REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en génie civil

Influence couplé de déchets plastique et de céramique sur les performances du béton autoplacant

---

Présenté par :

M[r].HADJADJ Moussa

M[r]. ZANAGUI Abdelrahman

Proposé et Dirigé par :

Dr .GUENDOUZ Mohamed

Dr. BOUKHELKHEL Djamila

Promotion Juin 2020

Remerciement

Tout d'abord, Nous tiens à remercier ALLAH, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail .

Ce n'est pas qu'il est difficile de remercier tous ceux qui ont participé de prés ou de loin à ce travail, mais il faut avouer que les formules sont nombreuses et que le choix des bons mots a été toujours difficile. Entre vifs, sincères, profonds et nous passons les obscures subtilités de la langue française, le choix de la formule de remerciements est difficile. Nous tiens à remercier :

Notre encadreur Mr. ***GUENDOUZ Mohamed*** *et* ***BOUKHELKHAL .dj,*** *d'avoir accepté de nous encadrer, et pour ses conseils précieux pendant la réalisation de ce travail. Pour l'honneur qu'il m'a fait d'encadrer ce travail, pour sa disponibilité, pour son écoute, pour l'aide très précieuse et l'intérêt constant qu'il a bien voulu montrer pour ce travail qu'il a guidé par de judicieux conseils, qui a bien su me communiquer pour mener au mieux cette étude.*

Un grand merci est adressé à tous les ingénieurs et les travailleurs du hall technologique.

Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

.

Dédicace

Une chance m'a été offert aujourd'hui pour vous parler des personnes qui me sont chers et a qui je leurs doit tout.

Avec ce dédicace, j'espère pouvoir leurs exprimer toutes mes remerciement et ma profonde gratitudes.

Tout d'abords, je commence par ma tré cher ***Mère*** *et mon cher* ***Père*** *qui m'a toujours toute donne que dieu la protège et la garde en bonne sante.*

Je dédie aussi a :

- *Mon très cher frères*
- *Mes très chères sœurs*
- *A tout ma famille sans exception du plus grand au plus petit*
- *Ames amies sans exception*
- *A tout la promotion Génie civil 2020*
- *A tout qui m'ont soutenu de prés on de loin en pensées et prière*

Et en dernier je dirais qe j'ai beaucoup de chance d'avoir des personnes qui m'aiment et qui sont toujours présentes pour moi.

Merci.

ZENAGUI.ABDERAHMANE

HADIEDIE MOUSSA

.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا المشروع هو المساهمة في تثمين ورسكلة نفايات البلاستيك و السيراميك على شكل رمال (SCR) وحصى (GPR) بنسبة (25,20,15,10,5 و 30 %) و دمجها في الخرسانة المائعة. وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن تدفق وكثافة الخرسانة المائعة انخفضت بزيادة النسبة المئوية لنفايات البلاستيك و السيراميك.بالإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج التجريبية أنه من الممكن الحصول على خرسانة ذات قوة مقبولة وقابلة للاستخدام في مختلف مجالات البناء.

Résumé

L'objective principale de cette étude est la valorisation et le recyclage de déchets plastique et de céramique sous forme de sable (SCR) et de gravier (GPR) avec un pourcentage de (5, 10, 15, 20,25et 30%) dans le béton autoplaçant. Les résultats obtenus montrent que la fluidité et la densité du BAP est diminué en fonction d'augmentation de pourcentage d'incorporation de déchets plastique et de céramique. De plus, les résultats expérimentaux ont montré qu'il est possible d'obtenir des bétons de résistances acceptable et utilisable dans différent voie de construction.

