

People's Democratic Republic of Algeria  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
Mohamed Boudiaf University of M'sila  
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة المسيلة  
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Civil

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

**MASTER**

En Génie civil

**Option : Matériaux**

Présenté par :

**BENYOUNES Hadjira & AZI Souheyla**

**Thème**

**L'EFFET DE L'UTILISATION DES RESIDUS (LES GRANULES  
PLASTIQUES) DANS LA FORMULATION DES BETONS  
AUTOPLAÇANTS A L'ETAT FRAIS ET DURCIS**

Devant le jury composé de :

TEBBAL Nadia	MCA	Président
DJEBRI Noura	MCB	Encadreur
RAHMOUNI Zine El Abidine	Professeur	Co-Encadreur
BELOUADAH Messaouda	MCA	Examineur

*Année Universitaire : 2021 / 2022*



# إهداء

الشكر لله ربي الرحيم هو رجائي عز  
وجل تونس فؤاد هو المستعان تثليج  
صدري تكبح غيضي وتقيض دمعي  
بتوفيقي لانجاز هذا العمل اهديه

إلى من احمل اسمه بكل افتخار إلى من كلله الله  
بالهبة والوقار ارجوا من الله يرحمك ويجعلك  
من اهل الجنة

**مسعود\_والدي العزيز\_رحمه الله**

إلى سندي في هذه الحياة إلى معنى التضحية إلى  
من كان دعاءها سر نجاحي وحنانها بلسم  
جراحي و وصولي إلى هنا كان بفضلها

**بن لطرش خيرة\_أمي غاليتي**

إلى أبي الثاني إلى من علمني العطاء بدون  
انتظار إلى اعز الناس على قلبي الى من  
عوضني حنان الأب

**محمد\_جدي الحبيب**

إلى من كان عوناً لي ومساعداً لي إلى من  
قاسموني حلو الحياة ومرها

**\_ كنزه\_ فاطمة\_ مروة\_إخوتي حفظهم الله  
محمد**

**إلى زوجي العزيز نور الدين لصقع**

الى وسام اتجمل به , و اهتمامك الحنان يعادل  
نصرة الدنيا فأنت نعمة الله شكر الالهة على  
دعمكم

إلى كل من كتبهم القدر في سجل حياتي نجوم  
انتم في كبدي سماي , وذكراكم يهتف لهم الفؤاد

كنتم منديل جميل يحمل عنوان ودليل صديقاتي

والى توأم روحي عزي سهيلة



# إهداء

هو **الرحمان**, أراح قلبي, توج روعي, بالصبر والإيمان. هو **الله المستعان ربي** انار دربي يسر أمري , بعضيم لعطايا كللني.

الحمد لله كثير الفضل, جميل الكرم جميل نعم. بتوفيقني لإتمام هذا العمل المتواضع.

اهدي ثمرة جهدي إلى الذي سكن الفؤاد منذ الأزل وراحت طياته تشق قلبي عبر السنون سر وجودي وبك اقتدي فأنت المثل حفصه الله ومده بالصحة والعافية .

**أبي عزي سعيد**

الى رحيق زهرتي مامر ذكرها إلا وابتسمت له كأنه العيد والباقون أيام, نبع الحنان ماحام طيفك إلا اتبعته كأنني العاشق الولهان

**أمي ميرة نصيرة**

غاليتي.

الى من مدني بالقوة من علمني صنيع الحياة ماستي لطلوى **خالتي وردة** خلوتي الجميلة **عمتي فاطمة وإخوتي وأخواتي حليلة - أمينة عادل - مدللي سالم - محمد - حمزة وأخراهم كتكوتتي منولة** حفصهم الله.

إلى زوجي هاجسي أم حقيقة أنت وجلاسو أهام , ياهدية الرحمان أهذي بها في يقضه ولمنام **محمد بلاعدة** واشكر أهله صغيرهم وكبيرهم على دعم حفصهم الله

إلى كل من جمعهم القدر بي وجملتنا الحياة بأحلى الذكريات هي مذكرتي وتوأم روعي وبلسم جراحي صديقتي

**بن يونس هجيرة**

الى كل صديقات ولاصدقاء والاهل والاقارب

بقلم : سهيلة





## Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu, le Tout Puissant, de nous avoir donné la volonté et le courage afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail. Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur, «**Dr. DJEBRI NOURA** », et notre Co-Encadreur «**Pr. RAHMOUNI- Zin El Abidine** » pour avoir proposé ce thème, et lui exprime notre gratitude, pour la disponibilité et la patience dont il a fait preuve et dont les précieux conseils et les remarques pertinentes et pour son suivi continué tout le long de la réalisation de ce mémoire dans les meilleures conditions. Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements au : **Dr, Saudi Fatiha** pour nous avoir reçus dans son bureau: **Dr, Wahiba**, le responsable du laboratoire, pour son aide et ses conseils. En fin, Nous exprimons notre profonde gratitude à nos parents, frères, sœurs et à toute la famille pour leurs encouragements et leurs prières, à nos amis et à nos enseignants et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la fin et au développement de ce travail. Merci à tous.

## Table de Matières

Résumé	_____
INTRODUCTION GÉNÉRALE	_____ 15

## CHAPITRE I ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Revue générale sur le béton auto plaçant	_____ 17
I.1: Introduction:	_____ 18
I.2. Domaine d'utilisation des BAP :	_____ 18
I.3. Les avantages des bétons autoplaçant:	_____ 18
I.3.1. Avantages techniques :	_____ 18
Facilité et rapidité la mise en œuvre du béton.	_____ 18
I.3.2. Avantages économiques :	_____ 19
I.3.3. Avantages écologiques :	_____ 19
I.4 .Les principaux constituants des BAP:	_____ 19
I .4.1 Matériaux de base:	_____ 20
a) Le ciment:	_____ 20
b) Les granulats :	_____ 20
c) L'eau de gâchage :	_____ 20
I.4.2. Les additions minérales :	_____ 21
I.4.3. Adjuvants chimiques :	_____ 21
a) Les super-plastifiants :	_____ 21
I.5. Influence des paramètres de formulation sur les propriétés à l'état frais :	_____ 22
I.5.1. Rôle des adjuvants :	_____ 22
I.5.2. Volume de pâte élève :	_____ 24
I.5.3. Volume de gravillons :	_____ 24
I .6. Propriétés des BAP à l'état frais :	_____ 25
I.7 .Caractérisation des BAP à l'état frais :	_____ 26
I.7 .1 Essai d'étalement :	_____ 26
I.7.2. Essai de boîte en L (L-Box):	_____ 27
I.7.3. Essai d'entonnoir (V-Funnel):	_____ 27
I.7.4. Essai de la boîte en U (U-Box ) :	_____ 28
I.7.5. Essai de stabilité au tamis	_____ 29
I.7.6. Essai d'étalement modifié (J-Ring):	_____ 30
I .7.7. Essai de ressuage	_____ 31
I .7.8. Essai à la colonne :	_____ 32

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

I.8. Propriétés de BAP à l'état durci:	32
I.8.1. Essai de compression:	32
I.8.2. Essai de traction par flexion:	33
I.9. FORMULATION DES BAP:	34
I.9.1. Méthode japonaise :	34
I.9.2. L'approche suédoise :	35
I.9.3. Méthode Française :	35
I.10. Conclusion :	36

## CHAPITRE II VALORISATION DES DÉCHETS 37

II.1. INTRODECTION	38
II.2. Recyclage des déchets:	38
II.3. Origine de la production des déchets:	41
II.3.1. Déchets qui nécessiteront une gestion spécifique :	41
II.4. Différents types de déchets	41
II.4.1. Déchets ultimes:	41
II.4.2. Déchets inertes:	41
II.4.3. Les déchets ménagers et assimilés:	42
II.4.4. Les déchets industriels:	43
II.4.5. Déchets verts:	43
II.4.6. Déchets organiques:	43
II.4.7. Déchets dangereux:	43
II.4.8. Déchets non dangereux:	44
II.4.9. Déchets industriels spéciaux (DIS):	44
II.4.10. Déchets industriels banals (DIB):	44
II.5. Technique de recyclage :	44
II.5.1. Procédés du recyclage :	44
II.5.2. La chaîne du recyclage :	45
II.6. La gestion des déchets :	45
II.6.1. Principe de gestion des déchets :	46
II.7. Domaines d'applications des matières plastiques:	46
II.7.1. Généralités sur la matière plastique :	46

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

II .7.2.Recyclage des plastiques techniques: _____	47
<b>II.8.DECHETS UTILISES COMME ADDITIONS OU GRANULATS DU BETON: _____</b>	<b>48</b>
<b>II.8.1. Laitiers : _____</b>	<b>48</b>
II.8.1.1. Laitiers d'acier : _____	48
II.8.1.2. Autres laitiers métallurgiques : _____	48
II.8.1.3. Béton récupéré : _____	49
II.8.1.4. Argile cuite : _____	50
II.8.1.5. Sciure de bois : _____	50
II.8.1.6. Les carrelages : _____	51
II.8.1.7. La céramique : _____	52
II.8.1.8. La brique : _____	52
II.8.1.9. Déchets de plastique: _____	52
<b>II .9.Conclusion: _____</b>	<b>53</b>

## CHAPITRE III Partie expérimentale Caractéristiques des matériaux utilisés et composition du béton

<b>III.1. INTRODUCTION _____</b>	<b>55</b>
<b>III.2.Caractéristiques des matériaux utilisés et composition du BAPCP: _____</b>	<b>55</b>
<b>III.2.1. Le gravier _____</b>	<b>55</b>
III.2.1.1. Analyse granulométrique : _____	55
III.2.1.2. Caractéristiques physiques du gravier : _____	58
<b>III.2.2. Le sable: _____</b>	<b>62</b>
III.2.2.1. Analyse granulométrique : _____	62
III.2.2.2. Caractéristiques physiques du sable: _____	63
<b>III.2.3. Le ciment: _____</b>	<b>71</b>
<b>III.2.4. L'adjuvant: _____</b>	<b>73</b>
<b>III.2.5. Le filler (marbre): _____</b>	<b>74</b>
<b>III.2.6. L'eau de gâchage: _____</b>	<b>74</b>
<b>III.2.7. Les Grains Plastiques : _____</b>	<b>75</b>
<b>CHAPITRE IV _____</b>	<b>76</b>
<b>TECHNIQUES EXPERIMENTALES DES BETON AUTOPLACANT _____</b>	<b>76</b>
<b>IV.1. INTRODUCTION: _____</b>	<b>57</b>
<b>IV.2. FORMULATION DU BETON AUTOPLACANT : _____</b>	<b>77</b>
<b>IV.2.1. Formulation du béton auto plaçant : _____</b>	<b>77</b>
<b>IV.2.2. Les constituants présents dans le mélange : _____</b>	<b>77</b>
<b>IV.2.3. Stockage des échantillons : _____</b>	<b>79</b>
<b>IV.2.4. LES GRANULES PLASTIQUES: _____</b>	<b>80</b>

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

IV.2.5. Les compositions des différents bétons :	80
IV.3. Essais de caractérisation du béton auto plaçant à l'état frais :	81
IV.3.1. Détermination de la consistance au cône d'Abram's :	81
IV.3.2. Essai de la boîte en « L » NF EN 12 350-10 :	82
IV.3.3. Détermination de la résistance à la ségrégation par l'évaluation de la stabilité au tamis :	83
IV.4. Essais de caractérisation du béton autoplaçant à l'état durci :	84
IV.4.1. Essai compression NF EN206-1 :	84
IV.4.2. Essai au scléromètre :	85
IV.4.3. Essai de traction par flexion :	87
IV.4.4. Essai d'auscultation dynamique :	89
CHAPITRE V	91
Résultats et Discussions	91
V.1. Introduction :	92
V.2. Résultats des essais à l'état frais :	92
V.2.1. Essai d'étalement au cône d'Abram's :	93
V.2.2. Essai de stabilité au tamis :	94
V.2.3. Essai de la boîte en L :	94
V.2.4. La masse volumique :	95
V.3. Résultats des essais à l'état durci:	96
V. 3.1. Les essais destructifs (ED) :	96
V.3.1.1. La résistance à la compression :	96
V.3.1.2. La résistance à la traction par flexion :	98
V.3.2. Les essais non destructifs (END) :	100
V.3.2.1. L'essai à l'ultrason:	100
V.3.2.2. L'essai au scléromètre :	103
V.4. Conclusion	106

## CONCLUSION GÉNÉRALE 107

## RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE 110

## Liste des figures

FIG. I. 1 ASPECT A L'ETAT FRAIS D'UN BO PLASTIQUE ET D'UN BAP	19
FIG. I. 2 PATE DE CIMENT NON ADJUVANTES - PATE DE CIMENT D'UN SUPERPLASTIFIANT	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
FIG. I. 3 ACTION DES SUPER-PLASTIFIANTS- DEFLOCCULATION DES GRAINS DE CIMENT.	23
FIG. I. 4 INFLUENCE DE LA QUALITE DU SUPER-PLASTIFIANT SUR L'ETALEMENT ET LA VISCOSITE D'UN BETON.	23
FIG. I. 5 DISPERSION DES GRANULATS PAR EXCES DE PATE.	24
FIG. I. 6 PHENOMENE DE BLOCAGE DES GRAVILLONS AU DROIT D'UN OBSTACLE.	25
FIG. I. 7 ESSAI D'ETALEMENT AU CONE D'ABRAMS (SLUMP FLOW)	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
FIG. I. 8 ESSAI A LA BOITE EN L	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
FIG. I. 9 ESSAI DE L'ENTONNOIR	28
FIG. I. 10 ESSAI DE LA BOITE EN U.	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
FIG. I. 11 ESSAI DE STABILITE AU TAMIS.	30
FIG. I. 12 DISPOSITIF DE L'ESSAI D'ETALEMENT MODIFIE (J-RING)	31
FIG. I. 13 ESSAI DE RESSUAGE	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
FIG. I. 14 ESSAI DE STABILITE A LA COLONNE.	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
FIG. I. 15 ÉQUATION 1 MESURE DE LA RESISTANCE A LA COMPRESSION	33
FIG. I. 16 ÉQUATION 2 MESURE DE LA RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION.	34
FIG. II. 1 ÉQUATION STRATEGIES DE TRAITEMENT DES DECHETS.	40
FIG. II. 2 ÉQUATION 4 VALORISATION DES DECHETS.	40
FIG. II. 3 ÉQUATION 5 DECHETS ULTIMES	41
FIG. II. 4 ÉQUATION 6 DECHETS INERTES.	42
FIG. II. 5 ÉQUATION 7 LES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES.	42
FIG. II. 6 ÉQUATION 8 DECHETS VERTS	43
FIG. II. 7 ÉQUATION 9 GRANULES DE PLASTIQUE	48
FIG. II. 8 ÉQUATION 10 BETON RECUPERE.	50
FIG. II. 9 ÉQUATION 11 ARGILE CUITE	50
FIG. II. 10 ÉQUATION 12 SCIURE DE BOIS	51
FIG. II. 11 ÉQUATION 13 LES CARRELAGES	51
FIG. II. 12 ÉQUATION 14 DECHETS LA CERAMIQUE	52
FIG. II. 13 ÉQUATION 15 BRIQUE.	52
FIG. II. 14 ÉQUATION 16 DECHETS DE PLASTIQUE.	53
FIG. III. 1 ÉQUATION 17 MATERIELS UTILISE POUR L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE	56
FIG. III. 2 ÉQUATION 18 APPAREIL DE L'ESSAI LOS ANGELES.	60
FIG. III. 3 3 COURBES GRANULOMETRIQUES DES GRANULATS.	63
FIG. III. 4 ÉQUATION 19 ESSAI LA MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE	64
FIG. III. 5 ÉQUATION 20 ESSAI LA MASSE VOLUMIQUE APPARENTE	65
FIG. III. 6 ÉQUATION 21 ESSAI EQUIVALENT DE SABLE VISUEL EXECUTE AU LABORATOIRE	67
FIG. III. 7 ÉQUATION 22 ESSAI EQUIVALENT DE SABLE PISTO EXECUTES AU LABORATOIRE	68
FIG. III. 8 ÉQUATION 23 ESSAIS D'EQUIVALENT DE SABLE	69
FIG. III. 9 ÉQUATION 24 CIMENT PORTLAND NA 442 - CEM I 42,5 N-SR 3	72
FIG. III. 10 ÉQUATION 25 LES GRANULES PLASTIQUES	75

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

FIG. IV. 1 ÉQUATION 26 UN RECIPIENT D'ECHANTILLONS D'EAU	80
FIG. IV. 2 ÉQUATION 27 LES GRANULES DE PLASTIQUE	80
FIG. IV. 3 ÉQUATION 28 EXEMPLE D'ETALEMENT D'UN BAP	82
FIG. IV. 4 ÉQUATION 29 EXEMPLE A LA BOITE EN L	83
FIG. IV. 5 ÉQUATION 30 EXEMPLE DE STABILITE AU TAMIS	84
FIG. IV. 6 ÉQUATION 31 EXEMPLE DE L'ESSAI DE COMPRESSION	85
FIG. IV. 7 ÉQUATION 32 L'APPAREIL DE L'ESSAI DE AU SCLEROMETRE	86
FIG. IV. 8 ÉQUATION 33 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN SCLEROMETRE.	86
FIG. IV. 9 ÉQUATION 34 L'APPAREIL DE L'ESSAI DE TRACTION PAR FLEXION	88
FIG. IV. 10 ÉQUATION 35 FORMULE DE CALCUL DE LA RESISTANCE DE TRACTION.	88
FIG. IV. 11 ÉQUATION 36 APPAREIL D'AUSCULTATION SONIQUE.	89
FIG. V. 1 L'ETALEMENT EN FONCTION DE TYPE DE BETON	93
FIG. V. 2 L'INDICE DE SEGREGATION EN FONCTION DE TYPE DE BETON	94
FIG. V. 3 LE TAUX DE REMPLISSAGE EN FONCTION DE TYPE DE BETON	95
FIG. V. 4 LA MASSE VOLUMIQUE EN FONCTION DE TYPE DE BETON	95
FIG. V. 5 LA RESISTANCE A LA COMPRESSION EN FONCTION DE L'AGE DES BETONS	98
FIG. V. 6 LA RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION EN FONCTION DE L'AGE DES BETONS	100
FIG. V. 7 LA VITESSE EN FONCTION DE L'AGE DES BETONS	102
FIG. V. 8 L'INDICE SCLEROMETRIQUE EN FONCTION DE L'AGE DES BETONS.	104
FIG. V. 9 9 L'INDICE SCLEROMETRIQUE EN FONCTION DE L'AGE DES BETONS.	106

### Liste Des Tableaux

TABLEAU III. 1 ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU GRAVIER 3/8	57
TABLEAU III. 2 ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU GRAVIER 8/16	58
TABLEAU III. 3 LA MASSE VOLUMIQUE APPARENTE DU GRAVIER	59
TABLEAU III. 4 LA MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE DU GRAVIER	60
TABLEAU III. 5 CARACTERISTIQUES MECANIQUES DU GRAVIER	61
TABLEAU III. 6 CLASSIFICATION DU GRAVIER EN FONCTION DU COEFFICIENT DE LOS ANGELES	61
TABLEAU III. 7 ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU SABLE	62
TABLEAU III. 8 LA MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE DU SABLE	64
TABLEAU III. 9 LA MASSE VOLUMIQUE APPARENTE A L'ETAT LACHE	65
TABLEAU III. 10 LA MASSE VOLUMIQUE APPARENTE A L'ETAT COMPACT	66
TABLEAU III. 11 POROSITE, COMPACITE ET INDICE DES VIDES	66
TABLEAU III. 12 CLASSIFICATION DE LA NATURE DU SABLE EN FONCTION DE L'E.S	69
TABLEAU III. 13 EQUIVALENT DE SABLE	70
TABLEAU III. 14 LA TENEUR EN EAU DU SABLE	71
TABLEAU III. 15 LE DEGRE D'ABSORPTION D'EAU DU SABLE	71
TABLEAU III. 16 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU MARBRE	74
TABLEAU III. 17 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU MARBRE	74
TABLEAU III. 18 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE L'EAU DE GACHAGE	75
TABLEAU IV. 1 LA COMPOSITION DES MATERIAUX POUR 1M3 DE BETON	79
TABLAUX. V. 1 RESULTATS D'ESSAIS SUR LES BETONS FRAIS	93
TABLAUX. V. 2 RESISTANCE A LA COMPRESSION	97
TABLAUX. V. 3 RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION	99
TABLAUX. V. 4 LES ESSAIS A L'ULTRASON POUR EPROUVETTES CUBIQUES	101
TABLAUX. V. 5 LES ESSAIS AU SCLEROMETRE	103
TABLAUX. V. 6 LES ESSAIS AU SCLEROMETRE	105

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

### Résumé

Les bétons autoplaçants (BAP) ont apporté un aperçu prometteur de l'industrie du béton afin de générer un impact environnemental et de réduire les coûts.

