable par déchets de verre sur les caractéristiques des BAP à l'état frais et durcis et de valoriser les déchets de verre. Les pourcentages de substitution varient de 10% , 20% et 30%.

III.2. Caractéristiques des matériaux utilisés et composition du BAP:

Les essais sur les matériaux utilisés pour la confection du béton ont été exécutés au laboratoire de génie civil à l'université de M'Sila. Les matériaux utilisés sont :

- ✓ Le sable d'origine siliceux provenant DE DJAMAA WILAYA d'OUED SOUF
- ✓ Deux fractions de gravier concassé (3/8,8/16) l'origine calcaire COSSIDER à (ELECHE) BBA.
- ✓ Ciment CPJ 42.5 N et provenant de la cimenterie Lafarge de Hammam Dalaa « M'Sila »
- ✓ Déchets de verre (transparent)
- ✓ L'adjuvant : MEDAFLOW super plastifiant haut réducteur d'eau provenant de la société Granitex – Oued Smar.
- ✓ L'ajout : le filler (farine de marbre de fraction 0,08mm)
- ✓ L'eau de gâchage et de conservation : eau potable du laboratoire.

III.2.1. Le sable

III.2.1.1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains constituant l'échantillon, la distribution en poids des particules d'un granulat suivant leur dimension permet de déterminer sa continuité.

Mode opératoire :

- ✓ Prélever une masse de 2 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) [5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,125-0,08-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 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 cumules R_3, R_4, \dots, R_n le tamisât est calculé par la relation :



Fig. III. 1 Matériels utilisés pour l'analyse granulométrique

Tableaux. III.1. Analyse granulométrique du sable

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulus		Tamisât
		(g)	%	%
5	00	00	00	100
2.5	00	00	00	100
1.25	130	130	6.5	93.5
0.63	969	1099	54.95	45.05
0.315	621	1720	86	14
0.16	239	1959	97.95	2.05
0.08	37	1996	99.8	0.2
FOND	4	2000	100	0

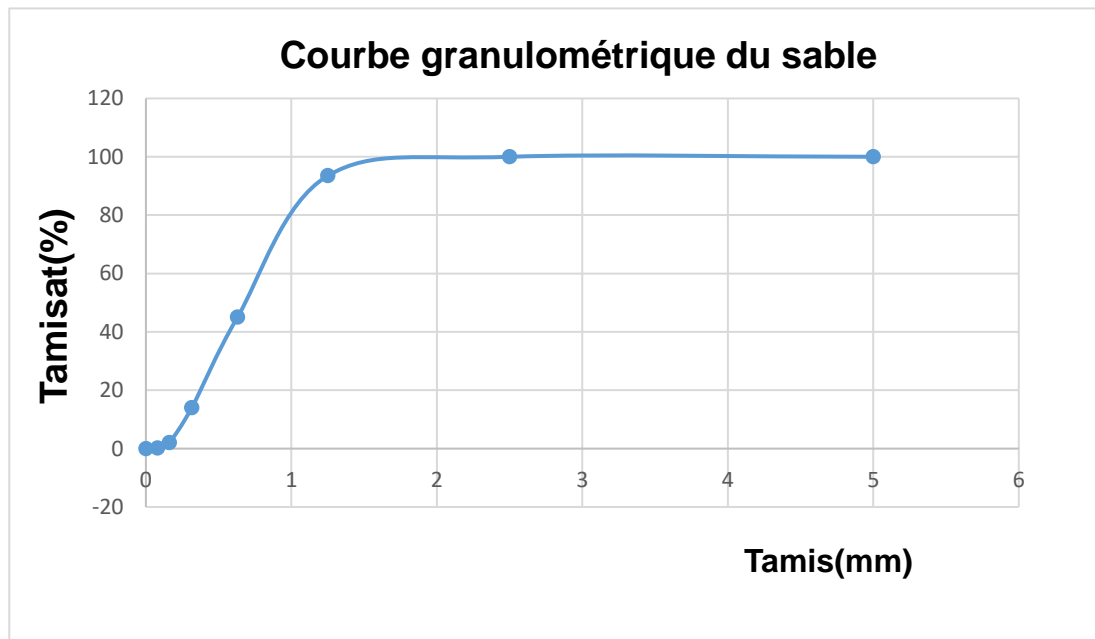


Fig. III. 2 Courbe granulométrique du sable

III.2.1.2. Caractéristiques physiques du sable :

III.2.1.2.1. La masse volumique absolue:

C'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de matière seule, pores à l'intérieure des grains exclus), après passage à l'étuve à 105°C, notée et exprimée en (g/cm³, kg/m³, T/m³)

Mode opératoire :

- peser des échantillons secs : $M_1 = 61\text{g}$ / $M_2 = 70.3\text{g}$ / $M_3 = 90.2\text{g}$ de granulats

Remplir l'éprouvette échantillon gradué avec un volume d'eau $V_1 = 120\text{ ml}$

- Introduire les granulats dans l'éprouvette graduée en chassant les bulles d'air
- lire le nouveau volume V_2
- Calculer la masse volumique absolue $\rho_{\text{abs}} = M / (V_2 - V_1)$
- Refaire la mesure 3 fois

Tableaux. III. 1 la masse volumique absolue du sable :

Designation	M(g)	$V_1(\text{cm}^3)$	$V_2(\text{cm}^3)$	$\rho_{\text{abs}}(\text{g}/\text{cm}^3)$	Moyenne
Essai 1	61	120	146	2.34	2.56 g/cm ³
Essai 2	70.3	120	172	2.70	
Essai 3	90.2	120	206	2.65	

III.2.1.2.2 La masse volumique apparente :✓ **La masse volumique à l'état lâche :**

- On détermine la masse volumique apparente du sable d'un entonnoir standardisé de capacité 2 à 2,5l
- On remplit l'entonnoir avec du sable sec
- On pèse le récipient de capacité de 0,9 L, soit M_1 ce poids
- On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de 10 à 15cm, et on le remplit avec du sable.
- On nivelle la surface du sable et on pèse le tout, soit M_2 ce poids

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

$$\rho_{\text{app}} = (M_2 - M_1) / V_r$$

d'où :

V_r = volume de récipient

Tableaux. III. 2 La masse volumique apparente à l'état lâche VR=900ml

designation	M ₁ (g)	M ₂ (g)	ρ_{app} (g/cm ³)	Moyenne
Essai 1	115.7	1521.9	1.56	1.55
Essai 2	115.7	1516.5	1.55	
Essai 3	115.7	1519.9	1.56	

III.2.1.2.3 Equivalent de sable :

L'équivalent de sable est un indicateur, caractérisant la propreté d'un sable. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur.

Mode opératoire :

- Tamiser une quantité de sable (masse supérieure à 500g)
- Prendre une pesée de 80g
- Remplir l'éprouvette de solution lavant jusqu'au premier repère
- A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai dans l'éprouvette et fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main de chasser les bulles d'air
- Laisser reposer pendant 10 minutes
- Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc et lui imprimer 90 cycles de 20cm de course horizontale en 30 secondes à la main à l'aide d'un agitateur mécanique
- Retire le bouchon, le rincer avec la solution lavant au-dessus de l'éprouvette, rincer ensuite les parois de cette dernière
- Faire seconder le tube lavant dans l'éprouvette, le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette et en imprimant en même temps au tube un léger piquage, cette opération pour but de laver de sable et de faire montrer les éléments fins et argileux.
- Effectuer cette opération jusqu'à ce que la solution lavant atteigne le 2 repère, laisser ensuite reposer pendant 20 minutes

a) Equivalent de sable visuel (E.S.V) :

- Après 20 minutes de dépôt de sable, lire la hauteur h_1 du niveau supérieur du flocculant jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une règle.
- Mesurer également avec la règle la hauteur h_2 comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire et le fond de l'éprouvette.

On a :

$$E.S.P = (h_2/h_1) \cdot 100(\%)$$

h_1 : la hauteur du sable + flocculant,

h_2 : la hauteur de sable ($h'_2 - h_1$)

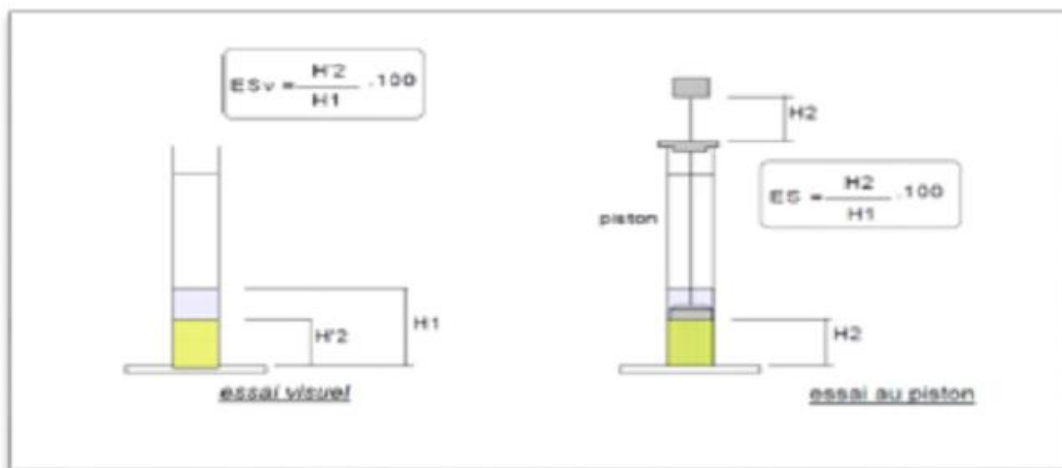


Fig. III. 3 Essai d'équivalent de sable

b) Equivalent de sable piston (E.S.P):

Introduire le piston dans l'éprouvette et laisser descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment, cet instant bloquer le manchon du piston, et sortir celui-ci l'éprouvette.

- Introduire la règle dans l'encoche du piston jusqu'à ce que zéro vienne buter contre la face intérieure de la tête du piston, soit h'_2 la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la partie sédimentée.

$$E.S.P = (h'_2/h_1)$$

ON a :

h_1 : la hauteur du sable +floculat,

h_2 : la hauteur du sable ($h_2 < h_1$)

Tableaux. III. 4 Equivalent de sable

Designation	h_1 (cm)	h_2 (cm)	E.S.V(%)	h'_2 (cm)	E.S.P(%)
Essai 1	6.6	5.7	86.36	5.5	83.33
Essai 2	6.6	5.7	86.36	5.5	83.33
Essai 3	6.6	5.7	86.36	5.6	84.84

$(E.S.V)_{moy} = 86.36$

$(E.S.P)_{moy} = 83.83$

C'est un sable très propre : l'absence presque totale de fines argileuses et convient parfaitement pour des bétons de haute qualité.