Abstract

The main objective of this project is to valorization and recycling of plastic and ceramic waste in the form of sand (SCR) and gravel (GPR) with percentage of (5, 10, 15, 20,25 and 30%) into the self compacting concrete. The obtained results show that the fluidity and density of self compacting concrete decrease when the plastic and ceramic waste content increase. In addition, experimental results have shown that it is possible to obtain concretes of acceptable strength and usable in different construction fields.

sommaire

SOMMAIRE

Remerciements	
Résumés	
Sommaire	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Notation et Abréviation	
Introduction Générale	
Contexte général	
Objectif de travail	
Plan de travail	
CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1. Béton Autoplaçant	**1**
I.1.1. Introduction	**1**
I.1.2. Définition	**1**
I.1.3. Classification du autoplaçant	**2**
I.1.4. Concept du béton autoplaçant	**2**
I.1.5. Domaines d'utilisation privilégiés du autoplaçant	**3**
I.1.6. Constituant du béton autoplaçant	**4**
I.1.7. caractérisation du BAP à l'état frais	**5**
I.1.7.1. Essai d'étalement (Slump Flow)	**5**
I.1.7.2. Essai de boite en L	**6**
I.1.7.3. Essai de l'entonnoir	**7**
I.1.7.4. Essai de stabilité au tamis	**8**
I.1.8. Caractérisation du BAP à l'état durci	**8**
I.1.8.1. Résistance à la compression	**8**
I.1.8.2. Résistance à la traction	**9**
I.2. Valorisation des déchets et activité de recyclage en construction	**9**
I.2.1. Introduction	**9**
I.2.2. Valorisation des déchets et sous produits industriels dans le génie civil	**9**
I.2.1.1. Définition	**9**

I.2.1.2. Valorisation	**10**
I.2.1.3. Méthodes de valorisation	**10**
a. Valorisation matière	**10**
b. Valorisation énergétique	**10**
c. Valorisation chimique	**10**
I.2.1.4. Types des déchets	**10**
a. Les déchets biodégradables	**10**
b. Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux	**11**
c. Les déchets recyclables	**11**
d. Déchets organiques	**11**
I.2.1.5. Différents déchets utilisés en génie civil	**11**
a. Déchets industriels dangereux mais non toxiques	**11**
b. Déchets inertes	**12**
c. Déchets toxiques	**12**
d. Déchets industriels dans des conditions spécifiques	**12**
e. Déchets ménager et assimilés	**12**
f. Les déchets industriels banals (D.I.B.)	**13**
I.2.3. Plastiques et déchets de plastiques	**13**
I.2.3.1. Les matériaux plastiques	**13**
I.2.3.2. Composition	**13**
a. Résine de base (Polymère)	**13**
b. Adjuvants	**14**
c. Les additifs aux résines	**15**
I.2.3.3. Types de matière plastique	**15**
I.2.3.4. Propriétés des matières plastiques	**16**
a. Masse spécifique	**16**
b. La légèreté	**16**
c. La résistance mécanique	**16**
d. La transparence	**16**
e. L'inaltérabilité	**16**

f. L'esthétique	**17**
g. L'isolation	**17**
h. L'imperméabilité	**17**
i. Propriété chimiques	**17**
I.3. Céramique et déchets de céramique	**17**
I.3.1 Céramique	**17**
I.3.1.1 Définition	**17**
I.3.1.2. Historique	**18**
I.3.1.3 Types de céramique	**18**
A. Terre cuite	**18**
A.1 Les terres cuites vernissées	**19**
A.2 Les terres cuites réfractaires	**19**
B. La brique	**19**
C. Les faïences	**20**
D. Les grès	**21**
D.1 Carreaux de grès ordinaire ou grès cérame	**21**
D.2 Carreaux de grès émaillé	**21**
D.3 Carreaux de demi-grès	**21**
E. Les mosaïques	**22**
I.3.1.4 Composition	**22**
I.3.1.5 Classification des produits céramiques	**22**
I.3.1.6 Propriétés de céramique	**22**
I.3.1.7 Fabrication de céramique	**22**
I.3.1.8 Les étapes de fabrication de céramique	**23**
I.3.1.8 Les avantages et les inconvénients de céramique	**24**
1. Avantages	**24**
2. Les Inconvénients	**24**
I.3.1.9. Déchets céramiques en chiffres	**24**
I.4.Valorisation des déchets plastiques dans les matériaux a base cimentaire	**25**
I.4.1. Influence de déchet de poudre plastique sur les propriétés des matériaux	**25**