Une étude expérimentale pour étudier les propriétés des BAP contenant des granulés plastiques comme substitue du sable, commence par l'optimisation des mélanges pour obtenir un dosage de substitution optimal du mélange de béton avec l'étude des propriétés des BAP à l'état frais : l'écoulement, boîte en L et la stabilité au tamis et les propriétés à l'état durci des bétons : la résistance à la compression, à la traction, la vitesse d'impulsion ultrasonique et l'indice sclérométrique. Le déchet plastique sous forme de grains, incorporé comme substitue du sable à trois (03) pourcentages 10, 20 et 30 % dans les mélanges des BAP élaborées, ce qui permet d'évaluer l'effet des granulés plastiques sur les caractéristiques des BAP à l'état frais et durcis et de valoriser les déchets plastiques, d'après les résultats obtenus à partir cette étude expérimentale on peut dire que les déchets plastiques peuvent être jetés dans des pourcentages de substitution du sable ne dépassant pas 20% à l'intérieur du béton autoplaçant BAP sans affecter ses propriétés à l'état frais ou durci.

**Mots clés :** Béton autoplaçant, Déchets, Valorisation, grains plastiques.

### Abstract

Self-Compacting Concretes (SCCs) have brought promising insight into the concrete industry to generate environmental impact and reduce costs. An experimental study to study the properties of SCC containing plastic granules as a substitute for sand, begins with the optimization of the mixtures to obtain an optimal substitution dosage of the concrete mix with the study of the properties of SCC in the fresh state: flow, L-box and sieve stability and properties in the hardened state of concretes: compressive strength, tensile strength, ultrasonic pulse velocity and sclerometric index. The plastic waste in the form of grains, incorporated as a substitute for sand at three (03) percentages 10, 20 and 30% in the mixtures of SCCs produced, which makes it possible to evaluate the effect of plastic granules on the characteristics of SCCs at the fresh and hardened state and to valorize the plastic waste, according to the results obtained from this experimental study it can be said that the plastic waste can be thrown into sand substitution percentages not exceeding 20% inside SCC self-consolidating concrete without affecting its properties in fresh or hardened state.

**Keywords:** Self-compacting concrete, Waste, Recovery, plastic granules.

### ملخص

أعطت الخرسانة ذاتية الدك (SCC) نظرة ثاقبة واعدة في صناعة الخرسانة لإحداث تأثير بيئي وخفض التكاليف. دراسة تجريبية لدراسة خصائص SCC المحتوية على حبيبات بلاستيكية كبديل للرمل ، تبدأ بتحسين المخاليط للحصول على جرعة الاستبدال المثلى للخلطة الخرسانية مع دراسة خصائص SCC في الحالة الطازجة: التدفق ، ثبات الصندوق على شكل L وخصائص الغريال و في الحالة الصلبة للخرسانة: قوة الضغط وقوة الشد وسرعة النبض بالموجات فوق الصوتية ومؤشر قياس التصلب. النفايات البلاستيكية على شكل حبيبات ، مدمجة كبديل للرمل بثلاث (03) نسب مئوية 10 ، 20 و 30% في مخاليط الخرسانة المحضرة، مما يجعل من

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

الممكن تقييم تأثير الحبيبات البلاستيكية على خصائص الخرسانة ذاتية الدك في الحالة الطازجة والمتصلبة ولتتمين النفايات البلاستيكية ، وفقاً للنائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة التجريبية يمكن القول أن النفايات البلاستيكية يمكن رميها بنسب بديلة للرمل لا تزيد عن 20٪ داخل الخرسانة الذاتية الدك دون التأثير خصائصه في حالة طازجة أو صلبة.

**الكلمات المفتاحية:** الخرسانة ذاتية الدك ، النفايات ، الاستعادة ، حبيبات بلاستيكية.

# INTRDUCTION GÉNÉRALE

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le monde de la construction actuellement, de nouvelles innovations sont mises en place, afin de répondre aux exigences de mise en œuvre de nouveaux grands travaux en termes de durabilité prescrite, dans les cahiers des charges des entreprises de construction. Surtout couler du béton sous différentes formes avec un renforcement dense et parfois dans des sections très étroites et complexes.

Le béton auto plaçant est l'un des types de coulée les plus importants. Il s'agit d'un béton homogène, stable et très fluide, et il est mis en œuvre sans vibration.

Le béton auto plaçant est capable de s'écouler sous leur propre poids, tout en conférant à l'ouvrage une qualité au moins équivalente au béton classique qui fonctionne par vibration comme le béton ordinaire. Le béton est qualifié d'auto plaçant lorsque le matériau final répond à certaines exigences à l'état frais et à l'état durci, sa composition doit donc contenir au moins un additif chimique et minéral auxiliaire pour répondre aux conditions d'ouvrabilité et de stabilité.

Le béton auto plaçant présente de nombreux avantages, notamment :

✓ **Avantages économiques:**

Il ne nécessite pas plus de temps pour couler le béton et sans système de vibration, ce qui réduit les nuisances sonores \_ Réduction du coût de la main-d'œuvre et des autres coûts à propos du site.

✓ **Avantages techniques :**

Rapidité et facilité de mise en œuvre Il peut également être coulé dans divers environnements hautement corrosifs et des formes complexes peuvent être fabriquées.

✓ **Avantages' environnementaux:**

Se débarrasser des plus gros déchets, notamment des matériaux de construction, grâce à son recyclage utile (Restaurer tout ce qui est une charge pour l'environnement et l'homme, y compris les industries, les carrières et les usines de concassage). Réduction et proportion tolérable des gaz toxiques émis par l'industrie du ciment, qui représentent un grand danger. L'utilisation de déchets recyclés dans le béton présente de nombreux avantages en termes d'importance environnementale, humaine, technologique et économique d'importance industrielle et en pleine croissance.

Les déchets plastiques constituent une autre menace pour la santé humaine et tous les écosystèmes. Des stratégies sont mises en œuvre et un recyclage efficace des déchets plastiques est essentiel pour réduire son impact sur l'environnement, ainsi que sur la sécurité et la santé cible à travers ce travail est

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

de discuter de l'efficacité de remplacer les déchets de granulés plastiques à la place du sable dans des proportions variables. Son effet sur le béton autoplaçant à l'état frais et à l'état durci.

Cette thèse est composée de cinq chapitres, qui sont les suivants :

**Le premier chapitre** présente une généralité sur le béton autoplaçant, les constituants du BAP (Le ciment, Les granulats, les fillers, L'eau de gâchage, Les adjuvants, Les super-plastifiants), et caractérisation d'un béton auto plaçant (caractérisation du béton à l'état frais à l'état durci), Modes de formulation des BAP.

**Le deuxième chapitre** est consacré à la valorisation et au recyclage des déchets ainsi qu'aux différents types de déchets et les différents déchets utilisés en génie civil.

**Le troisième chapitre** est consacré aux caractéristiques des matériaux utilisés et composition du béton.

**Le quatrième chapitre** présenté Techniques expérimentales. Et les formulations des différents bétons d'étude (Essais sur Bétons frais. Essais sur Bétons durci).

**Le cinquième chapitre** présente Résultats et discussions, résume les essais et les résultats des expériences réalisées durant notre étude et l'analysées.

**Conclusion générale** : présente les principales conclusions tirées à partir des résultats obtenus lors de notre recherche expérimentale.

# **CHAPITRE I**

## **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

**Revue générale sur le béton  
auto plaçant**

## **I.1: Introduction:**

Les bétons autobloquants (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 [1].

Le béton est un matériau fabriqué à partir de granulats, de ciment, d'eau et des adjuvants pour modifier ses propriétés.

C'est le matériau de construction le plus utilisé au monde, que ce soit en bâtiment ou en travaux publique.

Pour améliorer sa résistance et sa maniabilité des chercheurs de l'université de Tokyo dans les années 1980 ont mis au point des bétons fluides qui peuvent être mis en place sans vibration. Il s'agit des bétons auto plaçant (BAP) utilisés pour les coulages d'éléments verticaux (poteaux, voile) et des bétons autonivelants (BAN) destinés aux éléments horizontaux (dalles de compression, dallages).

## **I.2. Domaine d'utilisation des BAP :**

Les BAP sont utilisables sur tous les types de chantier, de bâtiments ou de génie civil bien et pour la réalisation de nombreux produits préfabriqués en béton.

La plupart des ouvrages peuvent être réalisés en BAP (voiles, poteaux, piles, poutres, planchers, dalles, dallages, fondations, etc.).

Les BAP sont particulièrement adaptés à la réalisation de structures pour lesquelles la mise en œuvre d'un béton classique est délicate, c'est-à-dire, présentant des :

- Densités de ferrailage importantes.
- Formes et géométries complexes : voiles, courbes.
- Voiles minces et de grande hauteur : piles de ponts.
- Voiles complexes avec de nombreuses réservations ou de grandes ouvertures [2].

## **I.3. Les avantages des bétons autoplaçant:**

Les BAP entraînent de nombreux avantages, on cite :

### **I.3.1. Avantages techniques :**

**Facilité et rapidité la mise en œuvre du béton.**

- ✓ Réalisation d'éléments de forme complexe.
- ✓ Bétonnage en milieux fortement ferrailés.

### I.3.2. Avantages économiques:

- ✓ Réduction du cout de main d'œuvre et du temps de bétonnage
- ✓ Absence de systèmes de vibration réduisant ainsi les couts et les nuisances sonores dans et au voisinage du chantier.

### I.3.3. Avantages écologiques :

- ✓ Valorisation des déchets de construction (récupération de ces déchets au niveau des chantiers, industries, carrières, stations de concassage).
- ✓ Diminution de la quantité de CO<sub>2</sub> émise par l'industrie cimentaire (due à la réduction de la quantité de ciment nécessaire au BAP).

## I.4 .Les 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.

Étant donné le mode de mise en place des BAP, il convient de porter une attention particulière au type de liant ainsi qu'à la granulométrie des gravillons si l'on désire obtenir de meilleures qualités de béton.

Généralement, on peut diviser 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. (**Figure. I.1**)

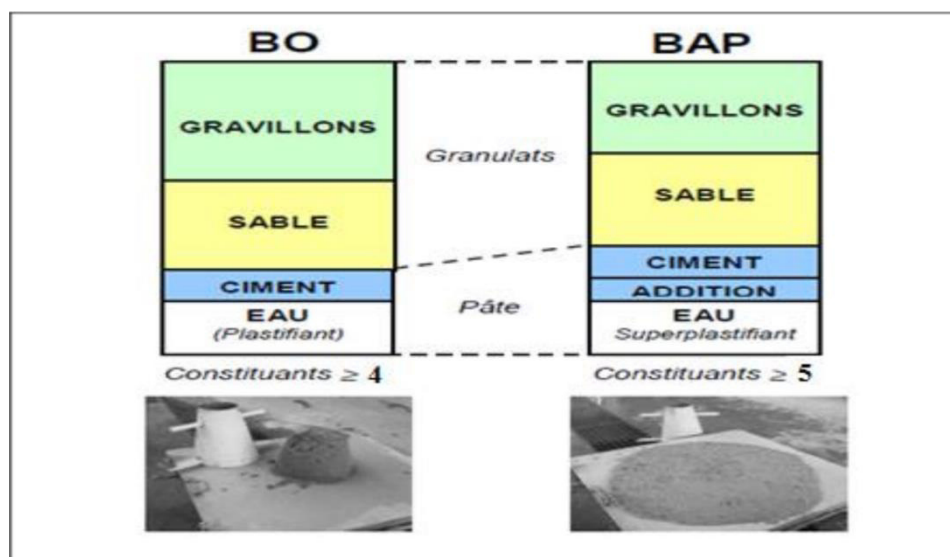


Fig. I. 1Aspect à l'état frais d'un BO plastique et d'un BAP[3.]

### I .4.1 Matériaux de base:

Les granulats, le ciment et l'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.

#### a) Le 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 [4].

#### b) Les granulats :

Le choix des granulats pour les BAP est très important. Il s'agit en fait 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 ( $\Phi \leq 5 \text{ mm}$ ).

Dans le cas des BAP, les gravillons sont essentiellement caractérisés par leur Dimension maximale, cette dimension étant principalement limitée à 20 mm 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 ( $\Phi 0.125 \text{ mm}$ ), dans la plage de 4 à 8 %. Ainsi, ses grains passants au tamis de 2 mm doivent être compris entre 38 et 42 % Cette optimisation de sable permet d'améliorer le comportement rhéologique des BAP, mais Elle entraîne un surcoût supplémentaire [5].

#### c) L'eau de gâchage :

L'eau de gâchage doit être propre et ne doit pas contenir de matière en suspension au-delà des tolérances réglementaires suivantes :

- 2 g/l pour les bétons à haute résistance.
- 5 g/l pour les bétons à faibles résistances.

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

- 15 g/l pour les bétons à haute résistance ;

- 30 g/l pour les bétons à faibles résistances

La pâte doit assurer une mobilité suffisante mais doit aussi inhiber tout risque de Ségrégation et de ressuage. Un BAP sera dès lors composé d'une quantité de fines élevée et d'une quantité d'eau relativement faible (eau/ciment rarement supérieur à 0,55 voire 0,50). La fluidité souhaitée sera obtenue par l'utilisation de super plastifiants [6].

#### **I.4.2. Les additions minérales :**

Depuis l'Antiquité, la pouzzolane minérale est utilisée dans l'industrie du mortier et du béton, car elle désigne un grand nombre d'additifs minéraux d'origines diverses et variées, malgré leur diversité et leurs différences, mais ils sont bons et interagissent en présence d'eau. et citron vert.

Nous présentons ci-dessous les différentes additions minérales éventuelles qu'on peut incorporer dans les compositions des BAP :

- a. Les fillers calcaires
- b. Les pouzzolanes naturelles
- c. Le laitier de haut fourneau
- d. La fumée de silice
- e. Les cendres volantes,...

#### **I.4.3. Adjuvants chimiques :**

##### **a) Les super-plastifiants :**

Ce sont des réducteurs d'eau à haute efficacité, et se présentent généralement sous forme de liquide. Ils sont composés de longues molécules organiques de masse élevée.

Le mode d'action des super-plastifiants est extrêmement complexe. Il peut être expliqué comme suit :

Lorsqu'ils sont en contact avec un milieu aussi polaire que l'eau, les grains de ciment tendent à s'agglomérer sous forme d'amas (floculation).

Par conséquent, cette floculation piège un certain volume d'eau entre les grains de ciment (eau captive) qui n'est plus disponible pour assurer une bonne maniabilité au béton.

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 de même signe vont créer des forces répulsives entre les particules et, par conséquent, la dispersion des grains du ciment et libère l'eau qui est maintenant disponible à la lubrification du mélange d'où l'augmentation de la maniabilité [7].

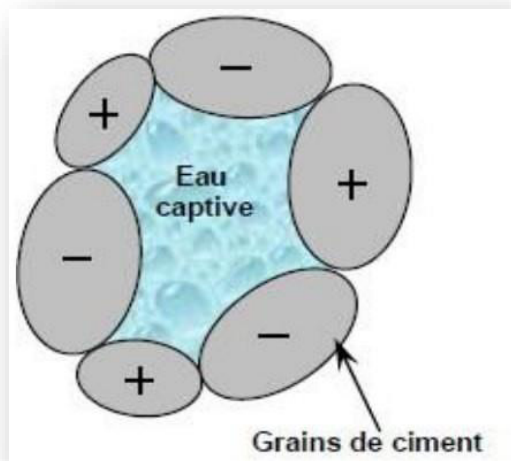
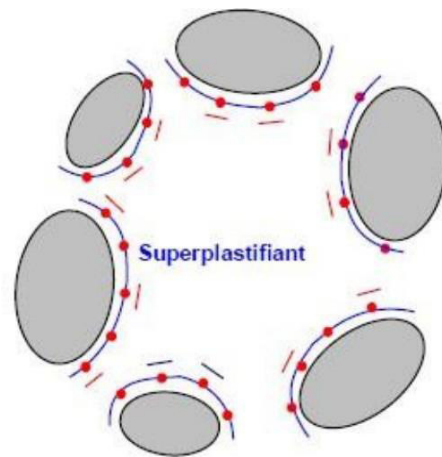


Fig. I. 2 Pâte de ciment non adjuvantes



- Pâte de ciment d'un superplastifiant[8]

### b) Les agents colloïdaux (agent de viscosité) :

Généralement les fluidifiants diminuent la viscosité du béton, ce qui rend le matériau plus sensible vis-à-vis du phénomène de ségrégation.

Les agents de viscosités (qui se présentent généralement sous forme de poudre) ont, eux, la propriété essentielle de modifier le comportement rhéologique des milieux aqueux dans lesquels ils sont utilisés (ce rôle modificateur peut aller du simple épaississement jusqu'à la gélification) et peuvent être utilisés avec intérêt dans la composition des BAP.

## I.5. Influence des paramètres de formulation sur les propriétés à l'état frais :

### I.5.1. Rôle des adjuvants :

Lorsque le béton autoplaçant et le béton à hautes performances (BHP) apparaissent, il est considéré comme un point fort dans le domaine des additifs, en particulier ceux que l'on trouve dans les matières premières, et la plate-forme principale des super plastifiants est dans le déchargement des granulés de ciment, où la répulsion électrostatique fonctionne.

Par charges électriques à la surface des granulés ou par Les charges électriques présentes à la surface des granulés ou par chargement séparent les granulés les uns des autres et c'est ce qu'on appelle

la répulsion du vide où l'eau piégée par les blocs redevient disponible pour la possibilité d'opération concrète (Figure I. 3).

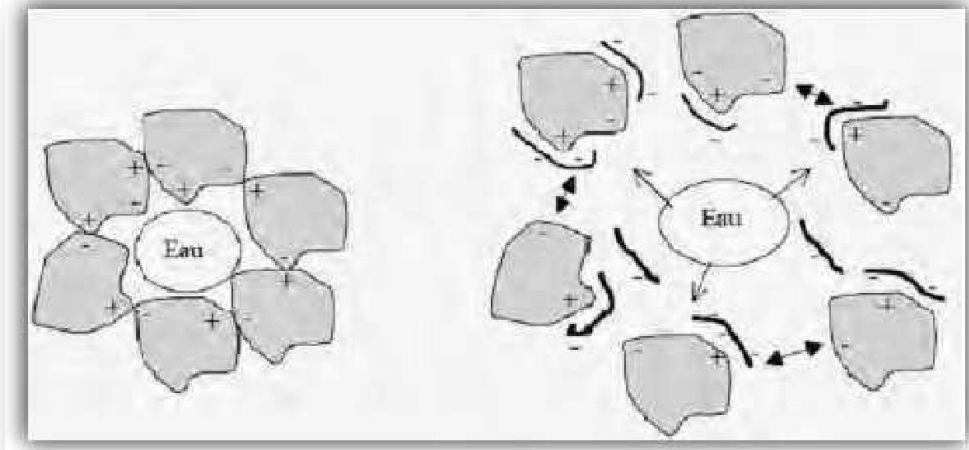


Fig. I. 3 Action des super-plastifiants- Défloculation des grains de ciment[9].

L'ajout d'un super plastifiant aide à augmenter la fluidité. La (figure I.4) montre par exemple que l'étalement augmente très fortement à partir d'un certain dosage en super plastifiant.

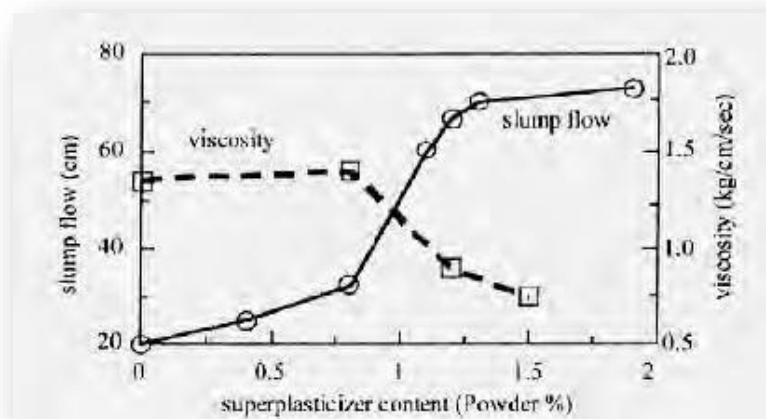


Fig.I. 4 Influence de la qualité du super-plastifiant sur l'etalement et la viscosite d'unbeton[9].

### I.5.2. Volume de pâte élève :

Les frottements entre granulats sont sources de limitations vis-à-vis de l'étalement et de la capacité au remplissage des bétons.

Afin de permettre une bonne déformabilité des BAP et un remplissage correct des coffrages, un volume important de pâte doit être maintenu.

Son rôle est de couvrir la surface des granulats afin de diminuer les frictions entre les particules et favoriser la dispersion des granulats, son volume dans les BAP est donc élevé (330 à 400l/m<sup>3</sup>)[10].