III.2.2. Le gravier :

III.2.2.1. Analyse granulométrique :

Les fractions de gravier utilisés sont le 3/8 et le 8/16

Tableaux. III. 5 Analyse granulométrique du gravier 8/16

Tamis	Refus partial g	Rufus cumulés		Tamisât
		g	%	
20	12	12	0.8	99.2
16	104	116	7.7	92.3
12.5	542	658	43.8	56.2
10	586	1244	82.9	17.1
8	223	1467	97.8	2.2
6.3	27	1494	99.6	0.4
FOND	6	1500	100	0

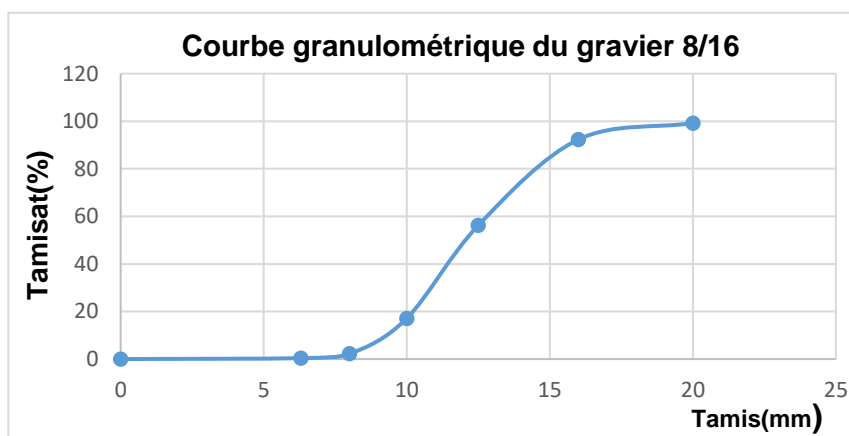


Fig. III. 4 Courbe granulométrique de Gravier (8/16)

Tableaux. III. 6 Analyse granulométrique du gravier 3/8

Tamis	Refus partiel g	Rufus cumulés		Tamisât
		g	%	
10	10	10	0.67	99.33
8	90	100	6.67	93.33
6.3	390	490	32.67	67.33
5	327	817	54.47	45.53
4	474	1291	86.07	13.93
3.15	152	1443	96.2	3.8
2.5	38	1481	98.73	1.27
FOND	19	1500	100	0

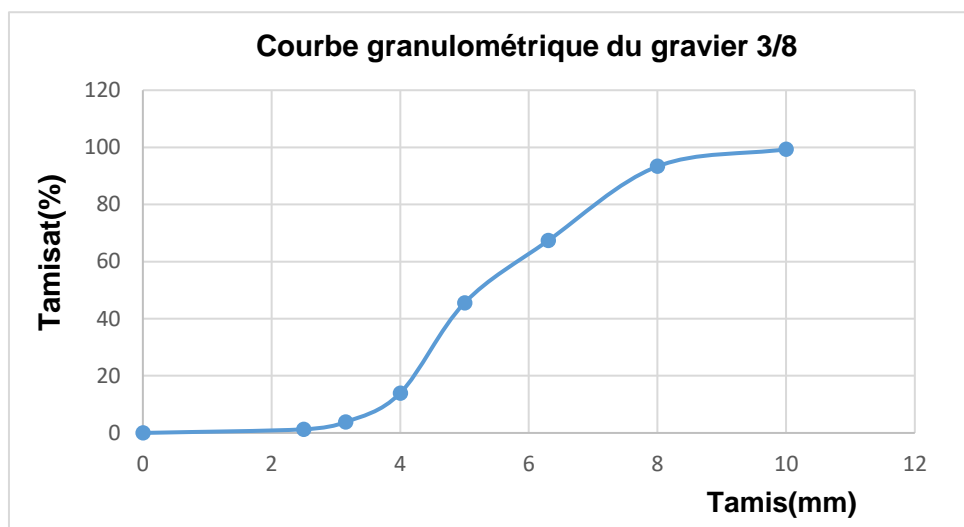


Fig. III. 5 Courbe granulométrique de Gravier (3/8) .

III.2.2.2. Caractéristiques physiques du gravier :

III.2.2.2.1. La masse volumique apparente :

Le principe de cette mesure s'agit de remplir un récipient de volume intérieur connu de peser la quantité de granulat correspondant.

Mode opératoire :

- Verser les granulats dans le récipient choisi et le disposer sous tassement par les couches horizontales successives.
- Araser la couche supérieure des granulats à l'aide d'une règle. La masse volumique est déterminée par la formule suivante :

$$\rho_{app} = (M_2 - M_1) / V$$

D'où :

V_r : volume du récipient

M_2 : poids de l'ensemble (granulat + récipient)

M_1 : poids du l'ensemble

Tableaux. III. 7 la masse volumique apparente du gravier :

Désignation	Gravier	V(cm ³)	M1(g)	M2(g)	ρ_{app} (g/cm ³)	Moyenne
Essai 1	3/8	900	115	1312.2	1.30	1.30
Essai 2			115	1319	1.30	
Essai 3			115	1323	1.30	
Essai 1	8/16	900	115	1297	1.30	1.26
Essai 2			115	1307	1.30	
Essai 3			115	1251	1.20	

III.2.2.2.2. La masse volumique absolue du gravier :

C'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de matière seule, pores à l'intérieure des grains exclus), après passage à l'étuve à 105°C, notée et exprimée en (g/cm³,kg/m³,T/m³)

Mode opératoire :

- peser des échantillons sec : $M_1 = 200g$ / $M_2 = 200g$ / $M_3 = 200g$ de granulats

Remplir l'éprouvette échantillon gradué avec un volume d'eau $V_1 = 200$ ml

- Introduire les granulats dans l'éprouvette graduée en chassant les bulles d'air
- lire le nouveau volume V_2
- Calculer la masse volumique absolue $\rho_{abs} = M / (V_2 - V_1)$
- Refaire la mesure 3 fois

Tableaux. III. 8 la masse volumique absolue du gravier :

Désignation	Gravier	M(g)	V1(cm ³)	V2(cm ³)	ρ_{abs} (g/cm ³)	Moyenne
Essai 1	3/8	200	200	280	2.5	2.5 (g/cm ³)
Essai 2			200	275	2.6	
Essai 3			200	280	2.5	
Essai 1	8/16	200	200	275	2.6	2.56 (g/cm ³)
Essai 2			200	275	2.6	
Essai 3			200	280	2.5	

III.2.3. Le ciment :

Le ciment utilisé dans ce travail est le ciment Portland Composé (CPJ), du ciment Matine entériné Lafarge de M'sila. Le ciment Matine est un ciment gris pour bétons de haute performance de la classe NA 442-CEM II/B-L 42.5. Les caractéristiques du ciment dans la fiche technique du ciment MATINE [41] .



Fig. III. 6 Ciment portland Composé (CPJ) Matine

III.2.4 Les adjuvants

Sont des produits incorporés au moment du malaxage du béton à dosage inférieur à 5% en masse du poids de ciment pour modifier ou améliorer les propriétés du mélange à l'état frais et ou du durci, (norme 934-2).

L'adjuvant utilisé est le MEDAFLOW qui est un super plastifiant haut réducteur d'eau .

Fiche technique de MEDAFLOW [42] .

III.2.5 Déchets de verre :

Les déchets de verre désignent les produits en verre qui sont considérés comme inutilisables ou indésirables dans leur forme actuelle et qui sont destinés à être éliminés ou recyclés. Ces déchets peuvent provenir de diverses sources telles que les emballages en verre, les bouteilles etc. le diamètre de celui –ci être presque 5 mm et de couleur transparent.

III.2.5.1 Analyse granulométrique du verre :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains constituant l'échantillon, la

distribution en poids des particules d'un granulat suivant leur dimension permet de déterminer sa continuité.

Mode opératoire :

- ✓ Prélever une masse de 1.5 Kg de matériau (verre).
- ✓ 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) [5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,125-0,08-fond].
- ✓ Verser le verre 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 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 ($R_2 = R_1 + \text{refus partiel sur tamis 2}$).

Tableaux. III. 3 Analyse granulométrique du verre :

Tamis	Refus partiel	Refus cumulés		Tamisât
Mm	g	g	%	%
5	68	68	4.5	95.5
2.5	757	825	55	45
1.25	275	1100	73.3	26.7
0.63	177	1277	85.13	14.87
0.315	97	1374	91.6	8.4
0.16	70	1444	96.26	3.74
0.08	31	1475	98.33	1.67
FOND	25	1500	100	0

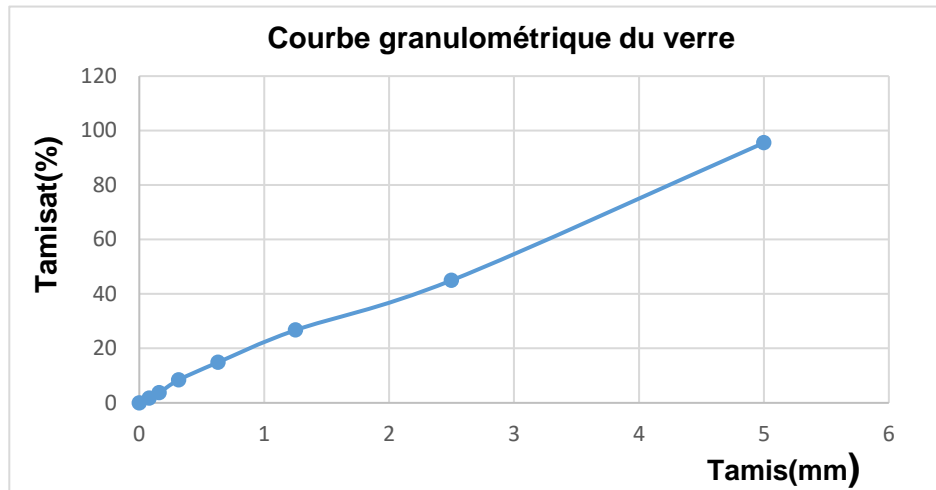


Fig. III. 8 Courbe granulométrique du verre .