cimentaire	
I.4.1.1 Etats frais	**25**
a. L'ouvrabilité	**25**
b. La densité	**26**
I.4.1.2 Etats durci	**27**
a. La résistance à la compression	**27**
b .La résistance à la traction	**29**
c. Module d'élasticité	**31**
I.4.2 Influence des déchets céramiques rouge sur les propriétés des matériaux cimentaires	**32**
I.4.2.1. Etats frais	**33**
a. La maniabilité	**33**
b. La densité	**34**
I.4.2.2 Etats durci	**35**
a. La résistance à la Compression	**35**
b. La résistance à la flexion	**36**
C .Module d'élasticité	**36**
I.4.3. Conclusion	**37**
CHAPITRE II : MATÉRIAUX ET ESSAIS	
II.1 Introduction	**38**
II .2 Caractérisation des matériaux utilisés	**38**
II.2.1 Ciment	**38**
II.2.2 Granulats	**39**
II.2.2.1 Sable	**39**
II.2.2.2 Gravier	**41**
II.2.3 Déchets plastiques	**42**
II.2.3.1 caractérisation des déchets de plastique	**43**
II.2.4 Déchets de céramique	**43**
b. Sable de céramique recyclé (SCR)	**43**
c. caractéristiques de SCR	**44**

II.2.5 Eau de gâchage	**45**
II.2.6 Superplastifiant	**45**
II.2.6 Filler de marbre blanche	**46**
II.3 Formulation du béton	**47**
II.4 Séquence de malaxage du béton	**48**
II.5 Les essais sur le béton (BAP)	**49**
II.5.1 Etat frais	**49**
a. Essais d'étalement et T_{50}	**49**
b. Essai d'entonnoir en V (V-funnel)	**50**
c. Essai de la boîte en L (L-Box)	**50**
d. Essai de stabilité au tamis	**51**
e. Densité	**51**
II.5.2 Démoulage et conservation des éprouvettes	**52**
II.5.3 Etat durci	**52**
a. Essai de la résistance à la compression	**52**
b. Essai de la résistance à la traction par flexion	**53**
c. Essai de la conductivité thermique	**54**
d. Essai ultrasonique	**54**
e. Résistance au feu	**55**
II.6 Variables étudiées	**56**
II .7 Conclusion	**57**
CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRITATION	
III.2 Essais sur le béton autoplaçant à base du déchet	**58**
III.2.1 État frais	**58**
III.2.1.1 Influence du déchet de plastique et céramique (GPR et SCR) sur l'ouvrabilité	**59**
a. Étalement	**59**
b.Temps d'écoulement à travers le V-funnel	**60**
c. La ségrégation dynamique à travers la boite en L (L-BOX)	**61**
d. La ségrégation statique (stabilité au tamis)	**62**
e. La densité	**62**

III.2.2 État durci	**62**
III.2.2.1 Influence du déchet de plastique et céramique (GPR et SCR) sur les résistances	**63**
a. Résistances mécanique	**63**
a.1 Résistance à la compression	**63**
a.2 Résistance à la traction par flexion	**64**
Conclusion Générale et Recommandations	
Conclusion Général	**66**
Recommandations	**67**

Liste des Tableaux

Tableau I.1 composition céramiques	**22**
Tableau II.1 : Différents compositions utilisées dans la recherche	**38**
Tableau II.2 : L'analyse chimique du ciment et composition du clinker	**39**
Tableau II.3 : Propriétés physiques d'identification de sable utilisés	**40**
Tableau II.4 : Propriétés physiques et mécaniques des graviers utilisés	**42**
Tableau II.5 : Propriétés physiques de GPR	**43**
Tableau II.6 : Propriétés physiques de SCR	**45**
Tableau II.7 : Propriétés physiques de MEDAFLOW 30	**45**
Tableau II.8 : les composantes des bétons formulés à base des déchets de céramique et plastique	**49**
Tableau II.9 : Les essais de caractérisation sur le béton à l'étant frais	**49**
Tableau II.10 : Les essais de caractérisation sur le béton à l'étant durci	**52**
Tableau III.1 : Résultats d'essais à l'état frais de différentes familles de béton	**58**