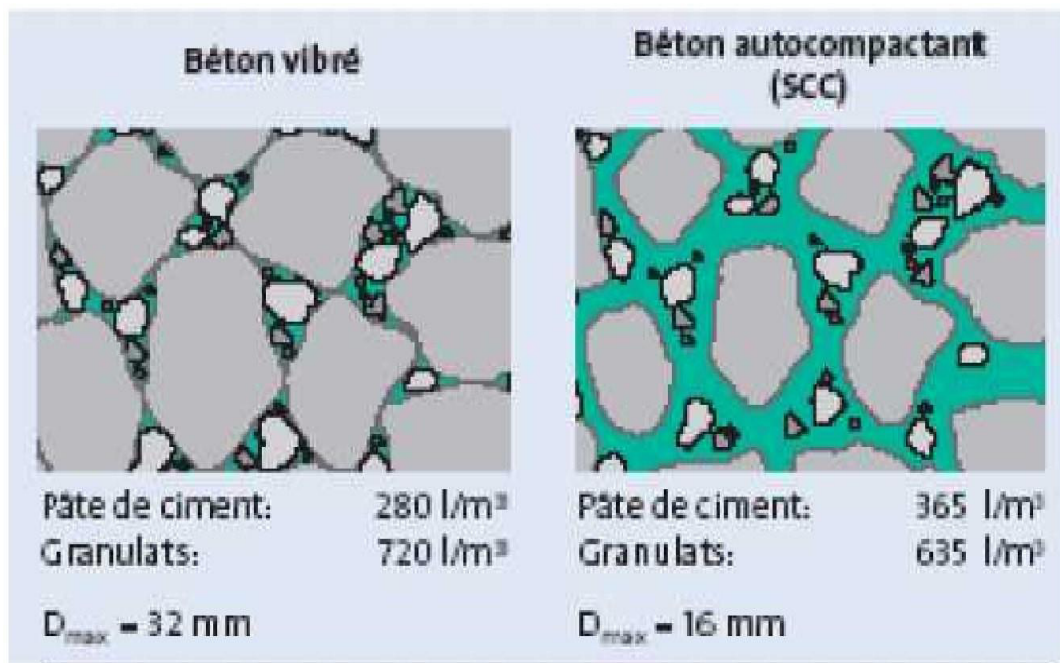


Fig.I. 5 dispersion des granulats par excès de pâte[11].

### I.5.3. Volume de gravillons :

Il est possible d'utiliser des granulats concassés ou roulés pour la formulation des BAP. Toutefois, comme les gravillons sont à l'origine du blocage du béton en zone confinée, il faut en limiter le volume.

D'un autre côté, la présence de gravillons permet d'augmenter la compacité du squelette granulaire du béton et donc de limiter la quantité de liant nécessaire pour obtenir l'ouvrabilité et la résistance souhaitées. En général, ces considérations conduisent à adopter un rapport gravillon/sable de l'ordre de 1 dans les BAP[10].

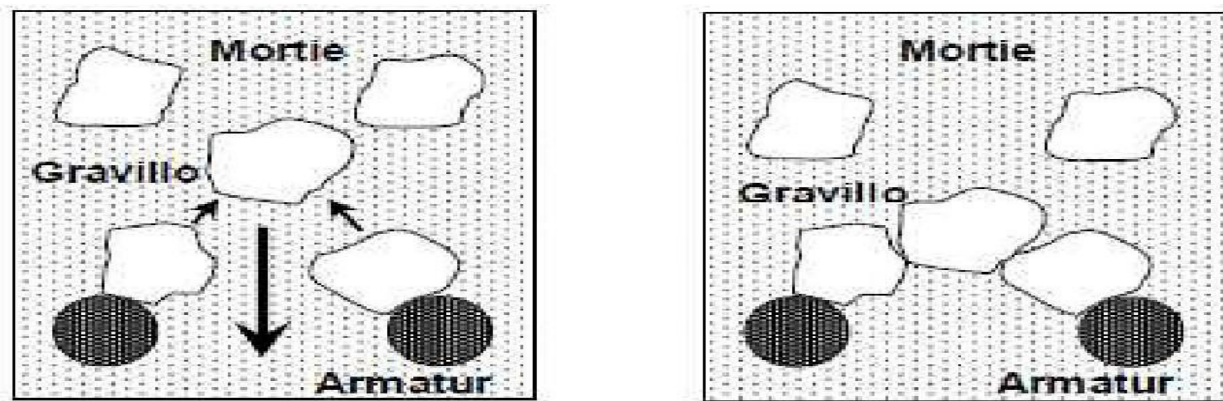


Fig.I. 6 Phénomène de blocage des gravillons au droit d'un obstacle.

## I.6. Propriétés des BAP à l'état frais :

Les propriétés générales d'un béton auto plaçant frais sont la fluidité et l'homogénéité.

Ces propriétés sont étudiées sur plusieurs aspects, et peuvent se diviser en trois critères mesurables par des tests empiriques :

Le remplissage, la résistance à la ségrégation, et la capacité à passer à travers les obstacles que nous appellerons capacité de passage.

### a) Le remplissage :

Le remplissage du béton, ou la déformabilité, est un critère qui découle directement de sa fluidité. Le béton auto plaçant est capable de remplir les vides et les espaces difficiles dans un milieu confiné, en se déformant sous l'effet de son propre poids, et sans sollicitations.

Le remplissage est observé sous deux aspects, la capacité de remplissage et la vitesse de remplissage, le premier aspect est lié à la capacité de déformation du béton le second est lié à la vitesse de déformation.

### b) La résistance à la ségrégation :

La séparation du mélange correspond au manque d'homogénéité dans la répartition des composants qui provoquent généralement la séparation des phases solides en fonction de leurs dimensions, de sorte que la séparation élémentaire peut se manifester de manière tangible d'une manière différente. d'eau libre dans le béton doit être réduite en diminuant le rapport E/C[12].

**c) La capacité de passage :**

Le béton auto plaçant doit réunir à la fois la fluidité (la capacité de remplissage) et la résistance à la ségrégation pour produire un bon écoulement

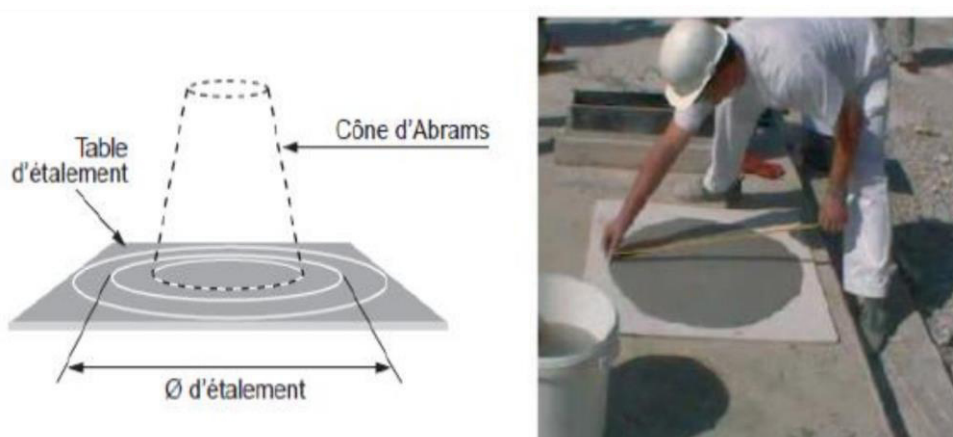
. Cependant, dans les milieux confinés, il faut que le béton puisse s'écouler dans les espaces étroits et entre les armatures.

En effet, le blocage des granulats est provoqué par la quantité importante de granulats dans le béton, et par la taille des plus gros granulats par rapport à l'ouverture entre armatures ou dans un confinement [13].

**I.7 .Caractérisation des BAP à l'état frais :****I.7 .1 Essai d'étalement :**

On utilise le même cône que celui normalement utilisé pour l'essai d'affaissement ; On mesure l'étalement qui correspond au diamètre moyen de la galette de béton obtenue, qui devrait être comprise entre 600 et 800 mm.

La tendance à la ségrégation peut être évaluée qualitativement. Les granulats grossiers devraient être répartis uniformément et aucune concentration ou séparation de fines ne devrait apparaître sur les bords de la galette.



**Fig.I. 7 Essai d'étalement au cône d'Abrams (slump flow)**

**Classes d'étalement**

SF1 550 à 650

SF2 660 à 750

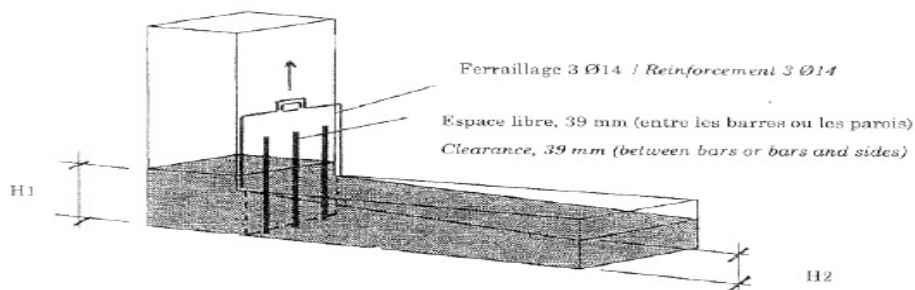
SF3 750 à 850

**I.7.2. Essai de boîte en L (L-Box):**

On mesure le temps de l'écoulement du béton dans la partie horizontale. Ce temps d'écoulement devrait être compris entre 3 et 7 secondes (figure I.8).

On peut aussi mesurer la hauteur atteinte aux deux extrémités de la partie horizontale par le béton ( $h_1$  et  $h_2$ ), afin de qualifier sa capacité d'auto nivellement.

Le rapport  $h_2/h_1$  devrait être supérieur à 0,80. L'essai permet en outre de vérifier la capacité du béton à s'écouler au travers d'un réseau d'armatures d'écartement défini.



**Fig.I. 8 Essai à la boîte en L**

**I.7.3. Essai d'entonnoir (V-Funnel):**

On mesure le temps d'écoulement du béton à travers (figure I.9).

Ce temps d'écoulement est souvent le critère utilisé pour définir la viscosité du béton auto plaçant.

Plus le béton s'écoule rapidement hors de l'entonnoir, plus sa viscosité est faible. un temps d'écoulement compris entre 8 et 14 secondes est recommandé.

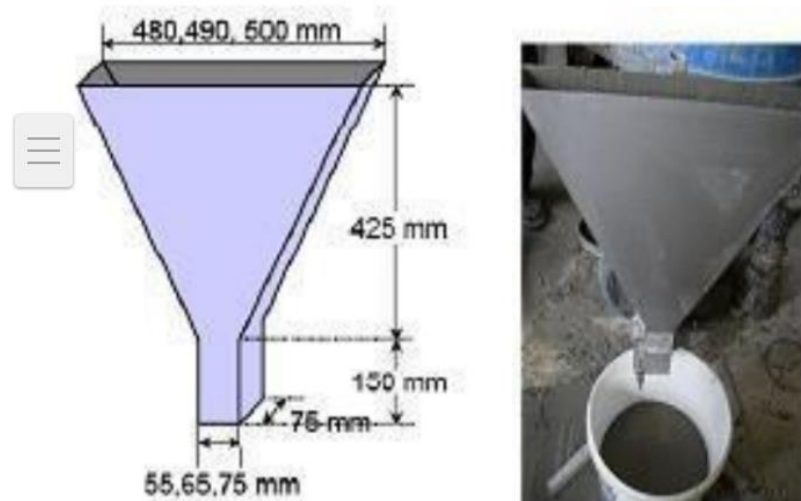


Fig.I. 9Essai de l'entonnoir

**I.7.4. Essai de la boîte en U (U-Box) :**

Le tube en U (figure. I. 10) est compose de deux parties R1 et R2 separees par une trappe.

L'essai consiste a remplir la partie R1 puis a ouvrir la trappe et laisser le beton s'ecouler librement.

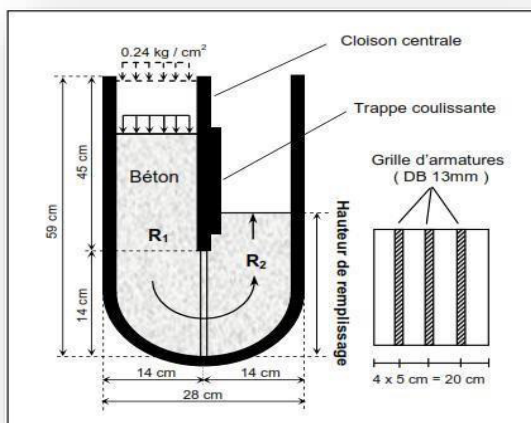


Fig.I. 10 Essai de la boîte en U][8].

Après écoulement on mesure la hauteur de remplissage dans la partie R2, celle si doit être supérieure à 30cm pour un BAP.

### **I.7.5. Essai de stabilité au tamis**

Appelé aussi essai de caractérisation de la ségrégation des bétons autoplaçants, il vise à qualifier les bétons Autoplaçants vis-à-vis du risque de ségrégation (figure I .11).

Il peut être utilisé en phase d'étude de formulation d'un béton auto plaçant en laboratoire, ou pour le contrôle de réception de la stabilité du béton livré sur chantier Cet essai complète 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 (P laitance) d'un échantillon de béton ( $4,8 \pm 0,2$  kg) passant à travers un tamis de 5 mm.

Les critères d'acceptabilité d'une formulation d'un béton auto plaçant sont divisés en trois classes[21] :

- $0\% \leq \% \text{ P laitance} \leq 15 \%$  : stabilité satisfaisante,
- $15\% < \% \text{ P laitance} \leq 30 \%$  : stabilité critique : essai de ségrégation à réaliser in situ,
- $\% \text{ P laitance} > 30 \%$  : stabilité très mauvaise : ségrégation systématique, béton inutilisable



Fig.I. 11 Essai de stabilité au tamis.

### I.7.6. Essai d'étalement modifié (J-Ring):

L'essai d'étalement modifié (J-Ring) fut développé au Japon et consiste à faire s'écouler le béton au travers de barres d'armature afin de pouvoir évaluer sa tendance au phénomène de blocage.

A cet effet, le béton s'écoule à partir du cône disposé au centre d'un anneau métallique. Sur cet anneau de 300mm de diamètre sont soudées des barres  $\varnothing$  16 à 18 mm, espacées régulièrement d'environ deux fois et demi leur diamètre.

Le béton auto-plaçant satisfait pleinement aux performances recherchées de fluidité avec faible tendance à la ségrégation et d'enrobage complet des armatures, lorsqu'il s'écoule de manière uniforme au travers de cet anneau et lorsque la répartition des granulats paraît homogène, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'anneau (figure I.12).



Fig.I. 12 Dispositif de l'essai d'étalement modifié (J-Ring)

### I .7.7. Essai de ressuage

La capacité de ressuage peut être mesurée par l'essai à l'aéromètre modifié (développé par le LCPC (figure. I.13) : le volume d'eau libéré par l'échantillon de béton remonte au-dessus du perchloroéthylène (dont la densité est supérieure à celle de l'eau : 1,59) dans une colonne graduée où il est facile de l'estimer , ce test semble cependant peu pratique à être utilisé étant donné la nocivité du produit employé. [15],

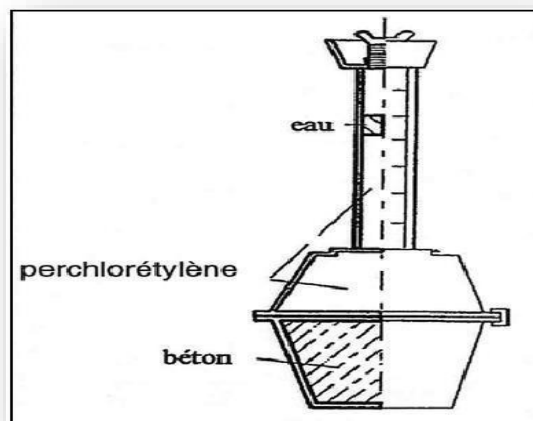


Fig.I. 13 Essai de ressuage[15]

### I.7.8. Essai à la colonne :

Il s'agit de remplir une colonne et de laisser le matériau au repos pendant 1min, après cette phase de repos, la colonne est vibrée à l'aide d'une table à secousses, les échantillons des différentes parties de la colonne (haut, milieu, fond) sont prélevés, chaque prélèvement est lessivé et tamisé afin de ne récupérer que les gros granulats qui sont ensuite pesés[16].

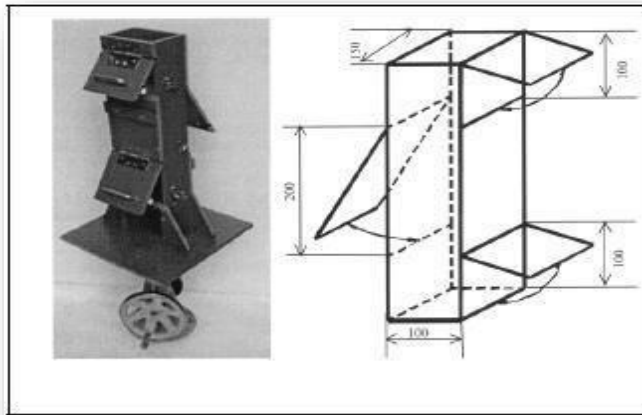


Fig.I. 14 Essai de stabilité à la colonne [16].

## I.8. Propriétés de BAP à l'état durci:

Le béton doit être soumis à différents essais mécaniques de caractérisation :

- Les essais de compression ;
- Les essais de traction par flexion;

### I.8.1. Essai de compression:

Les essais de mesure de la résistance à la compression sont réalisés sur des éprouvettes cubiques  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$  conformément aux prescriptions de la norme .Ce test fournit la force de compression [N] qui génère la rupture de l'échantillon (Figure-1.15).

La contrainte décompression à la rupture [Pa] est déduite de cette force en divisant par la surface de la section sollicitée.



Fig.I. 15 Mesure de la résistance à la compression

### I .8.2.Essai de traction par flexion

Cet essai très utilisé permet de simuler le type de sollicitation le plus courant dans les éléments des ouvrages (Figure I.16).

Les éprouvettes utilisées pour ce type d'essai sont prismatiques de dimensions 7x7x28 cm<sup>3</sup>.

La résistance à la traction par flexion est obtenue par l'application de la formule de résistance des matériaux suivante:

$$S = \frac{Mf.a}{2.I}$$

Avec le moment de flexion :

$$Mf = \frac{F.L}{4}$$



Fig.I. 16 Mesure de la résistance à la traction par flexion.

## I .9.FORMULATION DES BAP:

La mise au point d'une formule de BAP est beaucoup plus complexe, parce que, d'abord, les constituants sont au nombre minimal de six, contre quatre dans le cas des BO. Ensuite, le cahier des charges d'un BAP comporte plus de clauses, en particulier à l'état frais ; il faut assurer, en plus de l'étalement, la capacité de remplissage et la stabilité.

Enfin, et surtout, les propriétés des BAP sont contradictoires ; un béton riche d'une pâte fluide est très sensible à la ségrégation

### I .9.1. Méthode japonaise :

La formulation des BAP par l'approche développée à l'Université de Kochi (1990), 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.

Les principes 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 1 m<sup>3</sup> de béton est limité à la moitié de sa compacité. Par

définition, la compacité d'un mélange de grains est le rapport du volume de grains et du volume total du système grains + vides [17].

**b)-Dosage du sable :** Le volume du sable est posé forfaitairement à 40 % du volume de mortier du béton. La fluidité du béton est garantie par la réduction des frictions granulaires [17].

**c)-Dosage de l'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 %. On réalise des mesures d'étalement avec un cône à mortier et des mesures d'écoulement à l'entonnoir [17].

**d)- 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 (soit ici une masse minimale de ciment de 350 kg/m<sup>3</sup>). Les rapports massiques eau sur ciment (E/C) et filler sur ciment (F/C) peuvent également être choisis sur des critères de résistance [17].

### **I.9.2.L'approche suédoise :**

Cette méthode est basée sur la méthode japonaise citée ci-dessus, le principe est d'intégrer l'approche de l'évaluation du risque de blocage dans le processus de formulation. Pour chaque rapport G/S on estime le volume de pâte critique pour le blocage, on retiendra ensuite le rapport G/S qui vérifie les propriétés rhéologiques recherchées.

Les dosages des fines, de l'eau et du super-plastifiant sont ajustés pour avoir une viscosité suffisante, un faible seuil de cisaillement, et une résistance souhaitée. Cette approche permet une meilleure optimisation du squelette granulaire cependant, on ne peut pas appliquer le critère de blocage à n'importe quel type de granulats [18].

### **I.9.3.Méthode Française :**

Méthode française (LCPC) : proposée par [De Larrard et al, 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).

### **I.10. Conclusion :**

Le béton auto plaçant est le béton qui s'appuie sur lui-même par gravité sans aucune interférence d'énergie, de pression, de vibration et de remplissage.

Cette recherche résume l'identification de ses multiples propriétés et les principales méthodes de sa formulation

**CHAPITRE II**

**VALORISATION DES**

**DÉCHETS**

## II.1. INTRODUCTION

Dans la genèse de la gestion des déchets et que pendant des décennies, la planète a souffert d'une instabilité causée par la quantité extraordinaire 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.

Actuellement, une personne est consciente de l'impact d'une mauvaise gestion des déchets ménagers et autres sur sa santé.