III.2.1.2. Caractéristiques physiques du verre :

III.2.1.2.1. La masse volumique absolue:

C'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de matière seule, pores à l'intérieure des grains exclus), après passage à l'étuve à 105°C, notée et exprimée en (g/cm³, kg/m³, T/m³)

Mode opératoire :

- peser des échantillons sec : M1 = 200g / M2 = 200g / M3 = 200g du verre
- Remplir l'éprouvette échantillon gradué avec un volume d'eau V1=120 ml
- Introduire les granulats dans l'éprouvette graduée en chassant les bulles d'air
- lire le nouveau volume V2
- Calculer la masse volumique absolue $\rho_{abs} = M / (V_2 - V_1)$
- Refaire la mesure 3 fois

Tableaux. III. 9 la masse volumique absolue du verre :

Designation	M(g)	V ₁ (cm ³)	V ₂ (cm ³)	ρ_{abs} (g/cm ³)	Moyenne
Essai 1	200	200	280	2.5	2.43 g/cm ³
Essai 2	200	200	280	2.5	
Essai 3	200	200	280	2.3	

III.2.1.2.2 La masse volumique apparente :**La masse volumique à l'état lâche :**

- On détermine la masse volumique apparente du verre d'un entonnoir standardisé de capacité 2 à 2,5 l
- On remplit l'entonnoir avec du verre
- On pèse le récipient de capacité de 0,9 L, soit M_1 ce poids
- On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de 10 à 15cm, et on le remplit avec du verre
- On nivelle la surface du verre et on pèse le tout, soit M_2 ce poids

La masse volumique apparente du verre est donnée par la formule suivante :

$$\rho_{app} = (M_2 - M_1) / V_r$$

d'où :

V_r = volume de récipient

Tableaux. III. 10 La masse volumique apparente du verre à l'état lâche VR=900ml

designation	$M_1(g)$	$M_2(g)$	$\rho_{app} (g/cm^3)$	Moyenne (g/cm^3)
Essai 1	115	1273.6	1.28	1.29
Essai 2	115	1296	1.31	
Essai 3	115	1288	1.30	

III.2.6. Le filler (marbre) :

Le marbre est une roche métamorphique dérivée du calcaire et constituée principalement de cristaux de calcite.

Tableaux. III. 11 Caractéristiques physiques du marbre

Propriétés Physique	Fine Marbre
Masse volumique apparente (g/cm^3)	0.83
Densité	2.67
Surface spécifique de Blaine (cm^3/g)	448

Tableaux. III. 12 Caractéristiques chimiques du marbre

Analyses chimique	Fines marbre
SiO ₂	1.47
CaO	55.3
MgO	0.01
Fe ₂ O ₃	0.14
Al ₂ O ₃	0.35
Na ₂ O ₃	0.12
K ₂ O	0.04
SO ₃	0.01
Perte au feu	42.65

III.2.7. L'eau de gâchage :

L'eau de gâchage utilisé est une eau potable du laboratoire de génie civil.

Tableaux. III. 13 Caractéristiques chimiques de l'eau de gâchage

La mesure	Teneur en eau (mg/l)
Degré de température	24.7
PH	7.78
Conductibilité	1799
Chlore Cl ⁻	234.3
Sulfate SO ⁴	351.6
Magnésium Mg ²⁺	110.8
Calcium Ca ²⁺	267.2
Sédiment sec	1412
Eligibilité d'oxydation en eau	1024

III.3. Formulation du béton auto plaçant :

III. 3 .1. Préparation de la gâchée :

La préparation du béton auto plaçant demande plus d'attention et de précision que la préparation d'un béton ordinaire. Pour parvenir à effectuer plusieurs essais sur le béton frais, il faut suivre une certaine méthodologie.[39]

Le premier paramètre à prendre en compte est la capacité du malaxeur utilisé.

Après avoir déterminé les proportions de chaque constituant on suit le mode opératoire suivant :

-Vérifier en premier le nombre et l'état des moules prismatique et cubique nécessaires pour les essais. Ces derniers doivent être graissés à l'aide d'une huile pour faciliter le décoffrage. [39]

- Réunir tout le matériel nécessaire pour effectuer les essais.

-Vérifier que les matériaux ne sont pas humides, si non les sécher préalablement dans l'étuve.

-Préparer la quantité d'eau nécessaire pour la gâchée. Le super plastifiant est ajouté à un quart de l'eau de gâchage.

-Peser les matériaux secs (gravier, sable, ciment, marbre) et les introduire dans le malaxeur.

-Mettre le malaxeur en marche pour homogénéiser le mélange sec.

-Laisser le malaxeur en marche et ajouter progressivement la première un quart de l'eau de gâchage (celle qui contient l'adjuvant).

- Ajouter les trois quart d'eau graduellement. [39]

- Effectuer immédiatement les essais après arrêt du malaxage, les essais sont réalisés au moins deux fois pour valider les valeurs obtenues.

-pour un BAP avec Déchets de verre substitution d'une partie du sable par déchets de verre . Les pourcentages de substitution varient de 10% , 20% et 30%.

- Remplir les éprouvettes en deux/trois couches sans vibration. [39]

III. 3. 2. Conservation des éprouvettes :

Après le gâchage pour un béton ordinaire ou pour un BAP, les moules sont Conservés dans une pièce à température ambiante, et démoulés après 24h d'hydratation du ciment. [39]

III. 3 .3. Formulation de béton auto plaçant :

Pour la formulation du béton auto plaçant nous n'avons pas suivi une formulation classique.

Nous avons respecté les conditions nécessaires permettant de garantir l'autoplaçabilité tout en se basant sur des compositions proposées dans la littérature spécialisée. [39]

Il s'agit de choisir les proportions des constituants dans 1m^3 de béton en ayant comme données les paramètres suivants :

- ◆ Un rapport $G/S = 1$.
- ◆ Un rapport $E/C = 0.5$.
- ◆ Un dosage en ciment plutôt élevé $C = 420\text{ kg/m}^3$
- ◆ Un pourcentage déterminé en ajouts (super plastifiant, les fillers, ou encore les deux). Le filler $F = 10\% * C$, et le super plastifiant $SP = 2\% * (C + F)$ [39]

III.3.3.1. Les constituants présents dans le mélange :

$$G + S + C + E + F + SP = 1000 \text{ litres}$$

Avec :

$$E/C = 0.5 \Rightarrow E = 420 * 0.5 = 210 \text{ kg/m}^3$$

La masse volumique de l'eau est 1000 kg/m^3 ce qui implique que

$$E = 210 \text{ l/m}^3$$

Si on prend un dosage en F de 10% C

On a :

$$F = 10\% * C = 420 \text{ kg/m}^3 * 10\% = 42 \text{ kg/m}^3$$

Le filler utilisé est le marbre, et sa densité absolue égale à 2.67 Ce qui nous donne en terme de volume : $42 / 2.67 = 15.73 \text{ l/m}^3$

Le dosage du super plastifiant est : $2\% * C = 2\% * 420 \text{ kg/m}^3 = 8.4 \text{ kg/m}^3$

La densité absolue du super plastifiant MEDAFLOW est égale à 1.07

Ce qui nous donne en terme de volume : $8.4 / 1.07 = 7.85 \text{ l/m}^3$

La densité absolue du ciment est égale à 3.1

Le volume du ciment est : $420 / 3.1 = 135.48 \text{ l/m}^3$

On peut calculer les proportions des graviers et du sable :

Le volume de la pâte pour 1m^3 de béton est :

$$C + E + F + SP = 135,48 + 210 + 15,73 + 7,85 = 369.06 \text{ litres}$$

Le volume des granulats pour 1m^3

De béton est :

$$G + S = 1000 - 369.06 = 630.94 \text{ litres}$$

Avec $G/S = 1$; On a donc: $G = S = 315.47 \text{ l/m}^3$

Pour les deux fractions du gravier on a choisi d'utiliser 50% de 8/16 et 50% du 3/8

Gravier (3/8) : $50\% = 157.735 \text{ l/m}^3$

Gravier (8/16) : 50% = 157.735 l/m³

et pour le Sable : S = 315.47 l/m³

En termes de poids on a :

Gravier (3/8) = 157.735 * 2.67 = 421.15 kg/m³

Gravier (8/16) = 157.735 * 2.68 = 422.72 kg/m³

Sable = 315.47 * 2.56 = 807.60 kg/m³

Pour les déchets industriels (les déchets de verre) les pourcentages de substitution varient de 10%, 20% et 30% de volume de sable.

Tableaux. III. 14 La composition des matériaux pour 1m³ de béton

Composant	Composant en volume (l/m ³)	Composant en masse volumique (kg/m ³)
Gravier 3/8	157.735	421.15
Gravier 8/16	157.735	422.72
Sable	315.47	807.60
Ciment	135.48	420
Eau	210	210
Super plastifiant MEDAFLOW	7.85	8.4
Filler (marbre)	15.73	42

III.4 Les compositions des différents bétons :

BAPT: Béton Auto plaçant Témoin avec 0% de Déchets De Verre .

BAPDV1: Béton Auto plaçant avec 10% de Déchets De Verre .

BAPDV2: béton Auto plaçant avec 20% de Déchets De Verre .

BAPDV3: béton Auto plaçant avec 30% de Déchets De Verre .

Ces les pourcentages de déchets de verre , c'est un rapport de compensation de sable, lorsqu'un pourcentage du sable est retiré et remplacé par des déchets De Verre .

III.5 Conclusion:

Afin de connaître les propriétés physiques et chimiques des matériaux utilisés, nous menons un ensemble d'essais en laboratoire, et analyses minérales effectuées dans d'autres laboratoires dans le béton a été fabriqué.

Connaître les propriétés des matériaux utilisés nous aide grandement dans l'analyse des résultats expérimentaux de ce béton.

Chapitre 4

Technique

Expérimentales des

BAP

VI.1 INTRODUCTION :

Ce chapitre résume les essais sur le béton auto plaçant qui ont réalisés dans le cadre de cette étude, plusieurs expériences ont été menées au laboratoire de génie civil pour déterminer les propriétés du béton auto plaçant à l'état frais et l'état durcis.

IV.2 Essais de caractérisation du béton auto plaçant à l'état frais :

Le béton auto plaçant à l'état frais a fait l'objet de nombreuses recherches dans le domaine des matériaux de construction ces dernières années, parmi les essais les plus couramment utilisés pour caractériser le béton frais auto plaçant on peut citer :

- ✚ La détermination de la consistance au cône d'Abrams.
- ✚ la détermination du risque de blocage à l'aide de la boîte L.
- ✚ la détermination de la résistance à la ségrégation par l'évaluation de la stabilité tamis.

IV.2.1. Détermination de la consistance au cône d'Abrams : NF EN 12 350-8

Essai d'étalement est imposé comme l'essai le plus simple à exécuter , et il est possible de mesurer la cohérence du béton , Cet essai est effectué comme l'essai d'affaissement au cône d'Abrams cette expérience permet également de découvrir si une séparation horizontale se produit cet essai , qui peut être réalisé sur le site , ne nécessite que de petites échantillons en béton , la valeur de 60 à 75 cm est généralement destinée à obtenir BAP.

IV.2.1.1. Matériel utilisé :

- Une plaque carré 120 centimètres de côté ;
- Un cône d'Abrams ;
- Une règle de centimètres.

IV.2.1.2. Mode opératoire :

- Placer la plaque sur un support stable et horizontal (Fig. IV.1).
- On mouille la surface de la planche pour éviter que le béton n'y colle, et on essuie l'excès d'eau avec un chiffon .
- Placer le cône d'Asrams au centre de la planche, en coulant le béton de manière continue, jusqu'au sommet du cône .