Malheureusement, elle mène des activités qui produisent une grande quantité de déchets divers qui sont abandonnés dans les rues, dans les caniveaux, dans les lieux publics, ... nuisances pour la population environnante, (DIGITAL CONGO, n°25, 2017) .

Dans les pays, cette situation se présente en permanence et mal et génère des faits parmi la population désintéressée. Nous assistons à des distorsions environnementales et à la pollution, sans parler des problèmes de santé qui créent dans des conditions insalubres qui provoquent des maladies parasitaires et des microbes infectieux résultant de déchets illimités dus à des comportements irrationnel.

## II.2. Recyclage des déchets:

### ❖ Définition d'un déchet :

Selon l'article L541-1-1 du Code de l'Environnement, un déchet est défini comme « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire ».

En fonction de leurs types et de leurs origines, les déchets ont un niveau de dangerosité variable qui, dans certains cas, peut être préjudiciable à l'homme et à l'environnement [19].

### ❖ Les déchets peuvent être classés en troiscatégories

Les déchets dangereux, qui présentent une ou plusieurs propriétés dangereuses (comburant, inflammable, explosif, corrosif, cancérigène...) (décret n° 2002-540 du 18 avril 2002)

- Les déchets non dangereux, qui ne figurent pas dans le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002
- Les déchets inertes, qui ne sont pas dangereux et ne contiennent pas de constituants évolutifs. Ils « ne se décomposent pas, ne brûlent pas et 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 » (directive n° 1999/31/CE).

Ils proviennent essentiellement du secteur du BTP.

Anciennement appelés déchets ménagers et assimilés (DMA) (arrêté du 19 janvier 2006), les déchets non dangereux (DND) regroupent tous les déchets, dont l'innocuité est garantie, en provenance de l'intégralité des activités économiques et des ménages[20].

#### ❖ Définition de recyclage

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets industriels et des déchets ménagers qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui le composent.

Le recyclage a deux conséquences écologiques majeures : la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles.

Certains procédés sont simples et bon marché mais, à l'inverse, d'autres sont complexes, coûteux et peu rentables.

Dans ce domaine, les objectifs de l'écologie et ceux des consommateurs se rejoignent mais parfois divergent ; c'est alors le législateur qui intervient.

Ainsi, en particulier depuis les années 70, le recyclage est une activité importante de l'économie et des conditions de vie des pays développés.

Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dite des trois R :

- réduire, qui regroupe tout ce qui concerne la réduction de la production de déchets,
- réutiliser, qui regroupe les procédés permettant de donner à un produit usagé un nouvel usage.
- Le recyclage apporte une contribution importante à la baisse des quantités de déchets à éliminer par enfouissement et par incinération, mais il n'est pas suffisant pour contrer l'augmentation de la production des déchets ou y suffit à peine[21].

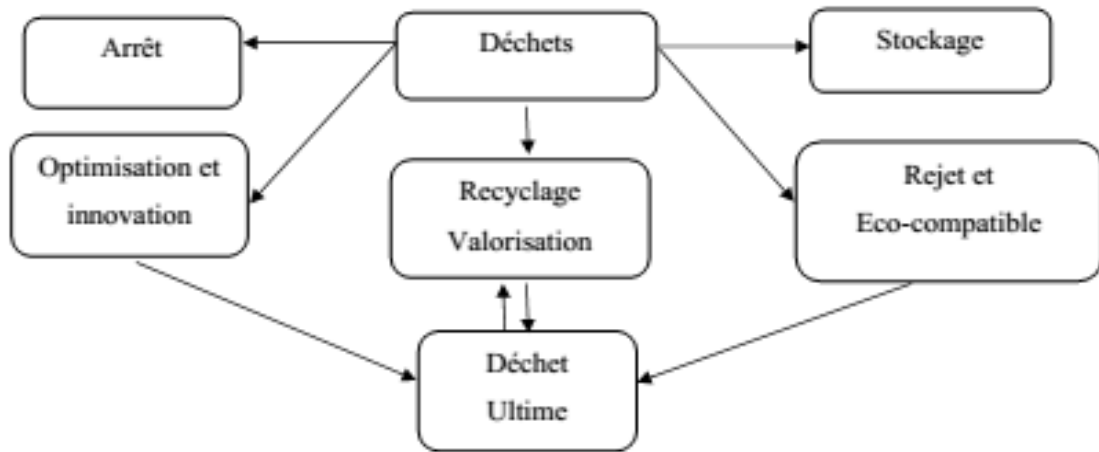


Fig. II. 1 Stratégies de traitement des déchets[22].

Leur mise en œuvre concrète passe par un certain nombre de filières techniques, elles articulent autour des objectifs généraux suivants :

- ❖ Valorisation énergétique.
- ❖ Valorisation en matière première organique et minérale.
- ❖ Valorisation en science des matériaux.
- ❖ Valorisation en agriculture.
- ❖ Valorisation en technique de l’environnement.
- ❖ Technique dite d’élimination[22].

Les objectifs précédents sont illustrés dans la figure II.1

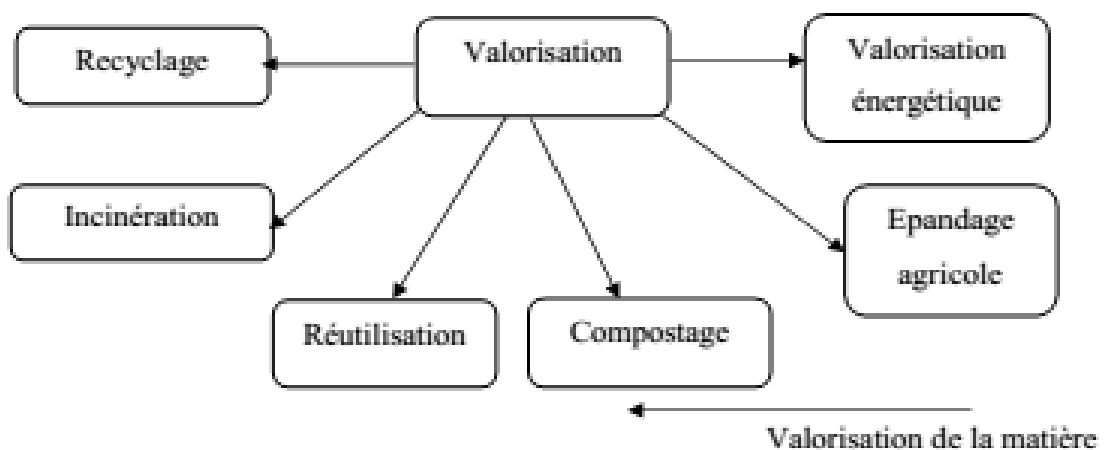


Fig. II. 2 Valorisation des déchets [22].

## II.3. Origine de la production des déchets

La production des déchets est inéluctable pour les raisons suivantes :

- Biologiques : tout cycle de vie produit des métabolites ;
- Chimiques : toute réaction chimique est régie par le principe de la conservation de la matière

et dès que veut obtenir un produit à partir de deux autres on en produira un quatrième ;

- Technologiques : tout procédé industriel conduit à la production de déchet ;
- Économiques : les produits en une durée de vie limitée ;
- Écologiques : les activités de la dépollution (eau, air) génèrent inévitablement d'autres

### II.3.1 Déchets qui nécessiteront une gestion spécifique

Accidentelles : l'inévitable dysfonctionnement des systèmes de production et de consommation sont eux aussi à l'origine de déchets [23].

## II.4. Différents types de déchets

### II.4.1. Déchets ultimes

Le déchet ultime c'est un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereuse [24].



Fig. II. 3 Déchets ultimes

### II.4.2. Déchets inertes

Déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décompose pas, ne brûle 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 [28].



Fig. II. 4 Déchets inertes.

### II.4.3. Les déchets ménagers et assimilés

Tous les déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers [26].



Fig. II. 5 Les déchets ménagers et assimilés.

## II .4.4.Les déchets industriels

Il s'agit des déchets résultant d'une activité professionnelle. On regroupe sous cette appellation : les déchets industriels banals, les déchets industriels spéciaux et les déchets inertes[25].

## II .4.5.Déchets verts:

Ce sont les déchets végétaux des parcs et jardins (gazon, branchage.....)[28].



**Fig. II. 6 Déchets verts**

## II .4.6.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 (déchetts verts)
- 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[28].

## II .4.7.Déchets dangereux

Un déchet dangereux est défini dans l'annexe III de la directive 2008/98/CE modifiée par le règlement UE n° 1357/2014 comme un déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées (cf.annexe 2 du présent ouvrage).

Ce sont des déchets qui contiennent en quantités variables des éléments toxiques pour la santé humaine et/ou l'environnement. Cette qualité ne présume pas de leur origine, qui peut être domestique, industrielle ou agricole[27].

### **II.4.8. Déchets non dangereux**

Les déchets non dangereux sont définis par défaut par rapport aux précédents comme étant ceux qui ne présentent aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux Bio déchets

Au sein des déchets non dangereux, cette nouvelle catégorie a été récemment définie : « tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou dès les différents types de déchets :

Caractéristiques et quantités produites11© Dunod. Toute reproduction non autorisée est un délit1 magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires » [27].

### **II.4.9. Déchets industriels spéciaux (DIS)**

Ce type de déchets comprenant des substances toxiques qui nécessitent une collecte et un traitement particulier comme les mâchefers, les aérosols, produits de jardinage, produits de bricolage, thermomètre au mercure[26].

### **II .4.10. Déchets industriels banals (DIB)**

Son assimilables aux ordures ménagères et relevant du même type de traitement : il s'agit principalement d'emballages usagés, de chutes de productions industrielles et de déchet d'activités et commerciales comme ferrailles, métaux non ferreux, papiers-cartons, verre ,textiles, bois, plastiques, etc[26].

## **II.5. Technique de recyclage :**

### **II.5.1. Procédés du recyclage :**

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage : chimique, mécanique et organique. Le recyclage dit « chimique » utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.

Le recyclage dit « mécanique »est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple pour broyer. Le recyclage dit « organique » consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz [28].

## II.5.2. La chaîne du recyclage :

### a. Collecte de déchets :

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centres d'enfouissement techniques. Les déchets collectés pour le recyclage ne sont pas destinés ni à l'enfouissement ni à l'incinération mais à la transformation.

La collecte s'organise en conséquence la collecte sélective, dite aussi séparative et souvent appelée à tort tri sélectif est la forme la plus répandue pour les déchets à recycler.

Le principe de la collecte sélective est le suivant : celui qui crée le déchet le trie lui-même.

À la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Le tri manuel est une de ces opérations [Saadani][28].

### b. Transformation :

Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi [28].

### c. Commercialisation et consommation :

Une fois transformés, les produits finis issues du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés[28].

## II.6. La gestion des déchets :

Les déchets sont générés par les activités et les besoins de l'être humain la nature non biodégradable et parfois toxique de ces déchets se répercute négativement sur l'environnement. Les lois de 15 juillet 1975 et de 3 juillet 1992, regroupées et inscrites dans le code de l'environnement, fixent les objectifs à respecter pour gérer ces déchets, classés selon leur origine et leurs degrés d'impact sur l'environnement.

Le but de cette recherche est d'utiliser les déchets inertes (95% des déchets du BTP), c'est à dire des déchets qui ne se décomposent pas et ne produisent aucune réaction Chimique, physique ou biologique de nature à nuire à l'environnement [MIN 04 [20].

### II.6.1. Principe 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)[26].

- ✓ Réduire.
- ✓ Réutiliser.
- ✓ Recycler

### II.7. Domaines d'applications des matières plastiques:

On peut trouver l'application des matières plastiques dans les domaines suivants :

- Génie civil
- Conduites hydrauliques ou tuyaux
- Châssis des fenêtres
- Articles mobiliers
- Cloisons
- Industrie
- Sacs, bagages
- Appareils électriques et électroniques
- Plaque électronique
- Articles ménagers
- Agriculture
- Protection des produits
- Conservation d'eau
- Emballage

#### II .7.1. Généralités sur la matière plastique :

- Médical
- Seringues jetables
- Poches de sang, valves cardiaques
- Appareils orthopédiques et prothèses
- Boîte à comprimés
- Sport
- Ballons et autres

- Chaussures de sport
- Raquettes de tennis
- Filets
- Transports
- Voitures
- Trains
- Avions

## II .7.2. Recyclage des plastiques techniques

Le recyclage du plastique implique la récupération et le retraitement des déchets en éléments utilisables à partir de rebuts ou de plastiques usagés.

Le recyclage fait partie du mouvement mondial visant à éliminer les déchets plastiques solides, car la plupart des plastiques ne sont pas biodégradables.

Cependant, dans le recyclage mécanique, dans le processus de fusion, différents types de plastiques semblent être séparés et tombent dans certaines couches, ce qui provoque une faiblesse structurelle des matériaux recyclés, ce qui les rend adaptés à des applications limitées.

### ❖ Etapes du recyclage des déchets plastiques

#### A) Le broyage et le séchage :

Après la fabrication de ces cubes, et grâce à une série de lavages soigneux, ils se sont débarrassés de toutes impuretés.

Ces plastiques sont ensuite broyés par des broyeurs puis déchiquetés pour produire des flocons de différentes couleurs.

Ces copeaux sont éliminés par des machines à laver industrielles qui produisent Plastiques PET et PEHD.

#### B) Filtrage:

Avec la fluidité et la texture nécessaires, le plastique est encore soumis au processus de filtration, un système de réseaux très fin qui préserve toutes les impuretés, il leur était possible de rester accrochées aux matériaux lors des opérations précédentes.

Y compris les petits morceaux de bois, de tissu, de carton et d'autres impuretés incompatibles. Et pendant la saleté de ces points sont automatiquement remplacés par d'autres points propres.

### C) Granulé :

Ici, la tête de l'extrudeuse en plastique est extraite sous la forme d'un monoculaire de diverses formes circulaires et autres et refroidie une fois qu'elle est placée dans l'eau du réservoir et la deuxième étape consiste à passer à travers des moules et est coupée par une lame rotative, et ce processus permet d'obtenir les grains ou granulés corrects dont nos clients ont besoin, de la manière requise au moment de l'achat de leurs besoins.



Fig. II. 7 granulés de plastique

## II.8.DÉCHETS UTILISÉS COMME ADDITIONS OU GRANULATS DU BÉTON

### II.8.1. Laitiers :

#### II.8.1.1. Laitiers d'acier :

Ce laitier est formé par l'élimination des impuretés contenues dans la fonte brute.

Il est riche en phosphate ou en calcium et contient du silicate bicalcique métastable; il est donc utilisé uniquement comme matériau de remblai pour les routes. Normalement, ce laitier est stocké en piles pendant une période allant jusqu'à un an avant d'être utilisé [Saadani][28].

#### II.8.1.2. Autres laitiers métallurgiques :

Les applications possibles du laitier provenant de la fusion réductrice du cuivre, du zinc, du plomb, du nickel et de l'étain n'ont pas encore été explorées à fond.

On a toutefois déjà étudié la possibilité d'utiliser les laitiers au zinc/plomb comme granulats pour le béton bitumineux.

Dans le béton de ciment, ces laitiers produisent une réaction alcali-silice.

On a également proposé de les utiliser comme granules fins pour le béton[28].

### **II.8.1.3. Béton récupéré :**

Le béton constitue presque 75%, en poids, de tous les matériaux de construction. Il s'ensuit donc que la plus grande partie des rebuts de démolition soit du béton par ailleurs, les sinistres fournissent des millions de tonnes de débris de béton.

L'épuisement des sources courantes de granulats, les lois plus strictes relatives à la protection de l'environnement et les problèmes posés par la destruction des déchets sont tous des facteurs qui favorisent l'usage du béton récupéré.

Les débris de chaussées en béton sont déjà utilisés pour la construction de la couche de fondation de nouvelles chaussées.

La résistance à la compression et le module d'élasticité du béton renfermant des granules recyclés est inférieure à ceux du béton ne contenant que des granulats ordinaires. Les différences sont encore plus grandes à des rapports eau-ciment inférieurs. Le fait de remplacer les fines du béton recyclé par du sable n'améliore pas pour autant la résistance du béton.

Le béton qui contient des fines provenant de béton récupéré doit avoir un rapport eau: ciment plus élevé étant donné qu'il contient une plus grande proportion de particules de ciment hydraté. L'addition de réducteurs d'eau et une teneur en ciment plus élevée augmentent la résistance du béton.

Le retrait au séchage du béton constitué de béton récupéré est supérieur de 10 à 30% à celui du béton de référence. L'importance du retrait est fonction de la superficie totale; dans le cas des granulats recyclés, on s'attend à ce que la superficie soit plus élevée à cause de la présence de pâte de ciment.

La tenue au gel et au dégel du béton contenant des granulats de béton récupéré est semblable à celle d'une éprouvette de béton de référence contenant des granules ordinaires[28].



**Fig. II. 8 Béton récupéré.**

#### **II.8.1.4.Argile cuite :**

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[28].



**Fig. II. 9 Argile cuite**

#### **II.8.1.5.Sciure de bois :**

Le béton à base de sciure de bois est très peu utilisé à cause de sa faible résistance. Le béton contenant beaucoup de sciure de bois est inflammable.

La sciure provenant du chêne rouge, du sapin de Douglas, du peuplier du Canada, de l'érable, du bouleau ou du cèdre rouge donne des bétons à faible résistance alors que la sciure d'épinette ou de pin rouge donne des bétons dont les propriétés sont acceptable[28].



**Fig. II. 10 Sciure de bois**

#### **II.8.1.6. Les carrelages :**

Le carrelage est un revêtement de sol et de murs formé de carreaux de céramique, terre cuite ou ciment, juxtaposés et collés.

Il est couramment utilisé pour la finition et la décoration des sols et des murs pour les habitations et autres locaux, aussi bien à l'intérieur qu'en extérieur. Le terme désigne à l'origine l'action de poser des carreaux, puis, par métonymie, le résultat de cette action[28].



**Fig. II. 11 Les carrelages**

### II.8.1.7. La céramique :

Un matériau céramique est solide à température ambiante et n'est ni métallique, ni organique.

Les objets en céramique sont réalisés par solidification à haute température d'une pâte humide plastique (verres minéraux), ou frittage (agglutination par chauffage) d'une poudre sèche préalablement comprimée, sans passer par une phase liquide (céramiques polycristallines) ; par assimilation, on désigne sous le terme « céramique » les objets ainsi fabriqués[28].



Fig. II. 12 dechets La céramique

### II.8.1.8. La brique :

La brique est un parallélépipède rectangle, de terre argileuse crue et séchée au soleil ou cuite au four, utilisé comme matériau de construction. L'argile est souvent mêlée de sable [28].

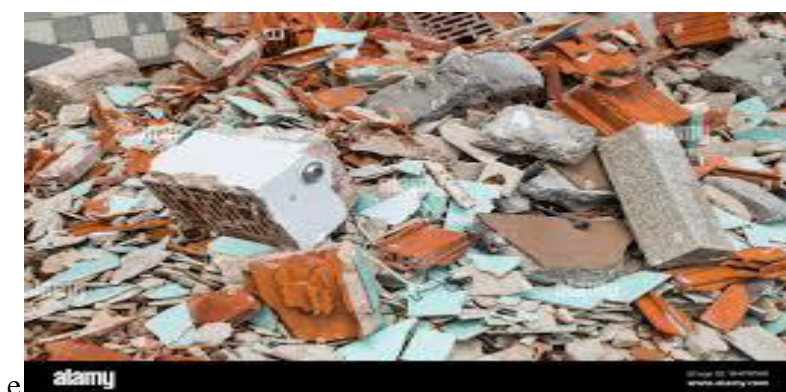
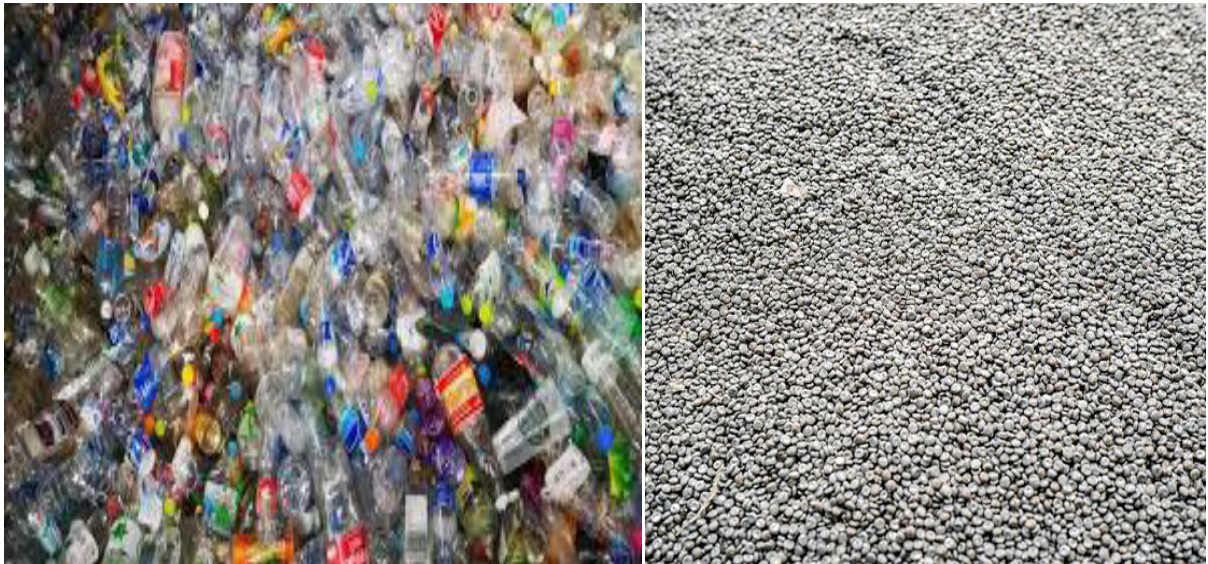


Fig. II. 13 Brique.

### II.8.1.9. Déchets de plastique

Le plastique est principalement fabriqué à partir de pétrole (à la marge, avec des pommes de terre pour les plastiques biodégradables et du lait pour les plastiques hypoallergéniques).

Plus précisément, il est fabriqué à partir de naphta, qui est un liquide de recycla des déchets vers ce qui est plus bénéfique transparent obtenu après distillation du pétrole et après utilisation par l'homme tous ses résidus sont jetés et constituent des déchets indésirables et grâce aux techniques



**Fig. II. 14 Déchets de plastique.**

## **II .9.Conclusion:**

Dans ce travail, nous avons pris tout ce qui existe pour présenter et définir les différents types de déchets et comment récupérer et recycler les déchets et leur production avec leur utilisation et exploitation dans d'autres domaines.

# **CHAPITRE III**

## **Partie expérimentale**

### **Caractéristiques des matériaux utilisés et composition du béton**

### III.1. INTRODUCTION

L'objet de ce chapitre est la présentation des matériaux utilisés pour la confection des différents mélanges des BAP étudiés, d'essais réalisés et la méthodologie adoptée lors du travail de recherche expérimentale.

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'effet de la substitution d'une partie du sable par des grains plastique sur les caractéristiques des BAP à l'état frais et durcis et de valoriser les déchets plastiques.

Et le pourcentage de substitution varie de 10% ,20%,30%.

### III.2. Caractéristiques des matériaux utilisés et composition du BAPCP

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 d'OUED MAITER de Boussaâda « M'Sila»
- Deux fractions de gravier concassé (3/8,8/16) l'origine calcaire COSSIDER à (ELECHE)BBA.
- Grains plastiques.
- L'adjuvant : MEDAPLAST SP 40 super plastifiant haut réducteur d'eau provenant de la société Granitex – OuedSmar.
- L'ajout : le filler (farine de marbre de fraction 0,08mm).
- L'eau de gâchage et de conservation : eau potable du laboratoire
- Ciment portland NA 442-CEM I 42.5 N-SR 3 et provenant de la cimenterie Lafarge de Hammam Dalaa M'Sila.

#### III.2.1. Le gravier

##### III.2.1.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains constituant l'échantillon.

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau, elle est tracée en diagramme semi-logarithmique avec :

- □ En abscisse, le logarithme de la dimension des ouvertures des Tamis en valeur croissante.
- En donnée, le pourcentage, en poids du matériau total de la fraction du sable dont les grains ont un diamètre moyen inférieur à celui de l'abscisse correspondante (passent) on constate que la courbe granulométrique est un élément fondamental de la classification du matériau.



Fig. III. 1 Équation 17 Matériels utilisé pour l'analyse granulométrique

➤ **Mode opératoire**

- Prélever une masse de matériau.
- Peser chaque tamis à vide, soit mi la masse du tamis.
- Constituer une colonne de tamis propre et sec dont l'ouverture des mailles de haut en bas (exprimer en mm).
- Verser le gravier sur la colonne de tamis et celle-ci est vibrée à l'aide de la tamiseuse électrique pendant 5 minutes.
- Peser chacun des tamis.
- On considère que le tamisage est terminé lorsque le refus ne varie pas de plus de 1% entre deux séquences de vibration de la tamiseuse.

- A la fin de tamisage peser les refus en matière retenue par chaque tamis a 1g près, soit  $M_i$  : la masse de tamis (i) +le gravier
- Calculer la différence entre  $M_i$  et  $m_i$  (tamis de plus grandes mailles correspond au refus partiel R1 de tamis1).
- Reprendre ma même opération avec le tamis immédiatement inférieur.
- Ajouter le refus obtenu sur le second tamis a R1, soit R2 la masse de refus m de tamis 2( $R_2 = R_1 +$  refus partiel sur tamis 2)
- -Pour suivre la même opération avec la rente des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumules R3, R4.... Rn le tamisât est calculé par la relation :

$$T=100- RC$$

(RC : refus cumulé en %, T : tamisât en%)

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

- Fraction 3/8
- $\square MG_{3/8} = 3 \text{ kg}$

**Tableau III. 1 Analyse granulométrique du gravier 3/8**

Tamis	Refus partiel	Refus cumulés	Refus cumulés %	Tamisat %
8	0,49	0,49	8,66	91,33
6,3	0,449	0,93	63,6	36,4
5	1,363	2,30	82,66	17,33
4	0,581	2,88	94,13	5,86
3,15	0,063	2,94	98,33	1,66
0	0,025	2,97	100	0

- Fraction 8/16
- $MG_{3/8} = 3.2 \text{ kg}$

Tableau III. 2 Analyse granulométrique du gravier 8/16

Tamis	Refus partiel	Refus cumulés	Refu Cumulés %	Tamisé %
16	0,2	0,2	6,25	93,75
12,5	1,021	1,221	38,15625	61,84375
10	1,315	2,536	79,25	20,75
8	0,528	3,064	95,75	4,25
0	0,136	3,2	100	0

### III.2.1.2. Caractéristiques physiques du gravier

#### III.2.1.2.1. La masse volumique apparente

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

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

$$\rho_{app} = \frac{M_2 - M_1}{V}$$

D'où :

V : volume du récipient

M<sub>2</sub> : poids de l'ensemble (granulat + récipient)

M<sub>1</sub> : poids du récipient

Tableau III. 3 La masse volumique apparente du gravier

Désignation	Gravier	V(l)	M1(kg)	M2(kg)	$\rho_{app}(kg/l)$	Moyenne
Essai 1	3/8	7.0	2.925	9.715	0.97	1
Essai 2			2.925	9.711	0.96	
Essai 3			2.925	9.759	1.07	
Essai 1	8/16	10.0	3.488	13.422	0.95	1.38
Essai 2			3.488	13.731	1.02	
Essai 3			3.488	17.432	1.39	

### III.2.1.2.2. La masse volumique apparente absolue

- Remplir l'éprouvette échantillon graduée avec un volume d'eau  $V_1 = 400$  ml
- Peser un échantillon sec  $M = 400$  g de granulats
- La masse volumique absolue

$$\rho_{abs} = \frac{M}{V_2 - V_1}$$

Tableau III. 4 La masse volumique absolue du gravier

Désignation	Gravier	V <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>abs</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Moyenne
Essai 1	3/8	550	2.66	2.66
Essai 2		550	2.66	
Essai 3		550	2.66	
Essai 1	8/16	550	2.66	2.66
Essai 2		550	2.66	
Essai 3		550	2.66	

### III.2.1.2.3. Essai de la dureté (Essai Los Angeles)

Comme l'essai précédent, cet essai renseigne sur la dureté des roches se basant sur un coefficient, appelé coefficient Los Angeles (LA), et sur le principe de d'effritement par abrasion.



Fig. III. 2 Équation 18 Appareil de l'essai Los Angeles.

#### ➤ But de l'essai

L'essai consiste à mesurer la masse  $m$  d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

Si ( $M$ ) est la masse du matériau soumis à l'essai et ( $m$ ) la masse des éléments inférieurs à 1.6 mm produits au cours de l'essai, la résistance à la

fragmentation aux chocs s'explique par le coefficient Los Angeles LA :

$$LA = \left( \frac{m}{M} \right) \cdot 100(\%)$$

**Tableau III. 5** Caractéristiques mécaniques du gravier

Gravier	Masse initiale M (kg)	Masse m (kg)	Coefficient Los Angeles (%)
3/8	5.0	1.017	20.34
8/16	5.0	1.025	20.5

**Classification :**

Un tableau de classification a été déjà tracé. Il permet de classer les roches en fonction du coefficient Los Angeles.

**Tableau III. 6** Classification du gravier en fonction du coefficient de Los Angeles

Coefficient Los Angeles	Nature du gravier
<20	Très dure
20 à 25	Dure
25 à 30	Assez dure
30 à 40	Mi-dure
40 à 50	Tendre
>50	Très tendre

**Gravier 8/16 : 20 < LA < 25 dure**

**Gravier 3/8 : 20 < LA < 25 dure**

**III.2.2.Le sable:****III.2.2.1.Analyse granulométrique :**

Le même essai d'analyse granulométrique de Gravier

**Tableau III. 7 Analyse granulométrique du sable**

Tamis	Refus partiel	Refus cumulés	Refus cumulés %	Tamisé %
5	0	0	0	100
1,25	0,144	0,144	7,2	92,8
0,63	0,111	0,255	12,75	87,25
0,315	1,075	1,33	66,5	33,5
0,15	0,595	1,925	96,25	3,75
0,08	0,065	1,99	99,5	0,5
0	0,004	1,994	99,7	0,3

➤ Le module de finesse :

$$Mf = \frac{\sum \text{des refus cumulés \%}}{100} = \frac{7.2+12.75+66.5+96.25}{100} = 1.82$$

Les normes soviétiques spécifient de **Mf** des sables comme suit :

Sables gros  $Mf > 2.5$

Sables fin  $1.5 < Mf < 2$

Sables moyen  $2 < Mf < 2.5$ ,

Sables très fin  $1 < Mf < 1.5$

$2 < Mf = 1.82 < 2.5$

Le sable utilisé est considéré comme un sable fin.

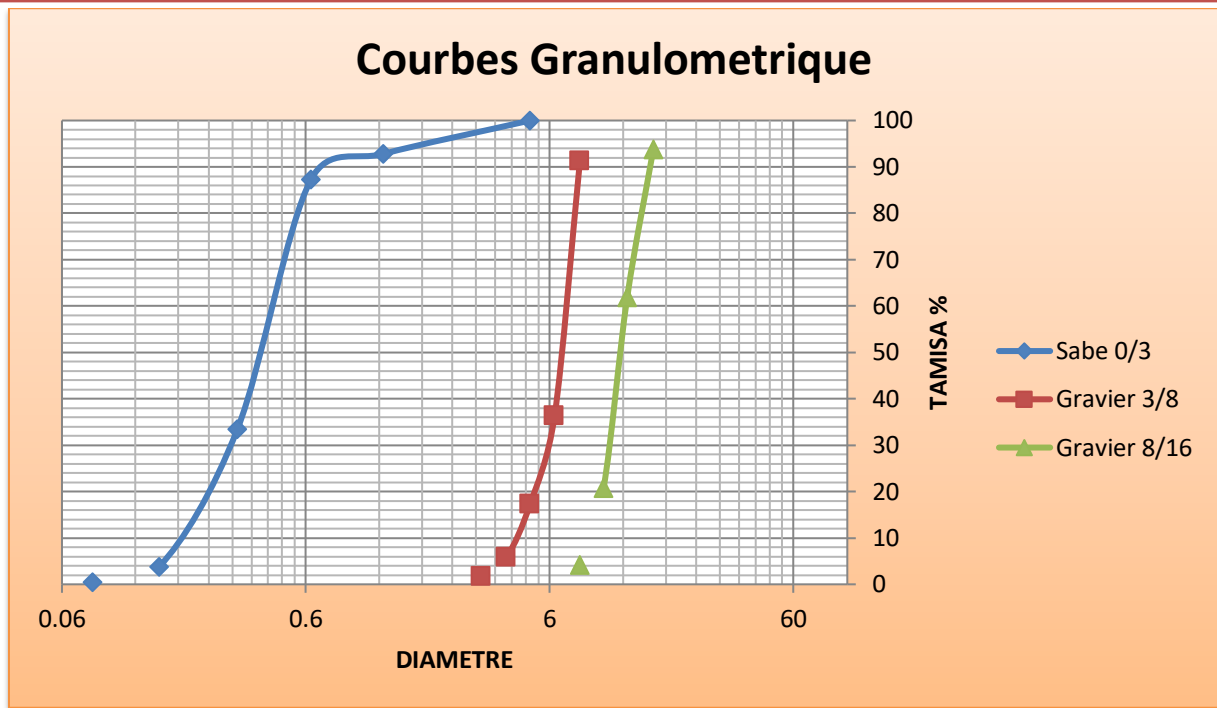


Fig. III. 3 3 Courbes granulométriques des granulats.

### III.2.2.2. Caractéristiques physiques du sable

#### III.2.2.2.1. La masse volumique absolue :

Cet essai a pour but de permettre de connaître la masse d'une fraction granulaire lorsque par exemple on élabore une composition de bétons.

Ce paramètre permet, en particulier de déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires malaxées pour l'obtention d'un béton dont les caractéristiques sont imposées.

#### ➤ Mode opératoire

- Remplir l'éprouvette échantillon graduée avec un volume d'eau  $V_1 = 300$  ml
- Peser un échantillon sec  $M = 300$  g de granulats
- 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

Tableau III. 8 La masse volumique absolue du sable

Désignation	$V_2$ (cm <sup>3</sup> )	$\rho_{\text{abs}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Moyenne
Essai 1	425	2.4	2.40
Essai 2	426	2.38	
Essai 2	423	2.43	



Fig. III. 4 Essai la masse volumique absolue

### III.2.2.2.2. La masse volumique apparente

#### a)-Masse volumique à l'état lâche :

C'est la masse par unité de volume y compris des vides existant entre les grains.

#### ➤ Mode opératoire :

- On détermine la masse volumique apparente du sable à l'aide d'un entonnoir standardisé de capacité 2 à 2.5l litres.
- On emplit l'entonnoir avec du sable sec.
- On pèse le récipient vide de capacité de 0.9, soit M1 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 M2 ce poids.

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

$$\rho_{app} = \frac{(M_1 - M_2)}{V_R}$$



Fig. III. 5 Essai La masse volumique apparente

Tableau III. 9 La masse volumique apparente à l'état lâche

Désignation	M <sub>1</sub> (g)	M <sub>2</sub> (g)	ρ <sub>app</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Moyenne
Essai 1	116	1386	1.41	1.41
Essai 2	116	1383	1.40	
Essai 3	116	1390	1.42	

#### b)-Masse volumique à l'état compact :

C'est la masse du matériau par unité de volume après compactage compris les vides restant entre les grains, elle est souvent supérieure à la masse volumique à l'état lâche.

Même procédure que celle de l'état lâche, après remplissage du récipient et le compactage par tassement à 30secousses manuelle, jusqu'au remplissage du récipient après on nivelle ce dernier et on le pèse, soit  $M_2$  la masse de l'ensemble (sable + récipient).

**Tableau III. 10 La masse volumique apparente à l'état compact**

Désignation	$M_1$ (g)	$M_2$ (g)	$\rho_{app}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Moyenne
Essai 1	116	1525.1	1.56	1.5 6
Essai 2	116	1526.1	1.56	
Essai 3	116	1524.1	1.56	

### III.2.2.2.3.Porosité et compacité et indice des vides :

Pour le sable de Boussaâda.

- la porosité par la formule :  $P = (1 - \rho_{app}/\rho_{abs}) \cdot 100\%$
- la compacité par la formule :  $C = \rho_{app}/\rho_{abs} = 1 - P$
- l'indice des vides par la formule :  $E = P/C$

**Tableau III. 11 Porosité, compacité et indice des vides**

Porosité P(%)		Compacité C(%)		Indice des vides C	
Lâche	Compact	Lâche	Compact	Lâche	Compact
41.25	35	58.75	65	0.70	0.53

### III.2.2.2.4.Equivalent de sable

Cet essai consiste à plonger un poids défini de sable dans une éprouvette normalisée remplie par une solution flocculant ; après agitation, on laisse décanter le mélange pendant 20 minutes, ensuite on mesure la hauteur du sédiment + flocculant ( $h_1$ ) et du sédiment ( $h_2$ ).

**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 le fond de l'éprouvette à l'aide d'une réglette.

Mesurer également avec le réglet la hauteur  $h_2$  comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire et le fond de l'éprouvette.

On:  $h_2$   $h_1$

$E.S.V = (h_2 / h_1) * 100 (\%)$        $h_2$  : la hauteur du sable.



**Fig. III. 6** Essai équivalent de sable visuel exécuté au laboratoire

**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 Del 'éprouvette.

Introduire le règle dans l'encoche du piston jusqu'à ce que de zéro vienne buter contre la face intérieur de la tête du piston, soit  $h_2'$  la hauteur lue et correspondant à la hauteur de le partie sédimentée.

$$\underline{\underline{E.S.P = (h_2' / h_1) * 100 (\%)}}$$

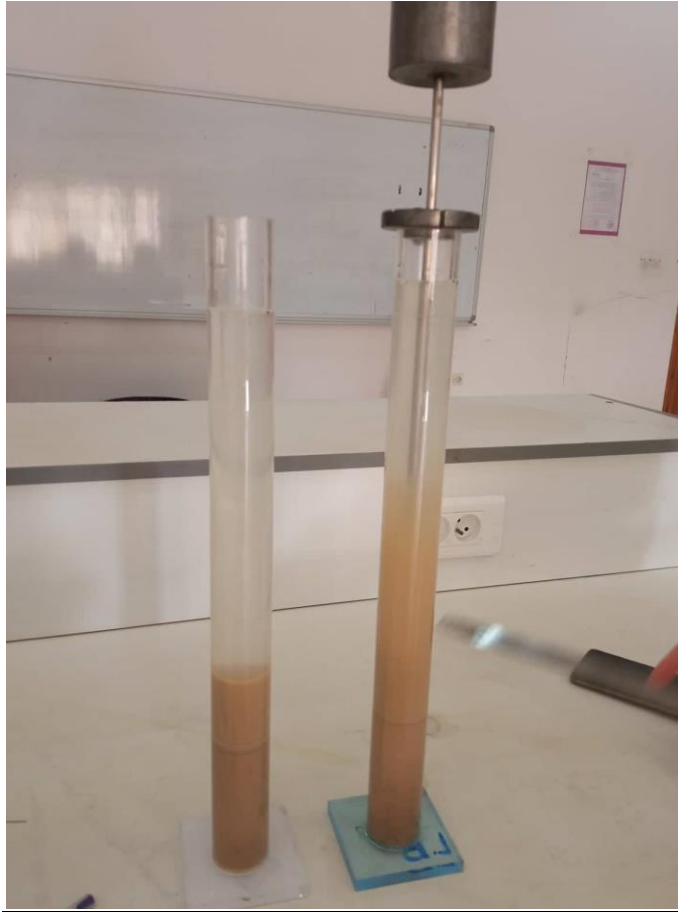


Fig. III. 7 Essai équivalent de sablepisto exécutés au laboratoire

➤ **Mode opératoire :**

- On remplit l'éprouvette de solution lavant jusqu'au trait inférieur.  
A l'aide du récipient de mesure, on introduit une masse sèche de 120 g de matériau dans l'éprouvette par l'intermédiaire de l'entonnoir, on frappe fortement à plusieurs reprises la base de l'éprouvette sur la paume de la main pour déloger les bulles d'air.
- On laisse pendant dix minutes, ensuite on agite l'éprouvette à l'aide de l'agitateur électrique afin de boucher l'éprouvette à l'aide du bouchon de caoutchouc à raison de 90 cycles en 30s.
- Laver le sable et le bouchon avec précaution jusqu'à atteindre le trait supérieur.

Laisser reposer pendant 20minutes,

- Mesure à l'aide d'un régulateur de hauteur  $h_1$  (sable+floculat), et à l'aide d'un piston la hauteur  $h_2$  (sable).