- Araser si nécessaire avec une truelle et nettoyer le panneau si nécessaire avec un chiffon humide .
- On soulève le cône verticalement avec des contacteurs .
- Une fois le béton étalé sur la table, nous mesurons le diamètre final sur des côtés spécifiques et notez les deux valeurs.
- Si les deux valeurs diffèrent de plus de 5 cm, le test doit être invalidé et renouvelé ;
- Le résultat final est l'évaluateur moyen obtenu. **Soit** : $\text{pendage débit} = (D1 + D2) / 2$.



Fig. IV. 1 Essai d'étalement

IV.2.2 Détermination du risque de blocage à l'aide de la boîte L : NF EN 12 350-10

Cet essai est exécuté à l'aide d'une boîte en forme de L. Les tests spécifiques sont autorisés dans un environnement limité et confirment que la création de béton n'est pas entravée par des phénomènes de bloc inacceptables, tels que l'existence d'armatures.



Fig. IV. 2 Blocage des granulats par la présence d'armatures [14]

Principe de cet essai :

→ La partie verticale de la boîte doit être entièrement remplie de béton , Où la partie horizontale de la boîte à travers le renfort le béton a cessé de couler, Ensuite, l'ouverture est surélevée et le béton est autorisé à s'écouler dans la partie horizontale de la boîte à travers l'armature, lorsque le béton ne coule plus, on mesure la hauteur H1 et H2.



Fig. IV. 3 Exemple de l'essai la boîte en L

Un rapport ($H2/H1$) d'au moins 0.8 pour un béton autoplaçant.

IV.2.3 Détermination de la résistance à la ségrégation par l'évaluation de la stabilité au tamis : NF EN 12 350-11**IV.2.3.1. Matériel utilisé :**

- Un seau de 10 litres équipé d'un couvercle ;
- Un tamis de 5 mm, ainsi qu'un fond ;
- Une bascule de précision (pesée minimale de 20 grammes).

IV.2.3.2. Mode opératoire :

C'est un essai de qualification des bétons auto-plaçant face au risque de ségrégation.

- Après le malaxage du béton, verser le béton dans le seau. Le temps d'attente entre l'arrêt de malaxage et le prélèvement doit être inférieur à 30 secondes . Il consiste à déposer un poids de béton égal à 5 kg sur un tamis ayant des mailles de 5mm d'ouverture.
- Couvrir le seau pour protéger le béton de la dessiccation, et attendre 5 minutes plus tard, nous sommes une quantité pondérée qui a traversé le tamis

On calcule :

$$\Pi = \left(\frac{P_{\text{laitance}}}{P_{\text{échantillon}}} \right) \cdot 100$$



Fig. IV. 4 Essai de la stabilité au tamis

En fonction du résultat trouvé, on classe les bétons comme suit :

Tableaux. IV. 1 Classement de la formulation selon le pourcentage :

% de laitance Π	Classement de la formulation
$0 \leq \Pi \leq 15$	Stabilité satisfaisante
$15 < \Pi \leq 30$	Stabilité critique
$\Pi > 30$	Stabilité très mauvaise (béton inutilisable)

IV.3 Essais de caractérisation du béton auto plaçant à l'état durci :

IV.3.1. Essai de compression : NF EN 12390-3

Le principe de l'essai : Dans cet essai, un échantillon cubique est soumis à une force accrue et constante jusqu'à sa rupture afin de déterminer sa résistance à la compression.

a) But de l'essai :

Le but est de déterminer la résistance à la compression du béton.

L'essai se fait sur une éprouvette cubique de dimensions normalisées $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$

b) Principe de l'essai :

- Après malaxage, on remplit en béton un moule cubique normalisé, le remplissage du moule se fera en 3 couches sans vibration.
- Le démoulage se fera après une 48 heure.
- L'éprouvette sera immergée dans un bac d'eau pour durcir à une température moyenne de 20C°.
- La résistance sera déterminée à 7, 14 et 28 jours.



Fig. IV. 5 L'appareil de l'essai de compression

c) Conduite de l'essai :

Une fois le temps écoulé, l'échantillon est retiré du réservoir d'eau et laissé sécher pendant 24heurs ; l'éprouvette sera placée entre les mâchoires de la machine et une lecture sera relevée .l'intensité de la force correspondant à la rupture de l'échantillon. Soit F cette lecture.

Calculs : La résistance sera: $G = F/S$

Avec :

S : section de l'éprouvette : 100 cm²

F : force au moment de la rupture.

IV.3.2 Essai de flexion : NF EN 12390-5**a) But de l'essai :**

Cet essai a aussi pour but de déterminer la résistance à la traction du béton. C'est un essai de traction par flexion qui consiste à écraser un prisme de dimensions (7x7x28) cm³ de béton placé horizontalement entre deux plateaux d'une presse.



Fig. IV. 6 L'appareil de l'essai de traction par flexion

b) Conduite de l'essai :

Lors d'un essai de flexion de trois points, la poutre de béton est soumise dans sa partie supérieure à des contraintes de compression et dans sa partie inférieure à des contraintes de traction. Compte tenu que le béton résiste beaucoup moins à la traction qu'à la compression l'éprouvette va se casser d'un calcul classique de résistance des matériaux en élasticité est σ_{tf} (contrainte de traction par flexion). Le matériau béton n'ayant pas un comportement élastique au voisinage de la rupture, il convient d'apporter au calcul de la résistance en traction du béton σ_t un terme correctif de 0,6 ($\sigma_t = 0,6 \sigma_{tf}$).

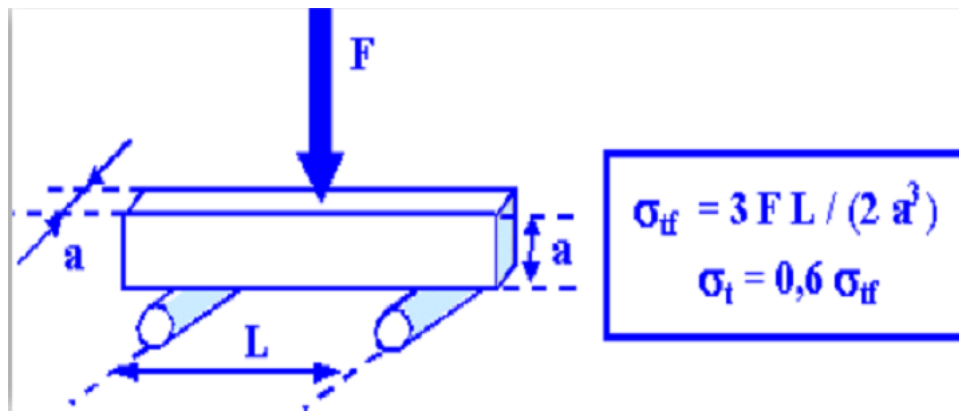


Fig. IV. 7 Formule de calcul de la résistance de flexion

IV.3.4. Détermination de la résistance par les essais non destructifs

On a utilisé deux essais non destructifs :

- La méthode de dureté superficielle ou essai au scléromètre ;
- La méthode d'auscultation dynamique ou ultra son.

IV.3.4.1 Essai au scléromètre : NF EN 12504-2

La méthode de dureté de surface est essentiellement configurée par une assistance en béton dans une méthode standard, en utilisant une masse spécifique activée par une certaine énergie. Cette méthode est connue sous le nom de scléromètre Schmidt.

Cet essai est l'un des plus anciens essais non destructifs, encore très utilisés aujourd'hui développé par Ernst Schmidt en (1948) et est connu sous le nom l'essai au marteau Schmidt ou essai au scléromètre.



Fig. IV. 8 Marteau de Scléromètre [39]

a) Principe de l'essai

Le principe de base de l'essai au scléromètre est que le rebond d'une masse élastique dépend de la dureté de la surface sur laquelle frappe la masse, comme présenté sur la figure (IV.10).

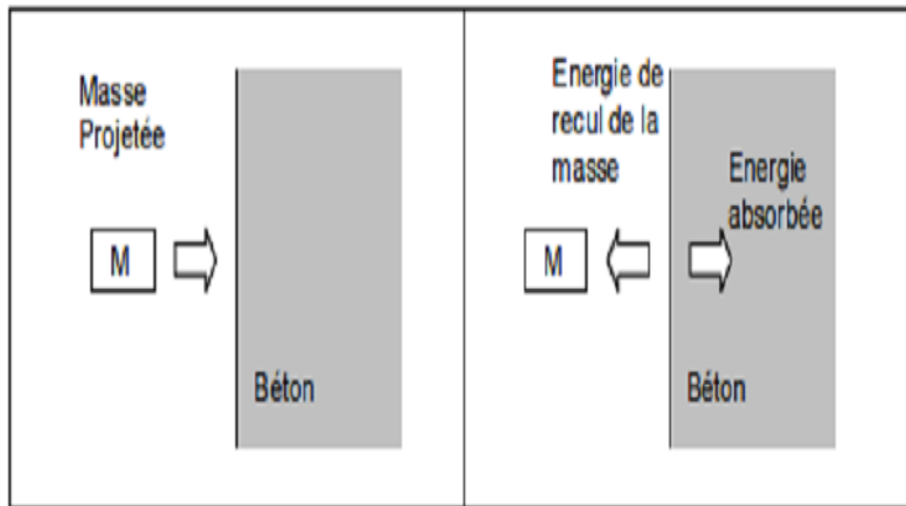


Fig. IV. 9 Principe de fonctionnement d'un scléromètre [14]

IV.3.4.2 Essai d'auscultation dynamique : NA EN 12504-4

Cet essai, connu depuis longtemps, détermine la vitesse de propagation des impulsions ultrasoniques à travers le béton.

a) Principe de l'essai :

Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde, d'où le nom de la méthode (essai de vitesse de propagation d'ondes sonores) à parcourir une distance connue. Les principales caractéristiques de tous les appareils comprennent un générateur d'impulsions et un récepteur d'impulsions. Figure (IV.10)



Fig. IV. 10 Appareil d'ultrason

IV.4 Conclusion :

Le quatrième chapitre est consacré à l'étude expérimentale, où nous présentons les matériaux et équipements utilisés dans notre travail, les essais réalisés en laboratoire.

Dans ce chapitre, les expériences scientifiques qui ont été réalisées au laboratoire et l'équipement utilisé dans ces expériences ont été discutées, où nous avons distingué dans cette partie en les deux états de bétons autoplaçant, l'état frais et l'état durci, et nous avons travaillé les expérimentations à partir de deux états.

Chapitre 5
Résultats et
Discussions

V.1.Introduction :

Cette étude cherche à explorer les propriétés des bétons auto-plaçant lorsque le sable est remplacé par des déchets de verre, en comparaison avec un béton auto-plaçant de référence. L'objectif est d'évaluer le comportement de ces mélanges alternatifs et de déterminer s'ils offrent des performances comparables ou améliorées par rapport au béton auto-plaçant traditionnel.

V.2.Résultats des essais à l'état frais :

Dans cette partie, les techniques recommandées par L'AFGC ont été utilisées, les différents mélanges qui ont été fabriqués font l'objet d'un ensemble d'expérimentations à l'état frais connaître ses caractéristiques dans cet état.

Tableaux. V. 1 Résultats des essais à l'état frais

Type de béton	L'étalement (mm)	Stabilité au tamis (%)	La boîte en L (H2/H1)	Masse volumique (kg/m ³)
BAPT	690	8.44	0.88	2441
BAPDV1	720	9.5	0.90	2420
BAPDV2	710	9.1	0.90	2420
BAPDV3	720	10	1	2268

V.2.1.Essai d'étalement au cône d'Abram's :

Cet essai caractérise la fluidité du béton. Les résultats obtenus sont représentés sur la Figure. V.1

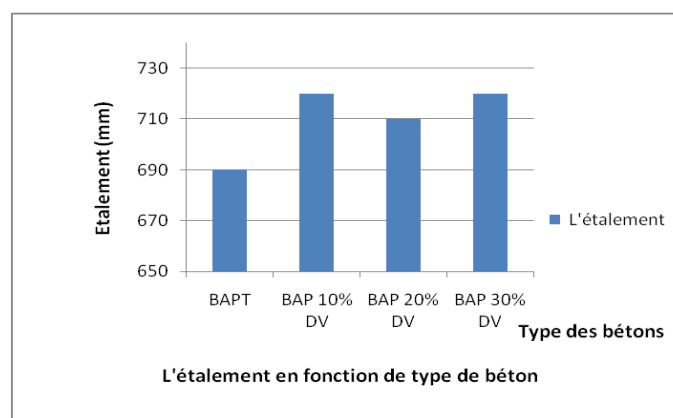


Fig. V. 1 . L'étalement en fonction de type de béton

Remarque :

La valeur d'étalement est généralement définie entre 60 à 75cm, ou l'on note que tous les étalements de tous les types de béton (BAP) sont entre ces deux valeurs.

Les résultats obtenus et présentés sur la figure .V.1 On note d'après les résultats obtenus que la valeur d'étalement de BAPDV1 et BAPDV3 sont presque égal et 10mm plus grand que la valeur d'étalement de BAPDV2 . Donc les quatre types sont bien étalés.

La valeur d'étalement de BAPDV supérieure que la valeur d'étalement de BAPT et qu'à chaque fois le taux de remplacement augmente l'étalement des BAPDV augmente On peut expliquer cela que les granules de verre, avec leur surface lisse et leur faible absorption d'eau, augmentent la fluidité du béton plus que le sable.

V.2.2.Essai de la boîte en L :

L'objectif de cet essai est de déterminer la capacité du béton à s'écouler dans une zone confinée, sans qu'il soit contrarié par des phénomènes de blocage inacceptable.

Les résultats obtenus de cet essai (pour les différents mélanges des bétons formulés) sont représentés sur la **Figure V.2**

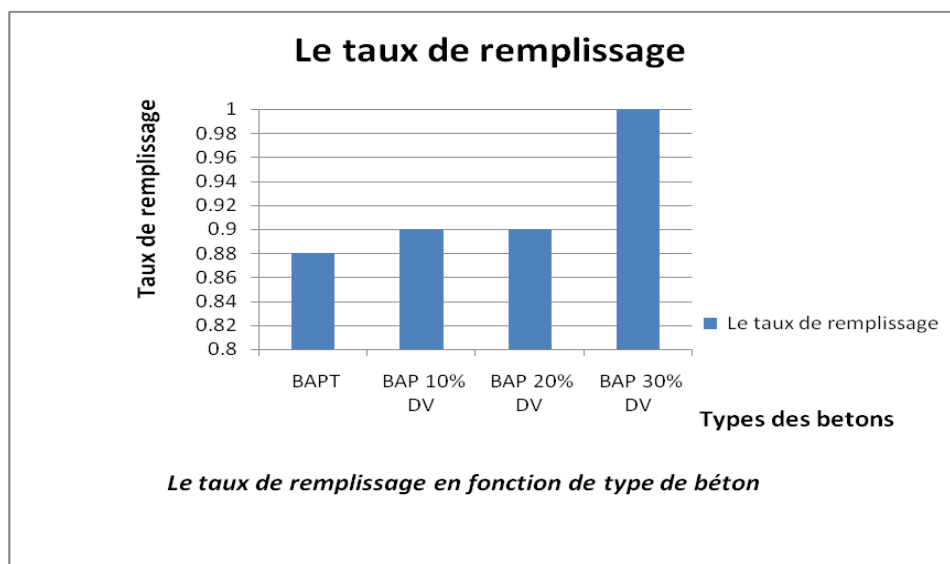


Fig. V. 2 Le taux de remplissage en fonction de type de béton

Remarque :

L'essai est exploité au travers du taux de remplissage (rapport des hauteurs de béton à la fin et au début de la boîte) qui doit en principes être supérieur à 0,8. On note que tous les BAP vérifiés ce principe. Et que les BAP avec les différents pourcentages de déchets de verre n'ont pas entraînés des blocages du béton.

V.2.3.Essai de stabilité au tamis :

Cet essai caractérise la capacité d'un BAP à rester homogène après sa mise en place jusqu'au début de prise.

L'essai est celui dit " de stabilité au tamis " qui consiste à évaluer le pourcentage en masse de laitance d'un échantillon de béton passant à travers un tamis de 5 mm

Les critères d'acceptabilité d'une formulation de BAP sont divisés en 3 classes:

- ✓ **0 < p laitance < 15% stabilité satisfaisante.**
- ✓ **15 < p laitance < 30% stabilité critique.**
- ✓ **laitance > 30 stabilité très mauvaise.**
- ✓ Les résultats obtenus des essais sont représentés sur la Figure V.3

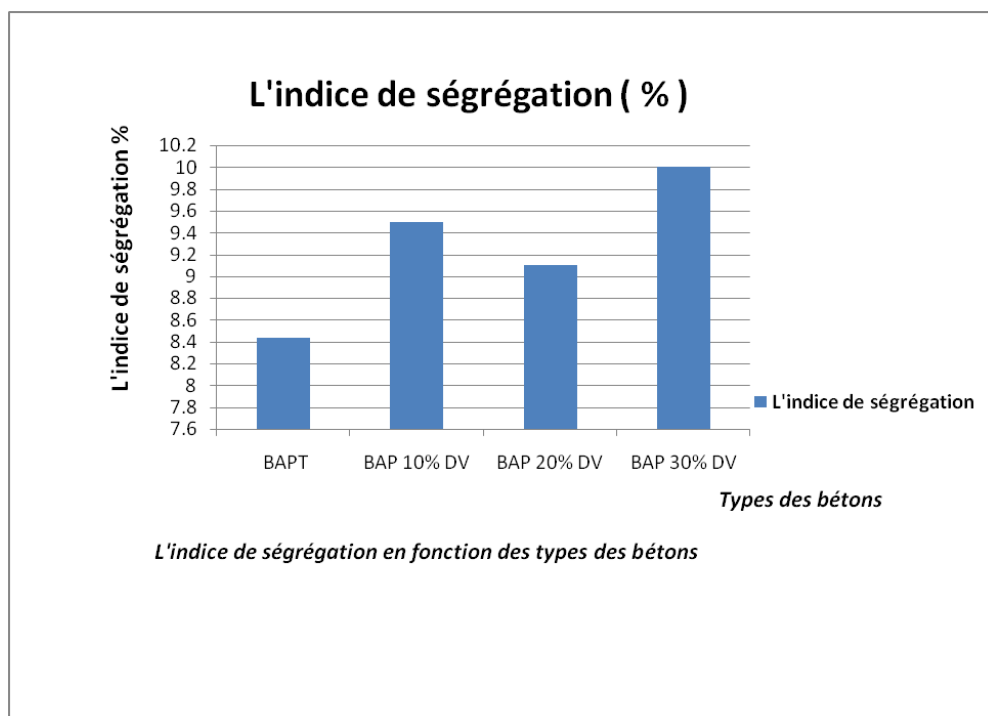


Fig. V. 3 L'indice de ségrégation en fonction de types de béton

Remarque :

Tous Les types de béton auto-plaçant se caractérisent par des stabilités satisfaisantes, On note d'après les résultats obtenus que tous les types de BAP sont entre : $0 \leq \pi \leq 15$ alors le remplacement de sable par le verre n'affecte pas sur la stabilité des BAP.

V.2.4.La masse volumique :

On détermine la masse volumique pour caractériser la compacité des différents bétons on détermine la masse volumique. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure V.4

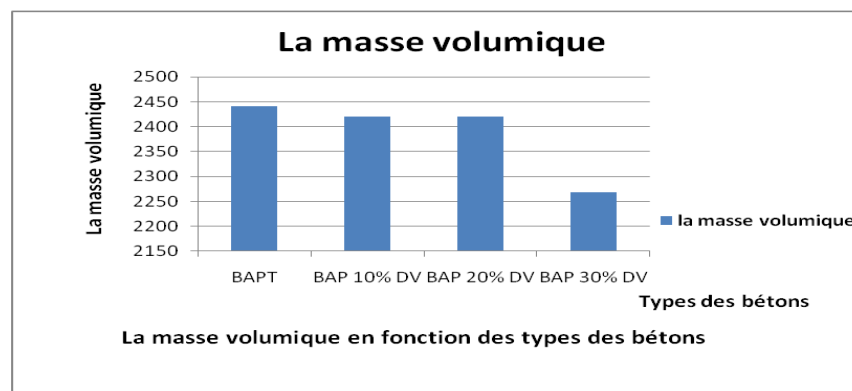


Fig. V. 4 . La masse volumique en fonction des types bétons (BAP)

Remarque :

On note d'après les résultats obtenus dans l'énoncé que la masse volumique de BAPDV (tous les bétons avec les différents pourcentages de déchets de verre sont inférieurs à la masse volumique de BAPT. Parce que la masse volumique du sable est $2,56 \text{ g/cm}^3$ plus grande que la masse volumique du verre $2,43 \text{ g/cm}^3$. Ce qui correspond aux résultats du chapitre 3.

Les résultats des essais des différents BAP à l'état frais soit l'essai d'étalement, ou l'essai de la boîte L et l'essai de stabilité au tamis, permettent de dire que ses BAP correspondent aux critères des recommandations provisoires.

On remarque que les plus moins valeurs de l'étalement, de l'indice de ségrégation et du taux de remplissage sont celles du BAP témoin, et ses valeurs augmente avec le pourcentage de déchets de verre. Pour la masse volumique on a noté qu'elle diminue avec le pourcentage de remplacement de déchets de verre.

V.3.Résultats des essais à l'état durci :

Toutes les éprouvettes ont été conservées dans l'eau à une température ambiante de 20°C(EN12390-2).

Les résultats de compression et traction par flexion sont résumés dans ce tableau pour le BAPT et BAPDV1, BAPDV2 et BAPDV3.

On a confectionné des éprouvettes cubiques de dimensions (10×10×10) et des éprouvettes prismatiques de dimensions(7×7×28),pour faire les essais : La résistance à la compression , La résistance à la traction , Essai Ultrasonique , Essai de scléromètre .