Cadence des essais : au nombre de 2

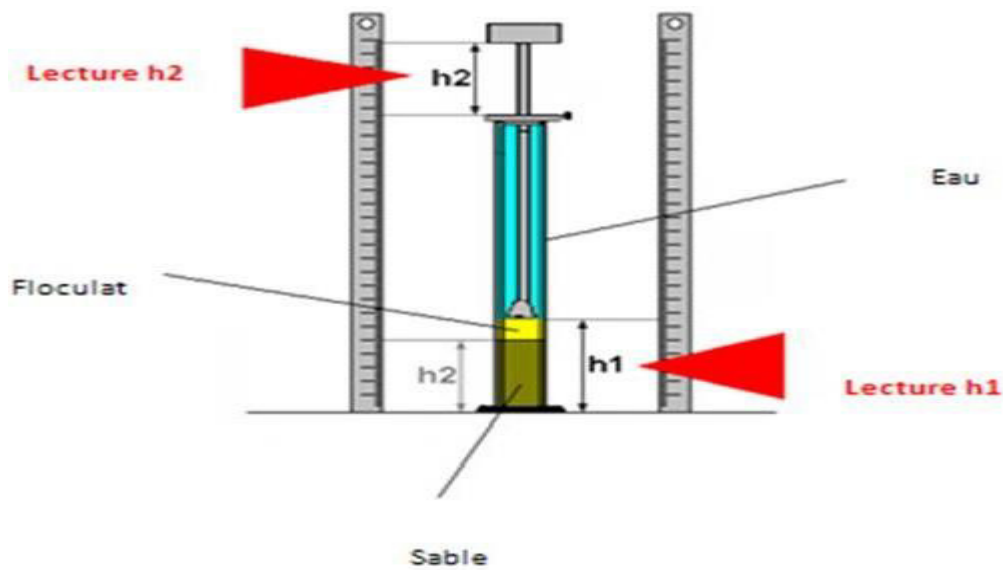


Fig. III. 8 Essais d'équivalent de sable

Tableau III. 12 Classification de la nature du sable en fonction de l'E.S

E.S.V	E.S.P	Nature et qualités de sable
$E.S < 65$	$E.S < 60$	Sable argileux, risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité
$65 < E.S < 75$	$65 < E.S < 70$	Sable légèrement argileux de propriété admissible pour des bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait
$75 < E.S < 85$	$70 < E.S < 80$	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses et convient parfaitement pour des bétons de haute qualité
$E.S > 85$	$E.S > 80$	Sable très propre, l'absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par l'augmentation du dosage en eau

Tableau III. 13 Equivalent de sable

Désignatio n	$h_1$ (cm)	$h_2$ (cm)	E.S.V(%)	$h'_2$ (cm)	E.S.P(%)
Essai 1	11.1	8.9	80.18	8.9	80.18
Essai 2	11.4	9.3	81.5	9	78.94
Essai 3	12.6	9.8	77.7	8.7	69.04

$$(E.S.V)_{\text{moy}} = 79.8 \%$$

$$(E.S.P)_{\text{moy}} = 76.05 \%$$

C'est un sable propre à faible pourcentage de fines argileuses.

### III.2.2.2.5. La teneur en eau de sable

Le sable a la capacité de retenir une grande quantité d'eau, Si son humidité est comprise entre 0 et 3% on le considère comme un sable sec.

➤ **Mode opératoire :**

- Peser un échantillon de sable humide, soit  $M_h$  son poids.
- Mettre le sable dans l'étuve à une température de 100°C environ, et cela pour 24h.
- Peser l'échantillon de nouveau, soit  $M_s$  son poids.

$$W = \frac{[(M_h - M_s) \times 100]}{M_s(\%)}$$

$M_s$  : poids du sable sec en (g).

$M_h$  : poids du sable humide en (g).

Tableau III. 14 La teneur en eau du sable

Désignaton	M <sub>h</sub> (g)	M <sub>s</sub> (g)	W (%)	Moyenne
Essai 1	400	399	0.25	1.00
Essai 2	400	399	0.25	
Essai 3	400	398	0.50	

### III.2.2.2.6. Le degré d'absorption d'eau du sable:

C'est est pouvoir d'un matériau d'absorption et de retenir l'eau, elle est définit en pourcentage d'après la formule suivante :

$$A = \frac{(m_2 - m_1 / m_1)}{100}$$

**M1** : la masse de matériau sec en (g).

**M2** : la masse de matériau saturé d'eau superficiellement sèche en (g).

Tableau III. 15 Le degré d'absorption d'eau du sable

Designation	m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)	A (%)	Moyne
Essai 1	400	489	22.25	22.66
Essai 2	400	488	22	
Essai 3	400	495	23.75	

### III.2.3. Le ciment:

Le ciment utilise dans ce travail est le Ciment Portland Compose Moukaouem

NA 442 - CEM I 42,5 N-SR 3, de la cimenterie Lafarge de M'sila.

Moukaouem est un ciment gris résistant aux sulfates, resultat de la mouture d'un clinker contenant un faible taux d'aluminates de calcium avec une proportion de gypse inferieure a celle d'un ciment portland compose.



Fig. III. 9 Ciment Portland NA 442 - CEM I 42,5 N-SR 3

➤ **Les avantages du produit :**

- Tout en étant un ciment de haute performance, Mokaouem protège la structure contre les agressions chimiques de l'environnement externe .
- Une meilleure durabilité pour les structures en béton.
- Une faible chaleur d'hydratation.

➤ **Analyses Chimiques :**

Pert au feu (%) (NA5042)	0.5 à 3 %
Teneur en sulfates (SO <sub>3</sub> )(%)	1.8 à 3
Teneur en oxyde de magnésium MgO(%)	1.2 à 3
Teneur en chlorures (NA5042)(%)	0.01 à 0.05

**III.2.4.L'adjuvant:**

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 EN 934-2).

L'adjuvant utilisé est le MEDAPLAST SP 40 qui est un super plastifiant haut réducteur d'eau.

Propriétés : Grâce à ses propriétés le MEDAPLAST SP 40 permet :

Sur béton frais :

- Améliorer la fluidité.
- Augmenter la maniabilité.
- Réduire l'eau de gâchage.
- Éviter la ségrégation.
- faciliter la mise en œuvre du béton.

Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques même à jeune âge.
- Diminuer la porosité.
- Augmenter la durabilité.
- Diminuer le retrait.

Caractéristiques :

Aspect	Liquide
Couleur	Marron
PH	8.2
Densité	1.20 $\pm$ 0.01
Teneur en chlore	<1g /L
Extrait Sec	40%

**III.2.5. Le filler (marbre):**

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

**Tableau III. 16** Caractéristiques physiques du marbre

Propriétés Physiques	Fine Marbre
Masse volumique apparent (g/cm <sup>3</sup> )	0.83
Densité	2.67
Surface spécifique de blaine (cm <sup>2</sup> /g)	448

**Tableau III. 17** Caractéristiques chimiques du marbre

Analyse chimique	Fines marbre
SiO <sub>2</sub>	1.47
CaO	55.3
MgO	0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.35
Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12
K <sub>2</sub> O	0.04
So <sub>3</sub>	0.01
Pert de feu	42.56

**III.2.6. L'eau de gâchage:**

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

Tableau III. 18 Caractéristiques chimiques de l'eau de gâchage

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

### III.2.7. Les Grains Plastiques

Un matériau constitué de granulés plastiques contient au moins un produit thermoplastique et se présente sous forme de petits grains. Les granulés sont fondus, extrudés ou moulés, pour fabriquer des objets en PE, PP, PS.

Coleur ———→ Blanche

Densité ———→ 0.93

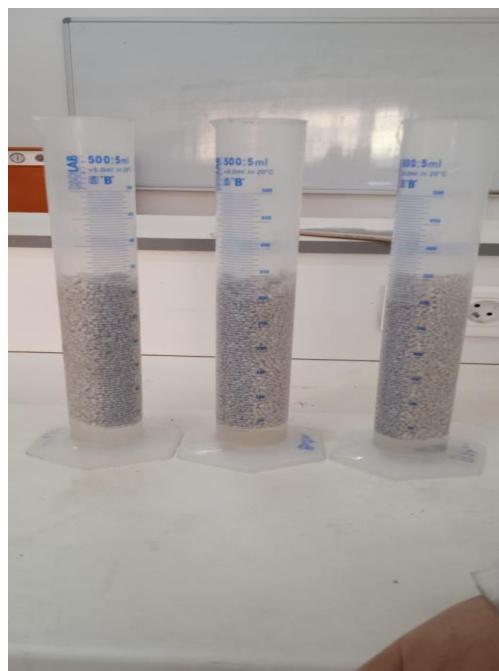


Fig. III. 10 Les granulés Plastiques

# **CHAPITRE IV**

## **TECHNIQUES EXPERIMENTALES DES BETON AUTOPLACANT**

## IV.1.INTRODUCTION

Le béton auto plaçant est du type qui nécessite une grande précision dans sa préparation, avec plus de considération pour toutes ses normes et la méthodologie suivie, celle-ci prenant en compte ses premières informations, la capacité du malaxeur utilisé, après avoir réglé la proportion de chaque composant, la méthode à suivre, en vérifiant que les matériaux sont complètement secs après lavage, la quantité d'eau nécessaire pour le mélange.

Le super plastifiant est ajouté au quart, en mélangeant l'eau, le poids du mélange sec, le gravier, le sable, le ciment, le marbre, et l'insérer dans le mélangeur.

Le mélangeur est allumé pour homogénéiser le mélange sec pendant une certaine période.

Le mélangeur fonctionne, et le premier quart de l'eau contenant la substance auxiliaire est ajoutée progressivement au mélangeur, puis les trois quarts de l'eau restante sont ajoutés. Le mélange effectue les tests nécessaires.

Au moins deux fois pour s'assurer et vérifier la validité des valeurs obtenues. Les échantillons sont remplis en deux et trois couches sans vibration.

## IV.2.FORMULATION DU BETON AUTOPLACANT :

### IV.2.1.Formulation du béton auto plaçant :

Concernant la formulation du béton auto plaçant, comme nous n'avons pas suivi la formule classique Nous avons plutôt abordé les conditions nécessaires pour assurer l'auto plaçant lors de la conformité et sur la construction des structures proposées dans la littérature spécialisée, qui est la question de tester les proportions des composants dans 1 m<sup>3</sup> de béton données les paramètres suivants :

- ◆ Un rapport G/S = 1.
- ◆ Un rapport E/C = 0.5.
- ◆ Un dosage en ciment plutôt élevé C = 420 kg /m<sup>3</sup>
- ◆ Un pourcentage déterminé en ajouts (super plastifiant, les fillers, ou encore les deux). Le filler F=10%\*C, et le super plastifiant SP40=2%\*C.

### IV.2.2.Les constituants présents dans le mélange :

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

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<sup>3</sup> 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 SP40 est égale à 1.2

Ce qui nous donne en terme de volume :  $8.4 / 1.2 = 7 \text{ l/m}^3$

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 gravies et du sable:

Le volume de la pate pour  $1\text{m}^3$

de béton est :

$$C + E + F + SP = 135,48 + 210 + 15,73 + 7 = 368.21 \text{ litres}$$

Le volume des granulats pour  $1\text{m}^3$

De béton est :

$$G + S = 1000 - 368.21 = 631.79 \text{ litres}$$

Avec  $G/S = 1$

On a donc:  $G = S = 315.89 \text{ l/m}^3$

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

Gravier (3/8) :  $50\% = 157.94 \text{ l/m}^3$

Gravier (8/16) :  $50\% = 157.94 \text{ l/m}^3$  et pour le

Sable :  $S = 315.89 \text{ l/m}^3$

En termes de poids on a :

Gravier (3/8) =  $157.94 * 2.67 = 421.69 \text{ kg/m}^3$

Gravier (8/16) =  $157.94 * 2.68 = 423.27 \text{ kg/m}^3$

Sable =  $315.89 * 2.627 = 827.64 \text{ kg/m}^3$

**Tableau IV. 1 La composition des matériaux pour 1m3 de béton**

Composant	Composant en volume (l/m <sup>3</sup> )	Composant en masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )
Gravier 3/8	157.94	421.69
Gravie 8/16	157.94	423.27
Sable	315.89	827.64
Ciment	135.48	420
Eau	210	210
Super plastifiant SP40	7	8.4
Filler (marbre)	15.73	42
Déchet plastique		
Proportion		
10%		29.36
20%		58.74
30%		88.10

### IV.2.3. Stockage des échantillons

A la fin du malaxage les moules sont conservés à température ambiante après 48 heures - Après démoulage des moules et prélèvement des échantillons, et pour assurer un bon durcissement du béton, ils sont stockés dans un récipient d'eau à une température de 20°C.

Cela évite les pertes d'eau et assure le déroulement normal du processus d'hydratation du ciment.



**Fig. IV. 1** Un récipient d'échantillons d'eau

#### **IV.2.4.LES GRANULES PLASTIQUES**

Les granules de plastique ou bien déchets industriels.

Les granules de plastique sont de très petite taille



**Fig. IV. 2** Les granules de plastique

La densité les granules plastiques 0.93

Le dosage : 10% ;20% et 30% de volume de béton

#### **IV.2.5. Les compositions des différents bétons :**

**BAPT:** Béton Auto plaçant Témoin avec 0% de Granulés plastiques.

**BAPCP1 :** Béton Auto plaçant avec remplacement du sable par 10% de Granulés plastiques.

**BAPCP2 :** Béton Auto plaçant avec remplacement du sable par 20% de Granulés plastiques.

**BAPCP3 :** Béton Auto plaçant avec remplacement du sable par 30% de Granulés plastiques.

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

Le béton auto plaçant à l'état frais et à l'état durci a fait l'objet de nombreuses recherches ces dernières années. Parmi les essais les plus utilisés pour la caractérisation des bétons autoplaçants à l'état frais on pourra 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 au tamis.

#### IV.3.1.Détermination de la consistance au cône d'Abrams :

C'est un essai dérivé de l'essai d'affaissement, sauf qu'au lieu de mesurer l'affaissement, on mesure cette fois-ci le diamètre moyen de la galette formée par le béton lors de l'étalement.

➤ **Matériel utilisé :**

- Plateau équipé en partie supérieure d'une plaque métallique plane (type table DIN) constituant un carré d'au moins 90 cm de côté
- Cône d'Abrams disposant d'un empattement à sa base afin qu'il puisse être maintenu contre le plateau avec les pieds par l'opérateur.
- Mètre ou règle de 90 cm.

➤ **Mode opératoire**

- Placer la planche sur un support horizontal et stable.
- Mouiller la surface de la planche pour éviter que le béton n'y adhère.
- Le cône est relevé verticalement
- Lorsque le béton est étalé sur la plaque, nous mesurons le diamètre sur des côtés spécifiques. Si les deux valeurs diffèrent de plus de 5 cm, le test doit être répété. Le résultat final est la moyenne des valeurs obtenues. **Slump Flow = (D1+D2) / 2**



Fig. IV. 3 Exemple d'étalement d'un BAP

### IV.3.2.Essai de la boîte en « L » NF EN 12 350-10 :

#### ➤ Mode opératoire

La partie verticale de la boîte est entièrement remplie de béton (le volume nécessaire est d'environ 13 litres). Après arasement, on laisse le béton reposer pendant une minute.

Puis on lève la trappe et on laisse le béton s'écouler dans la partie horizontale de la boîte en L à travers le ferrailage. La distance libre entre les barres est de 39mm.

Quand le béton ne s'écoule plus, on mesure les hauteurs H1 et H2 et on exprime le résultat en terme de taux de remplissage  $H2/H1$ .

Lorsque le béton s'écoule mal à travers le ferrailage et qu'il se produit un amoncellement de granulat en aval de la grille, c'est le signe d'un problème de blocage ou de ségrégation.

A noter que les temps nécessaires pour des écoulements horizontaux respectifs de 20 cm et 40 cm (à matérialiser sur le fond de la boîte en L) peuvent être mesurés pour estimer la viscosité du béton[29].



Fig. IV. 4 Exemple à la boîte en L

### IV.3.3.Détermination de la résistance à la ségrégation par l'évaluation de la stabilité au tamis :

➤ **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).

➤ **Mode opératoire :**

- 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 ;
- Couvrir le seau pour protéger le béton de la dessiccation, et attendre 15 minutes ;
- Peser le fond et le tamis à vide ;
- Après 15 minutes, verser sur le tamis un poids de béton égal à 4.8 kg ;
- Noter le poids réel de l'échantillon ; -Attendre 2 minutes puis faire la tare ; -Peser le fond avec la laitance.

On calcule :  $\Pi = \left( \frac{\text{Plaitance}}{\text{Péchantillon}} \right) \cdot 100$



Fig. IV. 5 Exemple de stabilité au tamis

#### ➤ Critères d'acceptabilité

Les critères qui suivent sont particulièrement adaptés aux applications de béton autoplaçant en éléments verticaux. La mesure de pourcentage de laitance conduit à classer les formules de béton auto plaçant de la façon :

- $0\% \leq \Pi \leq 15\%$  **stabilité satisfaisante.**
- $15\% < \Pi \leq 30\%$  **stabilité critique** (essai de ségrégation à réaliser in situ).
- $\Pi > 30$  **stabilité très mauvaise** (ségrégation systématiquement, béton inutilisable). Par ailleurs, la détection d'eau de ressuage lors de l'essai n'est pas acceptable.

### IV.4. Essais de caractérisation du béton autoplaçant à l'état durci :

#### IV.4.1. Essai compression NF EN206-1 :

##### ➤ But de l'essai:

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

##### ➤ Principe de l'essai:

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



Fig. IV. 6 Exemple de l'essai de compression

➤ **Conduit de l'essai :**

- Ce temps écoulé, on retire le moule et on fait passer l'éprouvette à la presse permet la lecture de la force qui s'exerce sur les facettes latérales du cubique de béton.
- Epreuve sera placée entre les deux mâchoires de la machine et on élèvera une seule lecture.
- Celle de la force correspondant à la rupture de l'échantillon. Soit F cette lecture.

Calculs :

La résistance sera :  $G = F/S$

S : section de l'éprouvette : 100 cm<sup>2</sup>.

□ F : force au moment de la rupture.

**IV.4.2. Essai au scléromètre :**

➤ **Objectif de l'essai:**

- permettre l'obtention rapide de la résistance du béton d'un ouvrage, sans procéder à des prélèvements de béton durci par carottage.
- La mesure de la dureté au choc permet d'évaluer la résistance d'un béton de manière non destructive. Cette méthode est intéressante en raison de sa simplicité ; elle permet de faire rapidement des contrôles de régularité des bétons d'un ouvrage.

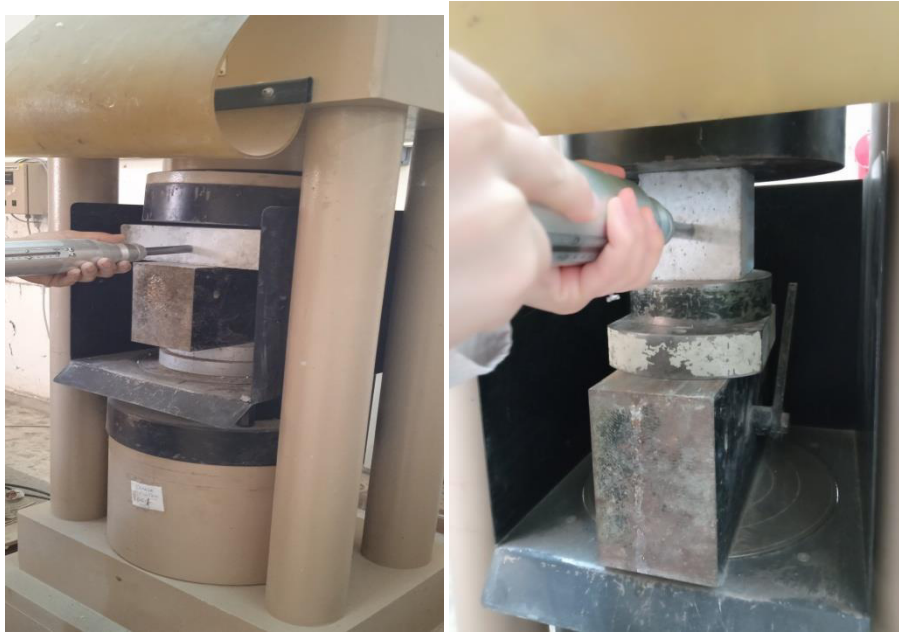


Fig. IV. 7 L'appareil de l'essai de au scléromètre

➤ **Principe de l'essai**

Il s'agit de tester la dureté de surface d'un béton durci. Cette dureté étant d'autant plus élevée que le béton est plus résistant, cela permet d'avoir un ordre de grandeur de la résistance atteinte par un béton à un âge donné.

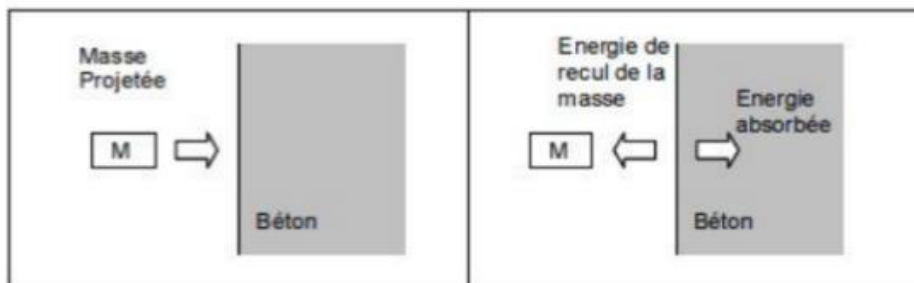


Fig. IV. 8 Principe de fonctionnement d'un scléromètre.

➤ **Avantages**

- C'est une méthode peu coûteuse, simple et rapide. Feldman (1977).
- L'essai au scléromètre est comparatif, il est utile pour évaluer l'homogénéité du béton dans une structure ou lors de la fabrication d'éléments semblables des éléments préfabriqués.
- L'essai peut aussi être utilisé pour vérifier si la valeur de l'indice de rebondissement a atteint la valeur désirée correspondant à la résistance du béton, ce qui peut aider à décider du moment où l'on peut mettre la structure en service.
- Une utilisation de cet essai est de pouvoir vérifier si le développement de la résistance d'un béton a été affecté par le gel au jeune âge. (Selon la norme ASTM C 805-85 un béton encore gelé peut donner un indice de rebondissement très élevé).