V.3.1Les essais destructifs(ED) :**V.3.1.1La résistance à la compression :****Tableaux. V.1 Résistance à la compression:**

	Eprouvettes	La Compression suivant l'âge du béton		
		7jours (MPa)	14 jours (Mpa)	28 jours (Mpa)
BAPT	1	27.53	30.14	35.46
	2	27.63	33.10	38.43
	3	28.87	31.03	/
	Moy	28.01	31.42	36.94
BAPDV1	1	24.17	27.76	32.98
	2	23.79	28.61	33.03
	3	23.50	29.52	32.27
	Moy	23.82	28.63	32.76
BAPDV2	1	24.02	30.49	37.22
	2	26.31	31.37	34.55
	3	29.48	33.51	35.47
	Moy	26.60	31.79	35.74
BAPDV3	1	22.09	26.81	38.39
	2	21.21	27.48	39.80
	3	22.54	27.43	39.92
	Moy	21.94	27.24	39.37

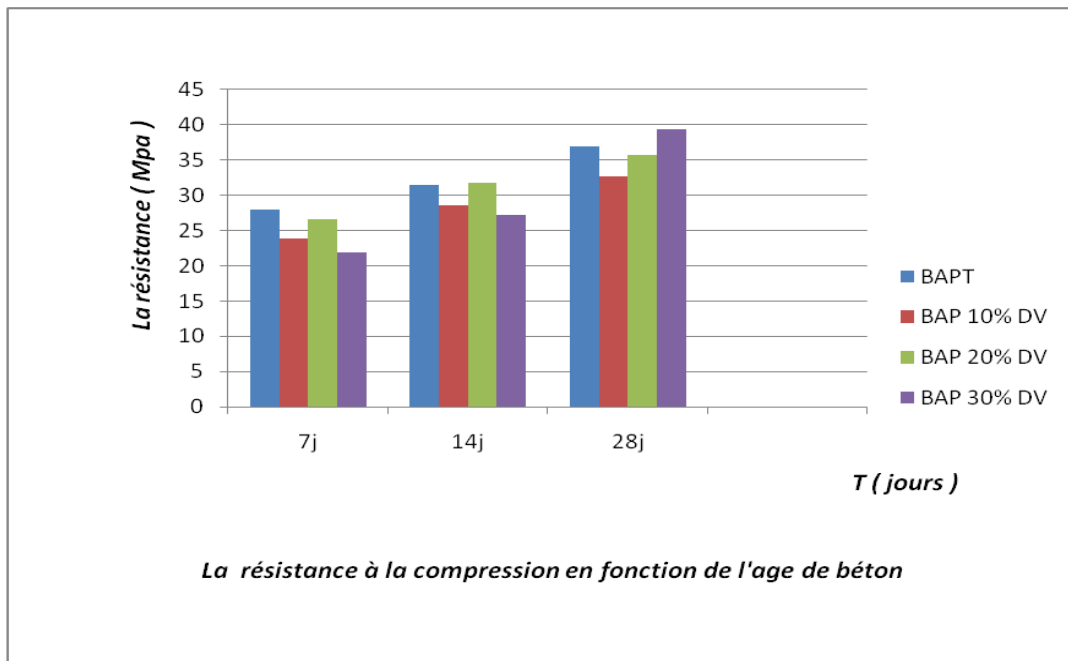


Fig. V. 1 La résistance à la compression en fonction de l'âge de béton .

La résistance à compression augmente avec l'âge du béton. On l'on note que le béton BAPT reste le plus résistant à la compression par rapport aux autres bétons pour tous les pourcentages de remplacement , la résistance diminue pour les BAPDV de (10%,20%,30%) par rapport au BAPT à 7 et 14 j , ou mais augmente lorsque le dosage de Déchets de verre est (30%). Le BAPDV3 (30% de déchets de verre) donne la meilleure résistance à 28j.

V.3.1.2 La résistance à la traction par flexion:

Tableaux. V. 2. Résistance à la traction par flexion :

Composition	Eprouvettes	7 jours	14 jours	28 jours
		(KN)	(KN)	(KN)
BAPT	1	3.5	3.8	4.2
	2	3.9	3.8	4.2
	3	3.8	4	/
	Moy	3.7	3.8	4.2
BAPDV 01	1	3.6	4.2	4.3
	2	3.7	3.8	4.2
	3	3.7	4.2	4.9
	Moy	3.6	4.06	4.46
BAPDV 02	1	3.4	3.8	4
	2	3.4	3.8	3.8
	3	3.2	4	4
	Moy	3.3	3.8	3.9
BAPDV 03	1	3.1	3.6	3.8
	2	3.4	3.8	4
	3	3.4	3.6	4
	Moy	3.2	3.6	3.9

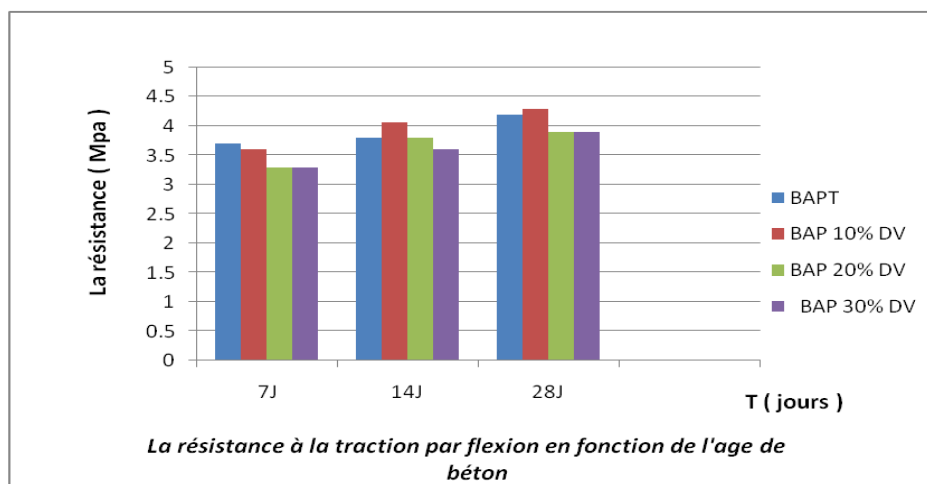


Fig. V.2. La résistance à la traction par flexion en fonction de l'âge des bétons

La résistance à la traction par flexion, augmente avec l'âge des BAP et est donnée par le BAPT, pour le BAPDV l'idée qui l'on note que le déchets de verre , augmente d'une manière nette la résistance à la traction. Le BAPDV1 donne la meilleur résistance à la traction par flexion à 28j .

V.3.2.1 Les essais non destructifs (END)

V.3.2.2 L'essai à l'ultrason :

Tableaux .V.3. les essais à l'ultrason (Eprouvettes cubiques) :

Composition	Eprouvettes	La vitesse du son suivant l'âge du béton		
		7jours (m/s)	14 jours (m/s)	28 jours (m/s)
BAPT	1	4046	4338	4307
	2	4172	4216	4323
	3	4019	4338	/
	Moy	4079	4297.3	4315
BAPDV 01	1	4032	4046	4418
	2	4001	4216	4435
	3	4019	4216	4418
	Moy	4017	4159	4423
BAPDV 02	1	4019	4402	4216
	2	4158	4216	4338
	3	4216	4231	4231
	Moy	4131	4283	4261
BAPDV 03	1	3940	4129	4307
	2	4101	4115	4144
	3	4060	4187	4307
	Moy	4033	4143	4252

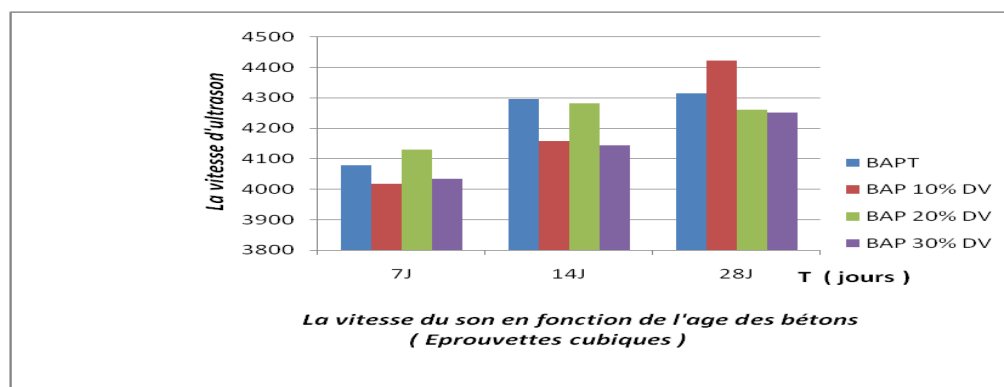


Fig. V. 3. La vitesse du son en fonction de l'âge des bétons (Eprouvettes cubiques) .

La vitesse du son augmente avec l'âge du béton, le remplacement du sable par de déchets de verre pour les pourcentages (20%) donne une meilleure vitesse du son à 7j . à 14j Le BAPT donne la meilleure vitesse du son , À 28j le remplacement du sable par 10% de déchets de verre donne une meilleure vitesse du son . Les déchets de verre ont donc un léger effet sur la vitesse du son.

Tableaux. V. 4 les essais à l'ultrason (Eprouvettes prismatiques) :

Composition	Eprouvettes	La vitesse du son suivant l'âge du béton		
		7jours (m/s)	14 jours (m/s)	28 jours (m/s)
BAPT	1	4360	4447	4459
	2	4171	4377	4476.5
	3	4031	4315	/
	Moy	4187.3	4379.6	4467.75
BAPDV 01	1	4007	4293	4334
	2	4095	4255	4360
	3	4021	4255	4418
	Moy	4041	4267.6	4370.6
BAPDV 02	1	4366	4293	4192
	2	4176	4389	4327
	3	4168	4266	4366
	Moy	4236.6	4316	4295
BAPDV 03	1	4002	4293	4327
	2	4650	4366	4304
	3	4155	4377	4234
	Moy	4269	4345.3	4288.3

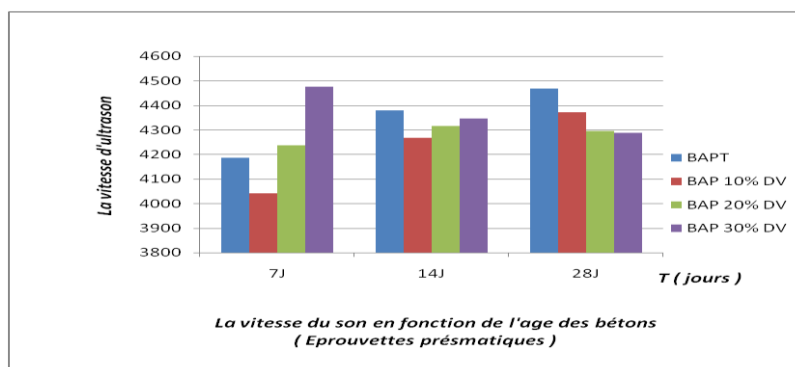


Fig. VI. 1 la vitesse du son en fonction de l'âge des bétons (Eprouvettes prismatiques).

La vitesse du son augmente avec l'âge du béton, le remplacement du sable par de déchets de verre pour les pourcentages (20% et 30%) donne une meilleure vitesse du son à 7j. Et à 14j et 28j le remplacement du sable par de déchets de verre pour tous les pourcentages (10%, 20%, 30%) n'influence pas sur les résultats de la vitesse du son.

V.3.2.3.1L'essai au scléromètre :

Tableaux .V.1. les essais scléromètre (Eprouvettes cubiques) :

Composition	Eprouvettes	L'indice sclérométrique suivant l'âge du béton		
		7jours (m/s)	14 jours (m/s)	28 jours (m/s)
BAPT	1	18.28	30	37.71
	2	13.42	27.5	38
	3	15	29.14	/
	Moy	15.5	28.88	37.85
BAPDV 01	1	29.42	33.42	34.28
	2	30.57	28.57	35.71
	3	31.42	27.71	37.14
	Moy	30.47	29.9	35.71
BAPDV 02	1	19.71	30.85	37.14
	2	18.71	36.28	36.25
	3	18.57	37.42	36.15
	Moy	18.99	34.85	36.51
BAPDV 03	1	18	33.14	35.14
	2	24.57	36.28	34.57
	3	25.71	30.85	33.14
	Moy	22.76	33.42	34.28

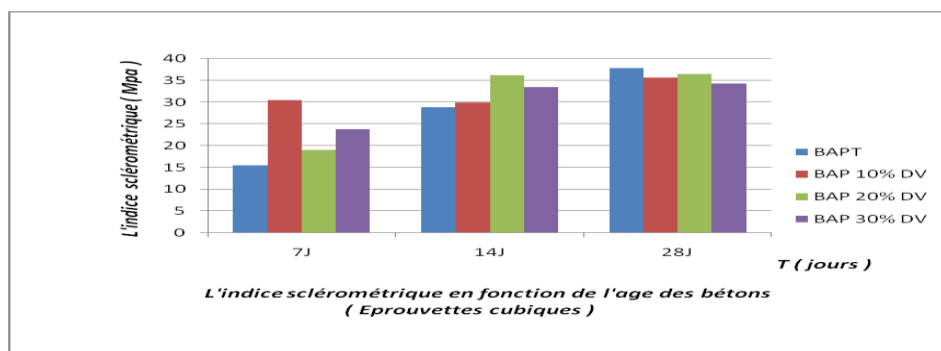


Fig.V. 2 L'indice sclérométrique en fonction de l'âge des bétons .

Tableaux. V. 6 les essais scléromètre (Eprouvettes prismatiques) :

Composition	Eprouvettes	L'indice sclérométrique suivant l'âge du béton		
		7jours (MPa)	14 jours (MPa)	28 jours (MPa)
BAPT	1	19.08	33.42	35.71
	2	17	33.71	35.71
	3	16.28	32.57	/
	Moy	17.45	33.23	35.71
BAPDV 01	1	28.28	30.85	34.28
	2	24.28	30.28	34.28
	3	26.57	28.85	34.57
	Moy	26.37	29.99	34.37
BAPDV 02	1	32.57	29.71	34.28
	2	30.57	33.42	36
	3	30.57	30.57	36.42
	Moy	31.23	31.23	35.56
BAPDV 03	1	27.71	29.14	33.57
	2	28	22.28	33.71
	3	28	30.28	33.85
	Moy	27.90	27.23	33.71

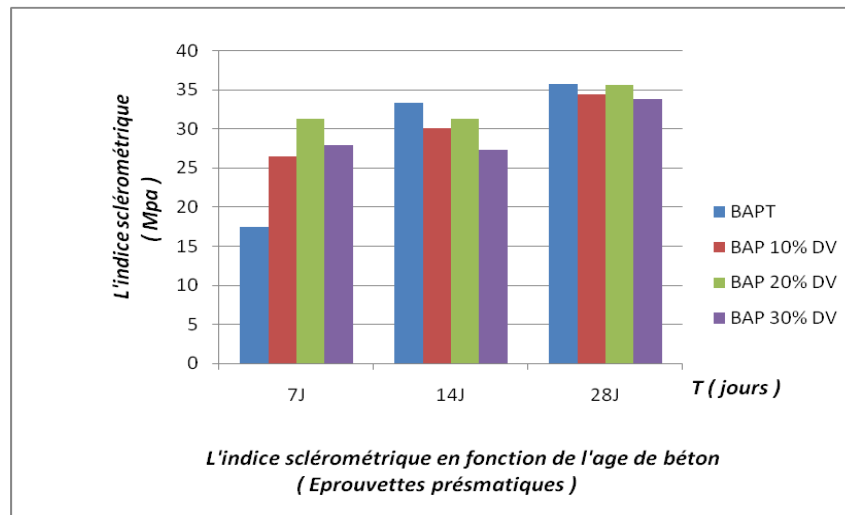


Fig.V. 3 l'indice sclérométrique en fonction de l'âge des bétons (Eprouvettes prismatiques).

L'indice sclérométrique augmente avec l'âge du béton, et le remplacement du sable par déchets de verre n'influence pas sur les résultats d'indice sclérométrique, les résultats sont en accord avec celle de résistance à la compression.

V.4 Conclusion:

Le cinquième chapitre est consacré aux résultats et analyses obtenus lors de cette étude ainsi que les intérêts techniques d'un BAP et BAPDV.

Les résultats confirment l'avantage de l'utilisation de déchets de verre sous forme de grains dans les BAP surtout à l'état frais des BAP étudiés.

CONCLUSION GENERALE

Le béton auto-plaçant revêt une importance cruciale en raison de ses caractéristiques uniques par rapport aux autres types de béton. Pour mieux comprendre ses propriétés, nous approfondissons nos recherches à son sujet afin d'obtenir un béton de meilleure qualité. Après avoir examiné les conséquences de divers déchets, nous avons abordé dans cette étude l'impact des déchets de verre sur ce type de béton, en examinant leur impact sur le béton frais et durci. Afin d'évaluer l'impact des déchets de verre sur ce type de béton, nous présentons ci-dessous les résultats d'un ensemble d'expériences réalisées à l'état frais et à l'état durci :

L'état frais : Les résultats à l'état frais sont résumés comme suit :

- ✓ la valeur d'étalement de BAPDV Un peu plus grand que la valeur d'étalement de BAPT et qu'à chaque fois le taux de remplacement augmente, l'étalement s'élève quelque peu par rapport l'étalement de BAPT.
- ✓ Tous les BAP vérifiés le principe d'essai de la boîte en L. que le taux de remplissage doit en principes être supérieur à 0,8. D'après les essais , On note que tous les BAP sont accord avec le principe d'essai de boîte en L .
- ✓ Tous Les types de béton auto plaçant se caractérisent par des stabilités satisfaisantes, ou l'on note d'après les résultats obtenus que BAP est confinée entre : $0 \leq \pi \leq 15$
- ✓ La masse volumique de BAPDV (tous les bétons avec déchets de verre sont inférieurs à la masse volumique de BAPT. Donc les déchets de verre ont pour effet de diminuer la masse volumique de BAP .

Les résultats des essais des différents BAP à l'état frais en l'occurrence l'essai d'étalement, l'essai de stabilité au tamis, permettent de dire que ses BAP correspondent aux critères des recommandations provisoires.

CONCLUSION GENERALE

L'état durci : Les résultats à l'état durci sont résumés dans :

- ✓ La résistance à la compression augmente avec l'âge du béton. On note que le béton BAPT reste avec la moins résistance à la compression par rapport aux autres bétons pour tous les pourcentages de remplacement, la résistance augmente pour les BAPDV de (10%,20%,30%) par rapport au BAPT, Le BAPDV3 donne la meilleure résistance. Nous concluons qu'en plus de l'avantage de réduire les déchets de verre. Il y a un autre avantage qui est augmenté la résistance.

- ✓ La résistance à la traction par flexion, augmente avec l'âge des BAP et est donnée par le BAPT, pour le BAPDV l'idée que l'on note que le déchet de verre augmente d'une manière nette la résistance à la traction.

- ✓ En raison de l'augmentation de la vitesse du son avec l'âge du béton, le remplacement du sable par des déchets de verre aura un impact sur les résultats de la vitesse du son .

- ✓ Avec l'âge du béton, l'indice sclérométrique augmente, et le remplacement du sable par des déchets de verre aura un impact sur les résultats de l'indice sclérométrique.

- ✓ Les résultats confirment l'avantage de l'utilisation des déchets de verre sous forme de grains dans BAP surtout à l'état frais des différents BAP étudiés .

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [1] Norme NF260_9, Règles complémentaires pour le béton auto-plaçant, 2010.
- [2] Guillaume Camps, Etude des interactions chemo-mécaniques pour la simulation du cycle de vie d'un Elément de Stockage en béton , Thèse Doctorat de l'université de Toulouse soutenue le 10 Septembre 2008.
- [3] ZAIDI & SAADOUNE ,Caractérisation mécanique d'un béton auto plaçant à partir d'un essai indentation , mémoire finale master 02 Université Mohamed El Bachir El IBRAHIMI ,BORDJ BOU ARRERIDJ 2020
- [4] AGGOUNE ABDALLH, Evaluation de la qualité des bétons auto plaçant (BAP) fibré exposés à haute température aux moyens des essais non-destructifs(NDT) et essai direct ,mémoire finale master 02 Université Mohamed Boudiaf _Msila 2015
- [5] M.T. Laugier , NEW formula for indentation in ceramics , J. Mater . sci . letts , 6 p355, 1987
- [6] DHONDE HB , YO MO, TCC HSU, VOGEL J, Fresh and fibre reinforced concrete "ACI Mater j , 104; 491 -500, 2007
- [7] Hanna Fares , Thèse de doctorat en Génie civil <<propriétés mécanique et physico-chimiques de bétons auto plaçant exposée à une température élevée >> Ecole Doctorale
- [8] Nacira , B; 2006. Etude des propriétés rhéologiques et mécanique des bétons autoplaçant
- [9] G. Dreux & J. FestaE: «Nouveau guide du béton de ses constituants». 8ème Édition. Eyrolles. Mai 1998.
- [10] C. JOLICOEUR: «Superplasticizers: Chemistry , mode of action and performance criteria». Béton Canada. Université de Sherbrooke. 1995.
- [11] KELKBIR H., <<Elaboration d'un béton auto-plaçant léger à base des déchets de plastique >>, mémoire de DEUA, Université de Boumerdes , 2011 .
- [12] Turcry P., Thèse de doctorat en Génie Civil, « Retrait et fissuration des bétons auto-plaçant –Influence de la formulation », Ecole Centrale de Nantes, Université de Nantes, le 3 février 2004,
- [13] Baalbek, M. (2000). Influence des interactions du couple ciment/adjuvant dispersant sur les propriétés des bétons: Importance du mode d'introduction
- [14] Djiaïb & Haffaf .L'effet de l'utilisation des résidus (les copeaux métalliques) dans la formulation des bétons auto-plaçant à l'Etat frais et durcis
- [15] T. SHINDOH, Y. MATSUOKA, S. TANGTERMSIRIKUL & J. SAKAMOTO: «Effect of variation of material quality on properties of super workable concrete». Transactions of Japan Concrete Institute. V 14, pp 71-78. 199