- Une application particulière de l'essai au scléromètre consiste à évaluer la résistance à l'abrasion des planchers de béton, qui dépend largement de la dureté de surface[30].
- **Inconvénients :**
- Une précision entre  $\pm 15$  et  $\pm 20\%$  n'est possible qu'avec des éprouvettes qui ont été coulées et soumises à un traitement de cure et à des essais dans les conditions pour lesquelles les courbes d'étalonnage ont été établies. (Feldman 1977).
  - Les résultats sont influencés par des facteurs tels que l'égalité de la surface, la grosseur et la forme de l'éprouvette, le degré d'humidité du béton, le type de ciment et de gros granulats W.E. Grieb (1958) et le degré de carbonatation de la surface.
  - La résistance obtenue n'est que celle de la peau de béton, elle ne renseigne pas sur le béton à l'intérieur de la masse de l'ouvrage. Selon la norme BS 1881 : partie 202 : 1986, l'épaisseur concernée par cet essai est d'environ 30mm. Les changements qui n'affectent que la surface du béton, comme le degré de saturation en surface (qui abaisse l'indice de rebondissement) C.H. Willetts (1958) ou la carbonatation (qui augmente cet indice) S. Amasaki (1991) ont peu d'influence sur les propriétés du béton en profondeur.
  - On ne peut juger définitivement qu'une partie d'ouvrage à partir des indications du scléromètre.
  - Bien que l'essai au scléromètre soit utile, il ne constitue en aucune façon une mesure de la résistance et l'on ne devrait pas accepter la revendication exagérée de son emploi en remplacement des résultats de l'essai de compression[30].

#### IV.4.3. Essai de traction par flexion :

➤ **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) cm<sup>3</sup> de béton placé horizontalement entre deux plateaux d'une presse.



Fig. IV. 9 L'appareil de l'essai de traction par flexion

➤ **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 d'un calcul classique de résistance des matériaux en élasticité est  $\sigma_f$  (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 bétons  $\sigma_t$  un terme correctif de 0,6 ( $\sigma_t = 0,6\sigma_f$ )

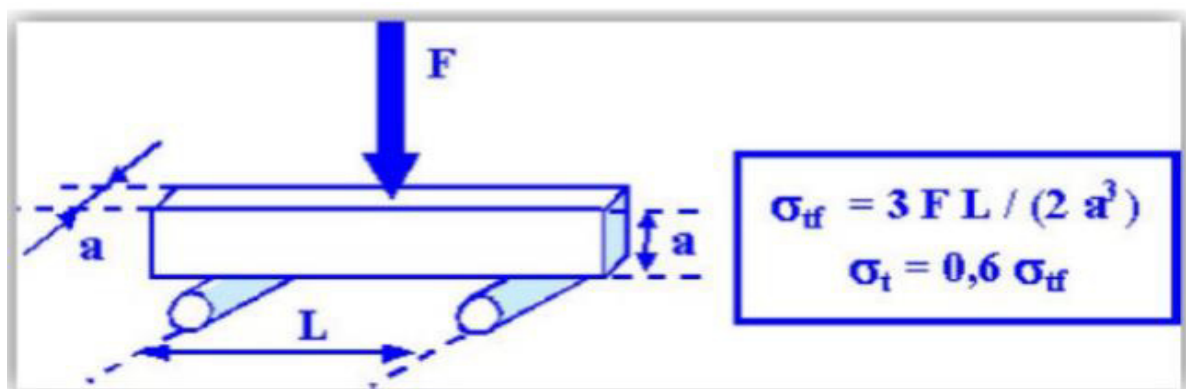


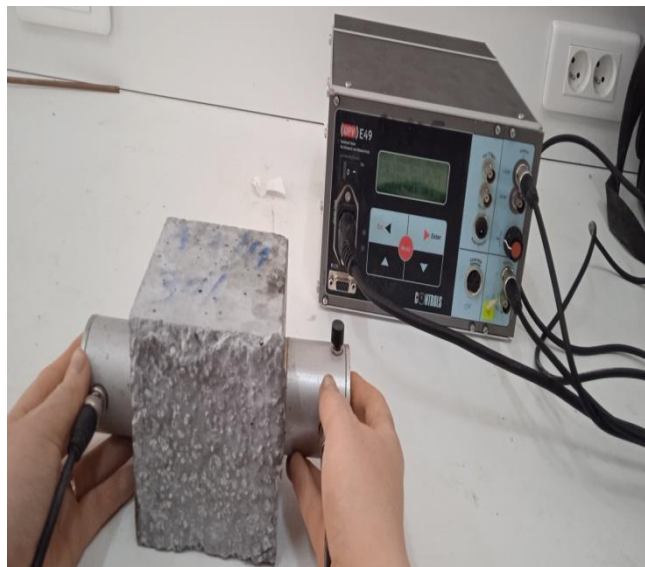
Fig. IV. 10 Équation 35 Formule de calcul de la résistance de traction.

#### IV.4.4. Essai d'auscultation dynamique :

Grâce à ce test, qui permet de déterminer la vitesse de propagation des impulsions ultrasonores qui traversent le béton à connaître, ce dernier est connu depuis longtemps.

➤ **Principe d'essai :**

Le principe de la méthode de mesure de la durée d'une onde, d'où le nom de la méthode (test de vitesse de propagation des ondes sonores) pour parcourir une distance connue. Tous les appareils, générateur d'impulsions et récepteur d'impulsions.



**Fig. IV. 11** Appareil d'auscultation sonique.

➤ **A avantage :**

- C'est une méthode idéale pour déterminer l'homogénéité du béton.
- L'essai peut être utilisé autant sur les ouvrages complétés que sur ceux en construction.
- La mesure des ondes sonores présente l'énorme avantage de donner des informations sur l'intérieur d'un élément de béton. Selon Chung et Law (1983) l'essai de propagation des ultrasons peut être utilisé pour détecter la fissuration (Mais les fissures parallèles au déplacement de l'onde), les vides, les détériorations dues au gel ou de feu et l'uniformité du béton dans des éléments semblables.

L'essai de propagation des ultrasons peut être utilisé pour suivre les changements microstructuraux dans un élément par exemple à la suite de cycles répétés de gel/dégel[30].

## IV.5.conclusion

Dans ce travail, nous avons effectué plusieurs tests. Nous avons utilisé des matériaux locaux disponibles sur le marché Algérien (ciment, granulats, super plastifiants).

Dans un premier temps, nous avons déterminé les essais qui ont été réalisés lors de cette étude sur le béton autoplaçant dont le but était :

Détermination de leurs caractéristiques rhéologiques (essai d'étalement, Essai de la boîte en L, et stabilité au tamis).

Après cela, les tests requis liés au domaine mécanique ont été effectués et ces derniers ont servi pour déterminer les propriétés mécaniques (Compression, Traction, Essai Scléromètre, Essai d'Auscultation dynamique).

Et tout cela dans le but d'identifier l'effet des granulés de plastique qui ont été remplacés une quantité du sable dans le béton autoplaçant que ce soit à l'état frais ou durcis.

# **CHAPITRE V**

## **Résultats et Discussions**

## V.1. Introduction :

Pour les bétons auto plaçant, il est nécessaire d'assurer une bonne fluidité et une bonne résistance à la ségrégation.

**Les formulations des bétons réalisés sont les suivantes :**

BAP T → Béton auto plaçant témoin avec 0% de granulés plastiques.

BAPCP1 → Béton auto plaçant avec remplacement du sable par 10% de granulés plastiques.

BAPCP2 → Béton auto plaçant avec remplacement du sable par 20% de granulés plastiques.

BAPCP3 → Béton auto plaçant avec remplacement du sable par 30% de granulés plastiques.

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

Pour obtenir un béton autoplaçant, on a procédé d'incorporer les grains plastiques, tout en assurant la fluidité, la capacité de passage, de remplissage et la résistance à la ségrégation recommandée.

Le tableau V.1 résume les différents résultats de différents mélanges à l'état frais

Tabloux. V. 1 Résultats d'essais sur les bétons frais

Type de béton	L'étalement (mm)	Stabilité au tamis (%)	La boîte en L ( $H_2/H_1$ )	Masse volumique ( $kg/m^3$ )
BAPT	630	8.4	0.88	2444
BAPCP1	506	6.84	0.46	2294
BAPCP2	735	7.78	0.81	2104
BAPCP3	445	/	0.50	1894

### 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

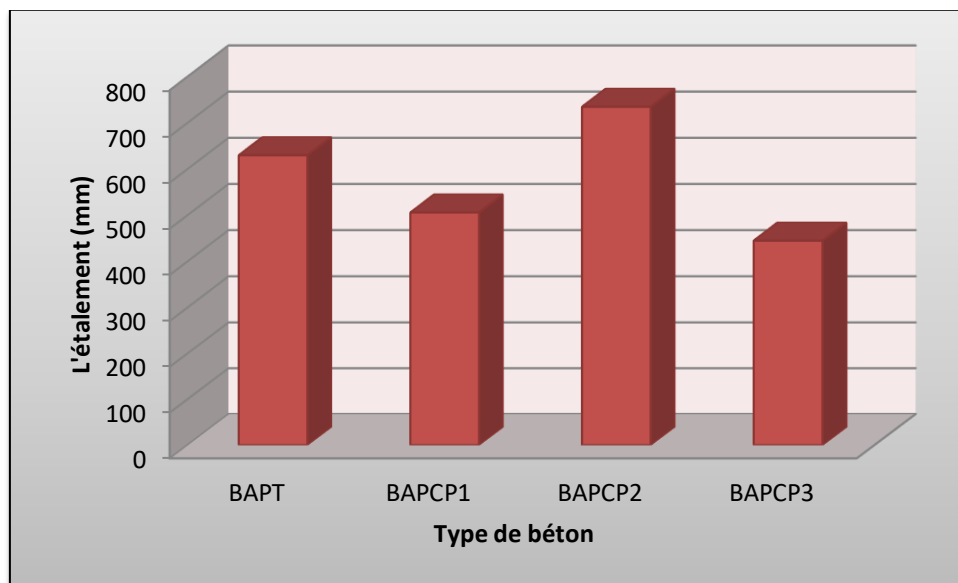


Fig. V. 1 L'étalement en fonction de type de béton

Les valeurs d'étalement sont habituellement fixées entre 60 et 75 cm. Notre béton témoin BAPT présente une valeur d'étalement comprise entre ces deux valeurs.

Pour les BAP avec les grains plastiques seule le BAPCP2 avec un dosage de remplacement de sable avec les grains plastiques de 20% qui donne un étalement d'un BAP 735cm, alors on peut dire que le dosage optimal c'est le 20% avant ce dosage et après les grains plastiques influent négativement sur l'étalement des BAP.

### V.2.2.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.2

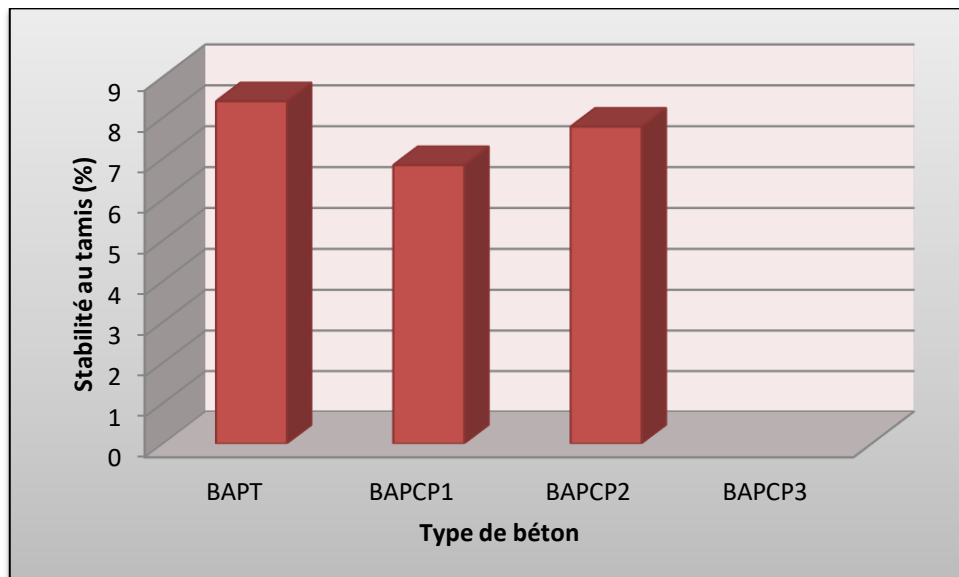


Fig. V. 2 L'indice de ségrégation en fonction de type de béton

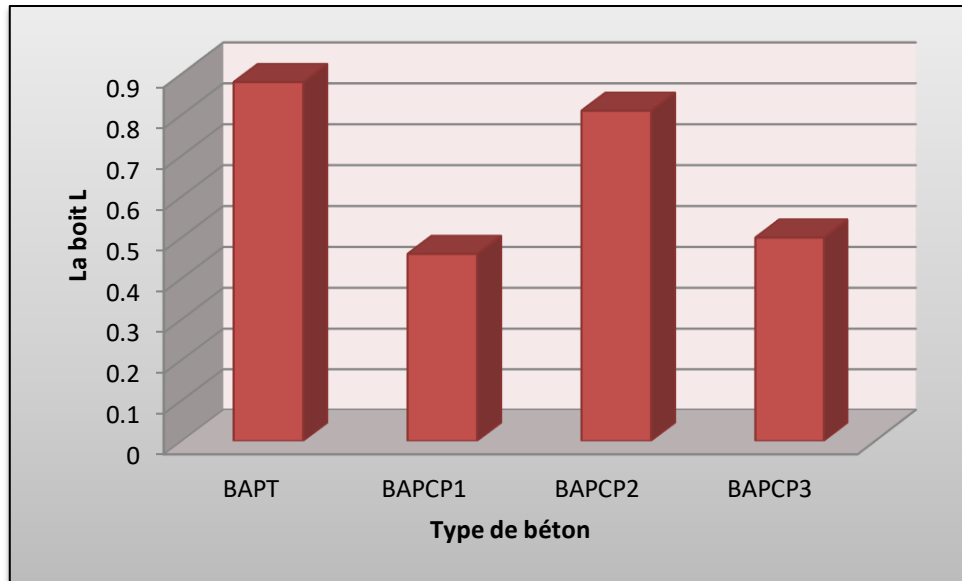
On constate d'après les résultats obtenus que BAP est confiné entre :  $0 \leq \Pi \leq 15$

Cela signifie que le béton autoplaçant a une stabilité satisfaisante.

### V.2.3.Essai de la boîte en L :

L'objectif de cet essai est de déterminer la capacité du béton à s'écouler dans une zone confiné, 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.3**



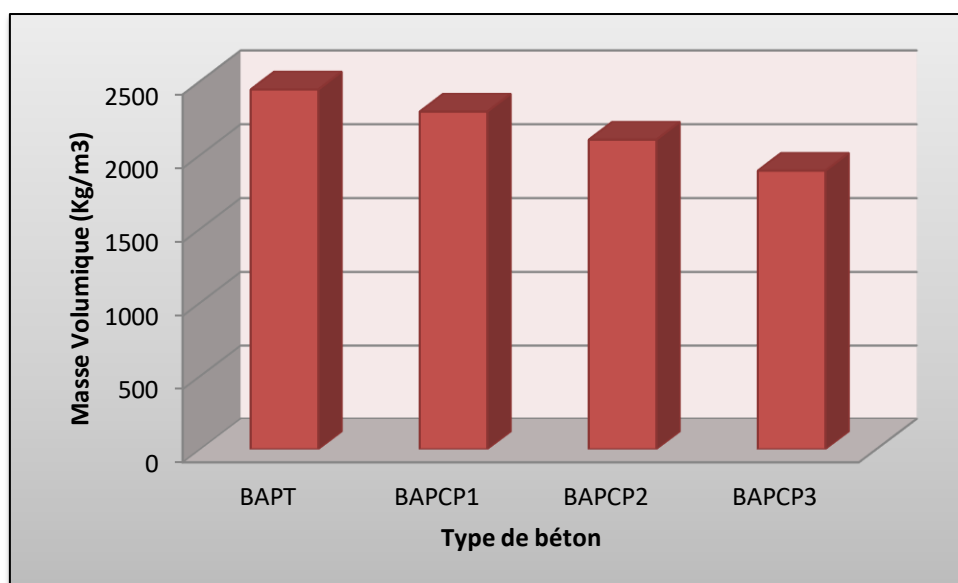
**Fig. V. 3 Le taux de remplissage en fonction de type de béton**

Le test est exploité par le taux de remplissage (taux de montée du béton à la fin et au début de la boîte), qui devrait en principe être supérieur à 0,8, et au travers des résultats obtenus, on constate que le BAPT et BAPCP2 sont en accord avec le principe.

Pour les deux autres BAP le BAPCP1 et le BAPCP3 ont rendus difficile l'écoulement et ont entraînés, un blocage du béton

#### **V.2.4.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 de type de béton**

Nous remarquons d'après les résultats obtenus dans l'énoncé que la densité du BAPT est élevée par rapport au BAPCP. Plus le pourcentage de granulés de plastique augmente, plus la densité diminue.

### **V.3.Résultats des essais à l'état durci**

Pour faire les essais de compression et de traction on a confectionné des éprouvettes cubiques de dimensions  $(10 \times 10 \times 10) \text{cm}^3$  et des éprouvettes prismatiques de dimensions  $(7 \times 7 \times 28) \text{cm}^3$ .

Toutes les éprouvettes ont été conservées dans l'eau à une température ambiante de  $20^\circ\text{C}$  (EN12390-2).

Les résultats de compression et traction par flexion sont résumés dans ce tableau pour le BAPT et BAPCP1 et BAPCP2 et BAPCP3

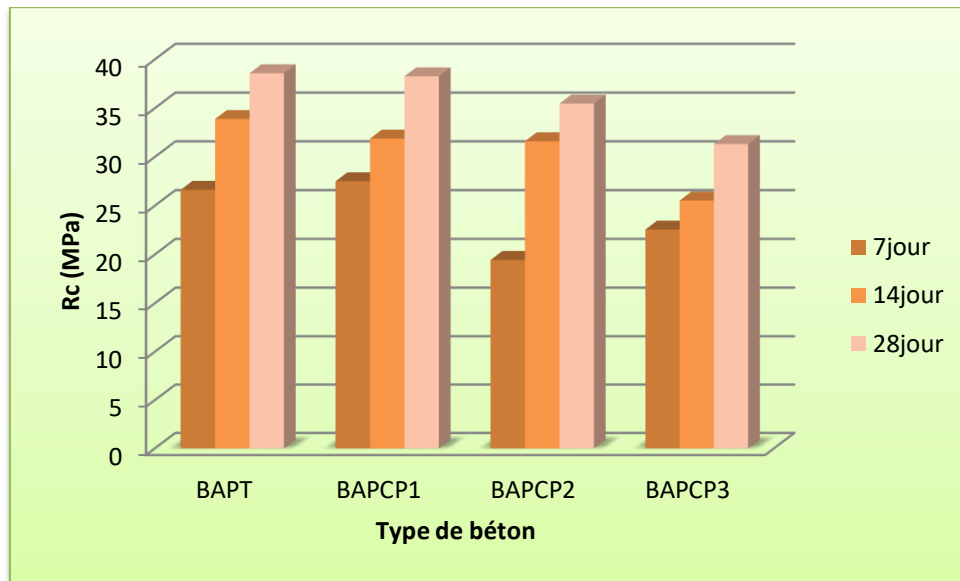
#### **V. 3.1. Les essais destructifs (ED) :**

##### **V.3.1.1.La résistance à la compression :**

Tableaux. V. 2 Résistance à la compression

Composition	Eprouvettes	La Compression suivant l'âge du béton		
		7jours (MPa)	14 jours (MPa)	28 jours (MPa)
BAPT 0%	1	17.7 8	39.18	39.22
	2	29.1 0	36.21	38.73
	3	33.0 0	26.3	37.79
	Moy	26.63	33.89	38.58
BAPCP1 10%	1	28.39	30.38	39.26
	2	28.1 5	32.88	37.94
	3	26.0 0	32.40	37.61
	Moy	27.5 1	31.88	38.27
BAPCP2 20%	1	14.79	31.04	34.12
	2	32.1 9	34.97	40.91
	3	11.3 4	28.82	31.4
	Moy	19.4 4	31.61	35.47
	1	21.70	25.75	31.82