Références bibliographiques

- [16] Groupe de travail «BAP»: «Bétons auto-plaçants : Recommandations provisoires». Association Française de Génie Civil. Juillet 2000
- [17] Soufienne, M. O. S. T. E. F. A. I. (2019). *Evaluation de la qualité des bétons auto plaçant (BAP) fibrés aux moyens des Essais Non-Destructifs (END) et essai direct* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
- [18] Association Française de Génie civil << propriétés mécaniques et physico- chimiques de bétons autoplaçants _ Recommandations provisoires , Juillet 2002, page 63
- [19] G. Benkechkache , 2007, Etude du comportement différé du béton autoplaçant, influence de paramètres de composition et de chargement, Thèse de Magister en Génie Civil, option Mécanique des structures, Université Mentouri Constantine, Novembre 2007.
- [20] MezghicheBouzidi, « essais non-destructifs du béton», cours de 3ème année licence, université Mohamed Khaider, Biskra, 2013.
- [21] KHEMISSI R., « Caractérisation et choix d'une filière de traitement des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran » thèse de Magister Université d'Oran, 2014.
- [22] Mehdi C ., «Les déchets de chantier et le recyclage des matériaux dans le secteur du bâtiment» thèse de fin de formation 2007
- [23] Adema P-C «guide de déchet de l'artisanat» 2004.
- [24] CHELABI H , TALEB Z ., « Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre ». Mémoire de master , université de boira 2017
- [25] Mr. CHELABI HAMZA Mr. TALEB ZAHIR Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre. 2016/2017
- [26] MAEL A , XAVIER GH , CHRISTIAN M , DORIS N ., « Lexique à l'usage des acteurs de la gestion des déchets », Collection « Références » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) , Mai 2012 .
- [27] STAMBOULI M ., « Valorisation de débris de verre dans les infrastructures routières : Application au verre industriel, verre ménager et verre mixte », Mémoire de master recherche , 2016 .
- [28] EL HAFIANE S ., Gestion des déchets solides au niveau de la Commune Urbaine d'Agadir et leur impact sur le milieu naturel , mémoire de fin d'étude , Marrakech , mars 2012.
- [29] FERGUENE HABIB . Valorisation des granulats recyclés de déchet des carreaux faïence dans la formulation des bétons auto-plaçants . Mémoire fin d'étude de Master. Boumerdes 2016

Références bibliographiques

- [30] François PERCHE « adsorption des poly carboxylates et de ligno sulfates sur poudre modèle et ciments »Thèse de doctorat.
- [31] SAADANI Sabrina «Comportement des bétons à base de granulats recyclés» thèse de Magister, Université Mentour de Constantine.
- [32] Barkat Abderezzak «Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrage en béton » thèse de Magister Université Kasdi Marbach Ouargla 2006-2007.
- [33] document d'une entreprise canadienne qui travaille en Algérie.
- [34] NF EN 934-2(sept.2002), adjuvant pour béton, mortier et coulis.
- [35] AICHOUCH Amine et BELKBIRE Hocine «Elaboration d'un béton autoplaçant léger à base des déchets de plastique» DEUA Boumerdes 2011.
- [36]https://www.google.com/search?sca_esv=7dad08e1366017e7&sca_upv=1&rlz=1C1GCEA_enDZ1027DZ1027&q=Influence+de+la+qualit%C3%A9+du+superplastifiant+sur+l%27%C3%A9talement+et+la+viscosit%C3%A9+d%27ub+b%C3%A9ton&tbm=isch&source=Inms&prmd=ivsnbmtz&sa=X&ved=2ahUKEwjs7vna37CGAxX21A_IHHeoQB8kQ0pQJegQIEhAB&biw=1024&bih=412&dpr=1#imgrc=X57ACplySuJNBM .
- [37] <https://www.infociments.fr/betons/essais-de-caracterisation-specifiques-au-bap> .
- [38]<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.batiproduits.com%2Fmedias%2F8%2F0%2F4%2F002636408.jpg&tbnid=jA8wHJXOIWcJuM&vet=12ahUKEwjZ-IKc57CGAxXWUaQEHe8pBRYQMyhAegUIARDIAQ..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.batiproduits.com%2Fbatiwiki%2Fcone-d-abrams%2Fdefinition%2F5C2494D8-B6E9-49A8-8F36-6017BA6C067A%2F&docid=UOqVr076WDjShM&w=707&h=176&q=Essai%20d%27%C3%A9talement&ved=2ahUKEwjZ-IKc57CGAxXWUaQEHe8pBRYQMyhAegUIARDIAQ> .
- [39]https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fb%2Fba%2FScI%25C3%25A9rom%25C3%25A8tre_%25C3%25A0_b%25C3%25A9ton_m%25C3%25A9canique.jpg&tbnid=qUfZfv3Qf1Dz0M&vet=12ahUKEwj0tIbn67CGAxWLU6QEHUPLCvoQMygAegQIARBC..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FScI%25C3%25A9rom%25C3%25A8tre&docid=McVfQQT2T-IkkM&w=5376&h=3104&q=essai%20scl%C3%A9rom%C3%A8tre&ved=2ahUKEwj0tIbn67CGAxWLU6QEHUPLCvoQMygAegQIARBC .
- [40] Bouhamou, N., Belas, N., Mesbah, H., Mebrouki, A., & Ammar, Y. (2008). Étude du comportement à l'état frais des bétons autoplaçants à base de matériaux locaux. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(7), 653-662.

Références bibliographiques

[41] Fiche technique du ciment

[42] Fiche technique de MEDAFLOW

[43] Norme NF EN12 350-8 Essai pour béton frais - Partie 8 : béton auto-plaçant - Essai d'étalement au cône d'Abrams, AFNOR, 2010.

[44] Norme NF EN 12 350-10 Essai pour béton frais - Partie 10 : béton auto-plaçant - Essai à la boîte en L, AFNOR, 2010.

[45] Norme NF EN 12350-11 Essai pour béton frais - Partie 11 : béton auto-plaçant - Essai de stabilité au tamis, AFNOR 2010.

[46] Norme NF EN 12504 -4, Essais pour béton dans les structures. Partie 4 : Détermination de la vitesse de propagation du son, AFNOR, 2005.

[47] Norme NF EN 12504 -2, Essais pour béton dans les structures. Partie 2 : Essais non destructifs - Détermination de l'indice de rebondissement, AFNOR, 2003.

[48] Norme NF EN 12390-3 ; Essais pour béton durci - Partie 3 : résistance à la compression des éprouvettes, AFNOR, juin 2019

[49] Norme NF EN 12390-5; Essais pour béton durci - Partie 5 : résistance à la flexion sur éprouvettes, AFNOR, 2012.

[50] Djebri, Noura. L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DU BÉTON IN SITU. Diss. Université Mohamed Khider-Biskra, 2006

[51] ROUINA, Mouad Abd El Djalil. Propriétés rhéologiques des bétons autoplaçants contenant des ajouts minéraux. 2020.

[52] DJEBRI, Noura, RAHMOUNI, Zine El Abidine, DJIAB, Nor Elhouda, *et al.* The Effect of the Use of Residues (Metallic Shavings) in the Formulation of Self-Compacting Concrete in Fresh and Hardened State. In : *Annales de Chimie. Science des Matériaux*. International Information and Engineering Technology Association (IIETA), 2022. p. 301.

[53] DJEBRI, Nora, RAHMOUNI, Zine Elabidine, et BELAGRAA, Larbi. Experimental Investigation on the Effect of Marble powder on the performance of Self-Compacting Concrete (SCC). *Mining Science*, 2017, vol. 24, p. 183-194.

Références bibliographiques



50kg

ماتين
MATINE

ALGÉRIE



Ciment portland au Calcaire NA442 CEM II/B-L 42,5 N

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

Matine
NA442 CEM II/B-L 42,5 N

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

AVANTAGES PRODUIT

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

A member of
LafargeHolcim

NOTICE TECHNIQUE

Version 03

Edition février 2017

2

1

1

9

MEDAFLOW 30

Conforme à la norme NA 774 , NA 5102 et NA 5075

Super plastifiant-haut réducteur d'eau

Description

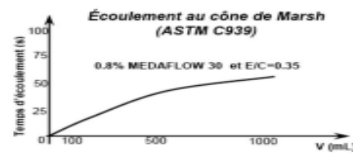
Le MEDAFLOW 30 est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de Polycarboxylates d'Ether qui améliore considérablement les propriétés des bétons. Le MEDAFLOW 30 permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité. En plus de sa fonction principale de super plastifiant, il permet sans modifier la consistance, de réduire fortement la teneur en eau du béton. Le MEDAFLOW 30 ne présente pas d'effet de retard de prise.

Domaines D'application

- Les bétons de préfabrication.
- Les bétons prêts à l'emploi.
- Les bétons lourds et légers.
- Les bétons d'ouvrages d'art.
- Les bétons de dallages industriels.
- Les bétons de bâtiment.
- Les bétons précontraints.
- Les bétons pompés.
- Les bétons pour fondations profondes.
- Les bétons pour ouvrages fortement ferrallés.
- Les bétons soumis à des milieux agressifs.
- Les BHP, BTHP, BUHP et BFUP
- Les bétons autonivelants - bétons autoplaçants.
- Les bétons architectoniques.

Propriétés

- Grâce à ses propriétés le MEDAFLOW 30 permet :
- Sur béton frais :
- Obtention d'un rapport E/C très faible
 - Amélioration considérable de la fluidité
 - Une très bonne maniabilité
 - Éviter la ségrégation
 - Faciliter la mise en œuvre du béton



Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques à jeune âge et à long terme (voir tableau).
- Diminuer la porosité
- Augmenter la durabilité
- Diminuer le retrait et le risque de fissuration

Designation	Rc (MPa)		
	3J	7J	28J
MEDAFLOW 30 (1.4%)	39.2	54.7	62.2

Caractéristique

- Aspect Liquide
- Couleur Brun clair
- pH 6 – 6,5
- Densité 1,07 ± 0,01
- Teneur en chlore < 0,1 g/l
- Extrait sec 30%

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandée de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.



Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger
Tél : (213) 021 51 66 81 & 82
Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23
www.granitex.dz - E-mail: granitex@granitex.dz