BAPCP3	2	23.2	24.5	30.75
30%	3	22.8	26.35	31.4
	Moy	22.5	25.53	31.32
		6		



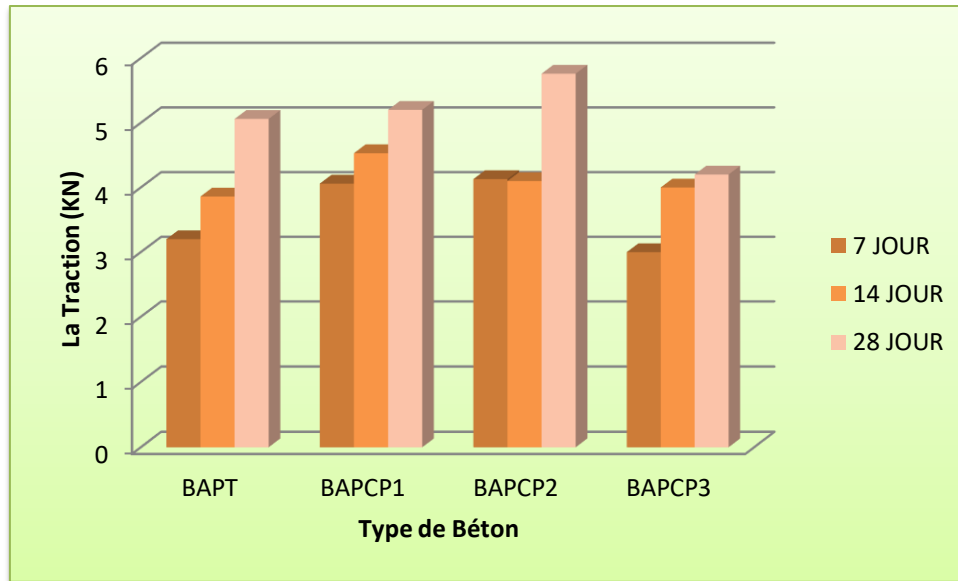
**Fig. V. 5 La résistance à la compression en fonction de l'âge des bétons**

A travers la courbe du graphique, on remarque que la résistance à la compression augmente avec l'âge pour le BAPT, la résistance positive était une valeur raisonnable et un meilleur résultat, Lors du remplacement du sable par des granulés de plastique, on remarque dans BAPCP2 que sa valeur est proche de BAPT, qui est une valeur élevée, mais lorsque les granulés sont augmentés de plus de 20%, la résistance diminue, ce qui signifie que les granulés de plastique ajoutés ont un effet négatif lorsque leur quantité dépasse 20%, et cela est proportionné aux

**V.3.1.2.La résistance à la traction par flexion :**

Tableaux. V. 3 Résistance à la traction par flexion

Composition	Eprouvettes	La Compression suivant l'âge du béton		
		7 jours (KN )	14 jours (KN)	28 jours (KN)
BAPT 0%	1	3.2	4	4.7
	2	3.1	4	5.6
	3	3.3	3.6	4.9
	Moy	3.2	3.86	5.06
BAPCP1 10%	1	3.9	5	5.7
	2	4	4.7	4.9
	3	4.3	3.9	5
	Moy	4.06	4.53	5.2
BAPCP2 20%	1	3	4.2	6.5
	2	4.5	3.9	5
	3	4.7	4.2	5.8
	Moy	4.13	4.1	5.76
BAPCP3 30%	1	4.2	4	4.2
	2	3.7	3.9	4
	3	3.4	4.1	4.4
	Moy	4.13	4	4.2



**Fig. V. 6 La résistance à la traction par flexion en fonction de l'âge des bétons**

On remarque que la résistance à la traction par flexion augmente avec l'âge du béton de 7 jours à 28 jours pour le BAPT et pour tous les BAPCP.

Et que ce travail effectué en ajoutant des granulés plastiques en complément avec 20% de sable est la meilleure résistance obtenue par rapport au BAPT.

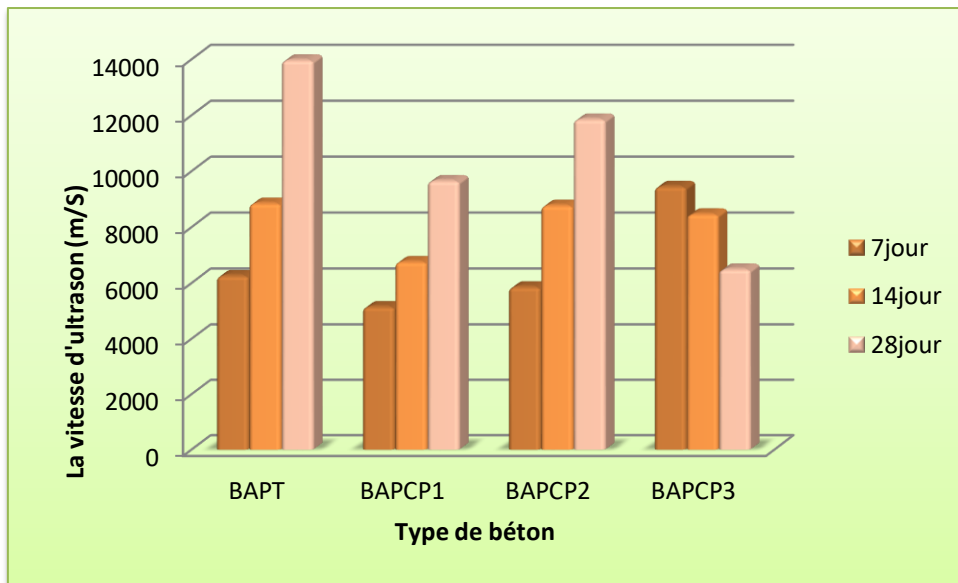
### **V.3.2. Les essais non destructifs (END) :**

#### **V.3.2.1. L'essai à l'ultrason**

Tablaux. V. 4 Les essais à l'ultrason pour éprouvettes cubiques

Composition	Eprouvettes	La vitesse du son suivant l'âge du béton		
		7 jours (m/s)	14 jours (m/s)	28 jours (m/s)
BAPT 0%	1	5678	9210	13793
	2	6854	8987	13483
	3	6235	8345	14634
	Moy	6256	8847	13970
BAPC P1 10%	1	5239	6579	10292
	2	5075	6894	9188
	3	5125	6793	9479
	Moy	5146	6755	9653
BAPC P2 20%	1	6030	9331	11009
	2	6057	8795	12903
	3	5471	8186	11650
	Moy	5853	8771	11854
BAPC P3 30% 3	1	9419	8415	6363
	2	9345	8376	6435
	Moy	9447	8462	6490

9576				
8594				
6673				



**Fig. V. 7 La vitesse en fonction de l'âge des bétons**

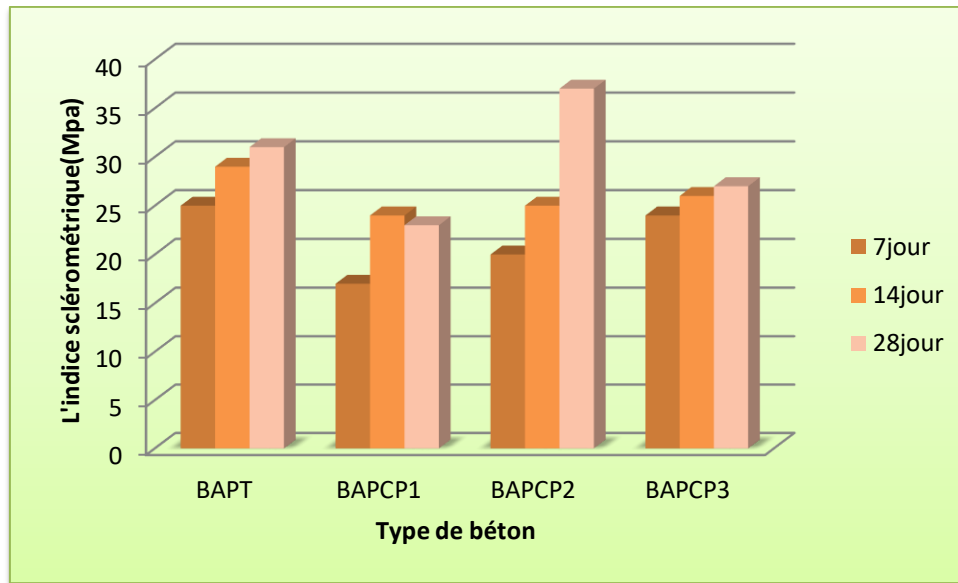
Dans ce graphique, les résultats indiqués montrent que plus la durée de vie du béton auto plaçant est longue, plus la vitesse du son est élevée, car elle n'affecte pas les granulés plastiques à un maximum de 20%, la vitesse du son diminue en fonction de la quantité ajoutée, ces résultats correspondent à la résistance à la compression.

## V.3.2.2.L'essai au scléromètre :

➤ éprouvettes cubique:

Tableaux. V. 5 Les essais au scléromètre

Composition	Epreuves	La Compression suivant l'âge du béton		
		7jours (MPa)	14 jours (MPa)	28 jours (MPa)
BAPT	1	20	26	28
	2	25	28	30
	3	29	32	34
	Moy	25	29	31
BAPCP1	1	15	25	21
	2	16	22	22
	3	19	24	27
	Moy	17	24	23
BAPCP2	1	22	25	37
	2	19	24	36
	3	20	26	38
	Moy	20	25	37
BAPCP3	1	25	24	23
	2	21	26	29
	3	26	28	28
	Moy	24	26	27



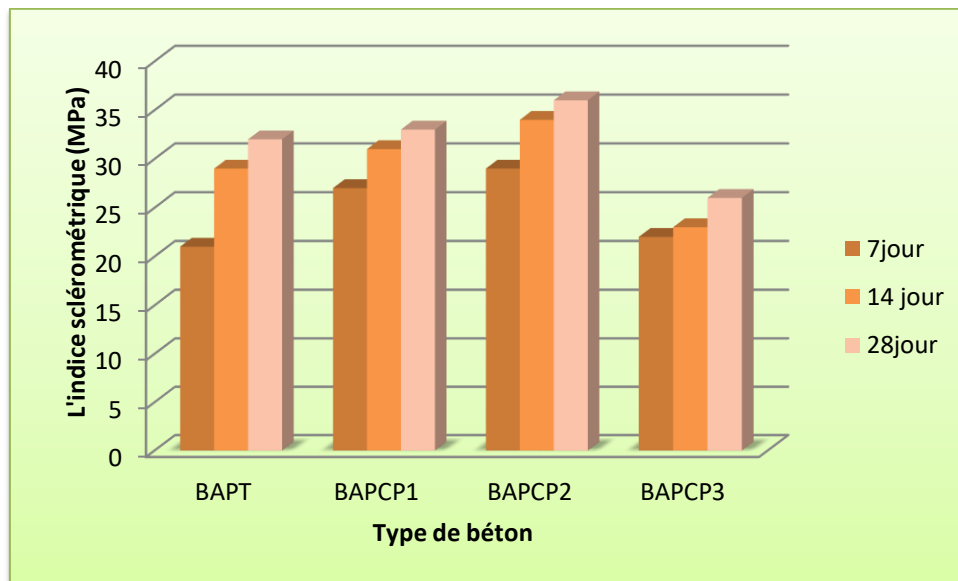
**Fig. V. 8 L'indice sclérométrique en fonction de l'âge des bétons.**

Comme le montre la figure(V.8), l'indice sclérométrique augmente avec la progression de la période de temps à partir de 7 jours à 28 jours jusqu'à ce qu'il atteigne 20%, puis chaque fois que nous ajoutons un pourcentage plus élevé, il diminue, ce qui signifie que les granules de plastique ont affecté négativement le béton autoplaçant, et ces résultats comparés à la résistance à la compression correspondent directement.

## ➤ éprouvettes prismatique :

Tableaux. V. 6 Les essais au scléromètre

Composition	Epreuves	La Compression suivant l'âge du béton		
		7 jours (MPa)	14 jours (MPa)	28 jours (MPa)
BAPT	1	18	27	30
	2	24	30	32
	3	22	30	34
	Moy	21	29	32
BAPCP1	1	25	33	33
	2	30	30	36
	3	27	29	31
	Moy	27	31	33
BAPCP2	1	29	34	37
	2	29	32	36
	3	30	35	35
	Moy	29	34	36
BAPCP3	1	22	24	25
	2	24	23	27
	3	20	22	26
	Moy	22	23	26



**Fig. V. 9 9 L'indice sclérométrique en fonction de l'âge des bétons.**

Comme le montre la figure, et en conséquence nous disons que plus la période de temps qui dépasse 28 jours est longue, plus l'indice de rigidité donne une résistance supérieure au précédent, et cela est directement proportionnel à la résistance à la compression et à la traction par flexion, et donc, plus le pourcentage de plastique est élevé, plus il affecte positivement, et s'il dépasse 20%, il affecte négativement.

#### **V.4.Conclusion**

Le cinquième chapitre est consacré aux résultats et analyses obtenus au cours de cette étude ainsi. Il présente un intérêt technique à la fois pour le BAP et le BAPCP.

Les résultats confirment l'intérêt de l'ajout de granulés plastiques au sable et son effet sur le béton à l'état frais

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

## Conclusion Générale :

Dans ce travail, nous allons résumer toutes les conclusions qui ont été atteintes après interprétation des résultats obtenus à partir des tests effectués sur différents types de béton.

Les valeurs d'étalement sont habituellement fixées entre 60 et 75 cm. Notre béton témoin BAPT présente une valeur d'étalement compris entre ces deux valeurs. Pour les BAP avec les grains plastiques seule le BAPCP2 avec un dosages de remplacement de sable avec les grains plastiques de 20% qui donne une étalement d'un BAP 735cm, alors on peu dire que le dosage optimale c'est le 20% avant cette dosage et après les grains plastiques influe négativement sur l'étalement des BAP.

On constate d'après les résultats obtenus que BAP est confiné entre :  $0 \leq \Pi \leq 15$  Cela signifie que le béton auto plaçant a une stabilité satisfaisante.

Le test est exploité par le taux de remplissage (taux de montée du béton à la fin et au début de la boîte), qui devrait en principe être supérieur à 0,8, et au travers des résultats obtenus, on constate que le BAPT et BAPCP2 sont en accord avec le principe. Pour les deux autres BAP le BAPCP1 et le BAPCP3 ont rendus difficile l'écoulement et ont entraînés, un blocage du béton.

Nous remarquons d'après les résultats obtenus dans l'énoncé que la densité du BAPT est élevée par rapport au BAPCP, plus le pourcentage de granulés de plastique augmente, plus la densité diminue.

La résistance à la compression augmente avec l'âge pour le BAPT, la résistance positive était une valeur raisonnable et un meilleur résultat, Lors du remplacement du sable par des granulés de plastique, on remarque dans BAPCP2 que sa valeur est proche de BAPT, qui est une valeur élevée, mais lorsque les granulés sont augmentés de plus de 20%, la résistance diminue, ce qui signifie que les granulés de plastique ajoutés ont un effet négatif lorsque leur quantité dépasse 20%, et cela est proportionné aux résultats obtenus à l'état frais.

Que la résistance à la traction par flexion augmente avec l'âge du béton de 7 jours à 28 jours pour le BAPT et pour tous les BAPCP. Et que ce travail effectué en ajoutant des granulés plastiques en complément avec 20% de sable est la meilleure résistance obtenue par rapport au BAPT.

Plus la durée de vie du béton auto plaçant est longue, plus la vitesse du son est élevée, car elle n'affecte pas les granulés plastiques à un maximum de 20%, la vitesse du son diminue en fonction de la quantité ajoutée, ces résultats correspondent à la résistance à la compression.

L'indice sclérométrique augmente avec la progression de la période de temps à partir de 7 jours à 28 jours jusqu'à ce qu'il atteigne 20%, puis chaque fois que nous ajoutons un pourcentage plus élevé, il diminue, ce qui signifie que les granules de plastique ont affecté négativement le béton auto plaçant, et ces résultats comparés à la résistance à la compression correspondent directement.

En conséquence, les déchets plastiques peuvent être jetés dans des pourcentages ne dépassant pas 20% à l'intérieur du béton auto plaçant BAP sans affecter ses propriétés à l'état frais ou durci.

**RÉFÉRANCE  
BEBLIOGRAFIQUE**

- [1] 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.
- [2]. Collection Technique CIM béton, Fiches techniques, Tome 2 ", Les bétons : formulation, fabrication et mise en oeuvre ", Édition octobre 2006.
- [3] DHONDE HB, YO MO, TCC HSU, VOGEL J, "Fresh and hardened properties of self consolidating fiber reinforced concrete", *ACI Mater J*, 104:491– 500, 2007.
- [4] Nécira, B. (2006). *Étude des propriétés rhéologiques et mécaniques des bétons autoplaçants* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- [5] DEGHEFEL MOUSSA, 2010« Application de l'essai de dureté pour la caractérisation du béton », Mémoire de Magistère, Université de M'SILA.
- [6] HADJERSI, F. (2018). *Caractérisation rhéologique d'un béton auto plaçant (BAP) à base de fumée de silice* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'sila).
- [7] Soufienne, M. O. S. T. E. F. A. I. (2019). *Evaluation de la qualité des bétons Autoplaçant (BAP) fibrés aux moyens des Essais Non-Destructifs (END) et essai direct* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
- [8] DJERAD, K., & CHOUYA, A. (2020). *Revue bibliographique sur la durabilité des bétons autoplaçants (BAP) fibrés* (Doctoral dissertation, Univ M'sila).
- [9]- Turcy P., Thèse de doctorat en Génie Civil, « *Retrait et fissuration des bétons autoplaçant – Influence de la formulation* ». Ecole. Centrale de Nantes, Université de Nantes, le 3 février 2004.
- [10] Association française de génie civil, "Recommandations pour l'emploi des Bétons autoplaçants", 2008
- [11] Djebri, N., Rahmouni, Z. E., & Belagraa, L. (2017). Experimental Investigation on the Effect of Marble powder on the performance of Selt-Compacting Concrete (SCC). *Mining Science*, 24.
- [12] W. W. Gerberich, S. Venkataraman, H. Huang, S. E. Harvey, D. L. Kohlstedt, "The injection of plasticity by millinewton contacts," *Acta Metallurgica Et Materialia*, Vol. 43, N°. 4, p. 1569, 1995.
- [13] NASRI.S, "Caractérisation aux moyens des essais non destructifs (NDT) et Essai direct d'un béton autoplaçant(BAP) à base de matériaux locaux (effet de la nature du sable)", Mémoire de Magister. Université de Mohamed Boudiaf-M'sila , 2016.
- [14] BETHMONT.S, "Mécaniques de ségrégation dans les bétons autoplaçants (BAP)", Thèse de doctorat. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Décembre 2005.

- [15] P. Kempe, "Nanoindentation et microrayage en environnement contrôlé Colloque, SF2M Section-Ouest," Surfaces et Interfaces, indentation, rayage et abrasion, Angers, 16 et 17 mars 2005.
- [16] P.L.Larsson, A.E.Giannakopoulos, E.Söderlund, D.J.Rowcliffe., R. Vestergaard, "Analysis of Berkovich Indentation," Int. Jour. Solids Structures, Vol. 33, N°2, pp. 221- 248, 1996.
- [17] LARIBI ISLAM BOURAHDOUN NASSEREDDINE (VALORISATION DES DECHETS DANS LE BETON AUTO-PLAÇANT ETAT DE L'ART) Septembre 2020
- [18] Kouchi . A(2016). Etude de l'effet de l'introduction des fibres végétales sur les propriétés des bétons autoplaçant (BAP) à l'état frais et durcis (Doctoral dissertation, université Mohamed Boudiaf-M'sila.
- [19] Article L. 541-1-1 Code de l'Environnement, Prévention et gestion des déchets 2007-2017 Legi-france p.(559)
- [20] Mr. CHELABI HAMZA Mr. TALEB ZAHIR Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre. 2016/2017
- [21] Karim Ouamane,( DG L'AND au service de la gestion des déchets industriels Alger) 25 mai 2017
- [22] Zeghichi, L. (2006). *Etude des bétons basiques à base des différents granulats* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).
- [23] KHOULDI SAYEH HAMDI MEFTEH (LA GESTION DES DECHETS INDUSTRIELS. ETUDE DE CAS FLASH CHEMICALS INDUSTRY (FCI)) 2016-2017
- [24] Karim Ouamane, DG L'AND au service de la gestion des déchets industriels Alger, 25 Mais 2017
- [25] Module Eau, Hygiène et Assainissement de formation en management des soins de santé primaires, Kinshasa, 2006, P23.
- [26] BAKHTI, LAGRAA et ZAHRA, BOUCHRA FATIMA. *La gestion des déchets recyclables de la commune de M'SILA*. 2017. Thèse de doctorat. Université de m'sila.
- [27] Jean-Michel Balet 5 e edition Gestion des déchets© Dunod, 201611 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

[28] CHIBANI, Naouel et HOUARI, Hacenne. Formulation et propriétés des bétons autoplaçants (BAP) à base de granulats recyclés. 2013.

[29] BENSEBTI S.E (5''Formulation et propriétés des bétons autoplaçants à base de matériaux locaux'',) Thèse de doctorat, université de Constantine 2008.

[30] FAID Ahlam -BOURAS Ahlam( L'effet de l'utilisation des résidus (les copeaux plastiques) dans la formulation des bétons autoplaçants à l'état frais et durcis) 2020 /2021