Liste des Figures

LISTES DES FIGURES

Figure I.1 : Composition d'un BO et d'un BAP, Aspect à l'état frais d'un BO et BAP	**3**
Figure I.2 : Relation entre l'étalement et la quantité de pâte d'un béton	**5**
Figure I.3: Essai d'étalement d'un BAP	**6**
Figure I.4 : Schéma de la boite en L	**7**
Figure I.5 : Essais des Entonnoirs	**7**
Figure I.6 : Essai au tamis	**8**
Figure I.7 : Composition de base des déchets de démolition en Europe (2004)	**12**
Figure I.8 : Structure des monomères	**14**
Figure I.9 : La polymérisation de monomère à un polymère	**14**
Figure I.10 : Différentes composition des matières plastiques	**15**
Figure I.11 : Les thermoplastiques, les thermodurcissables et Les élastomères	**16**
Figure I.12 : Pot en terre cuite pour huile d'olives en mai 2013	**19**
Figure I.13 : Bâtiment construit en brique, à Zuidhorn	**20**
Figure I.14 : Plat de faïence	**21**
Figure I.15 : Les étapes de fabrication de céramique	**24**
Figure I.16 : Répartition en chiffre d'affaires des céramiques en Europe par secteur	**25**
Figure I.17 : Influencé de déchets PE sur l'étalement de BAP	**26**
Figure I.18 : La densité du béton à base de déchets plastiques (PP et PF)	**27**
Figure I.19: La densité du BAP à base de déchets plastiques (PE)	**27**
Figure I.20: La résistance à la compression des bétons à base de déchets plastiques (PET)	**28**
Figure I.21: Influence de déchets plastiques sur la Rc du BAP	**28**
Figure I.22: La résistance à la compression des mortiers à base de déchets plastiques (PF et PP)	**29**
Figure I.23: La résistance à la traction par flexion des mortiers à base de déchets plastiques (PF et PP)	**30**
Figure I.24: Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de déchets plastiques (PET et PC)	**30**
Figure I.25: Module d'élasticité des bétons à base de déchets plastiques (PET)	**31**
Figure I.26: Le module d'élasticité des mortiers à base de déchets plastiques (PET et PC)	**31**
Figure I.27: La conductivité thermique des mortiers à base de poudre plastique (PF et PET)	**32**
Figure I.28:L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers	**32**
Figure I.29:L'effet de déchets céramique rouge sur l'étalement de BAP	**32**
Figure I.30: L'effet de déchets céramique sur la densité de béton	**34**
Figure I.31: Influence de déchets céramique sur la densité du béton	**34**
Figure I.32:L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers	**35**

Figure I.33:L'effet de déchets céramique sur la Rc du béton	**35**
Figure I.34: Influence de déchets céramique sur la densité du bét	**36**
Figure I.35:L'effet de déchets céramique rouge sur la R_t du béton	**36**
Figure I.36:L'effet de déchets céramique rouge sur le module d'élasticité du mortier	**37**
Figure II.1 : Le ciment utilisé	**39**
Figure II.2: Sable moyenne d'Oued sauf	**40**
Figure II.3 : Courbe granulométrique des sables utilisées	**41**
Figure II.4: Gravier de Mont Guorno 3/8	**41**
Figure II.5: Gravier de Mont Guorno 8/15	**41**
Figure II.6: Analyse granulométrie du gravier 3/8 et 8/15	**42**
Figure II.7 : Déchets plastiques sous forme de grain	**43**
Figure II.8 : Protocole de concassage des déchets de céramique sous forme sable 0/3	**44**
Figure II.9 : MEDAFLOW 30	**45**
Figure II.11 : Séquence de malaxage du béton autoplaçant	**48**
Figure II.12 : Protocole de malaxage	**49**
Figure II.13 : Développement de l'essai d'étalement	**49**
Figure II.14 : protocole de l'essai d'entonnoir (V- funnel)	**50**
Figure II.15 : Protocole de l'essai de la boîte en L-Box	**50**
Figure II.16 : Protocole de l'essai de stabilité au tamis	**51**
Figure II.17 : Mesure de la densité du béton	**51**
Figure II.18 : Conservation des éprouvettes	**52**
Figure II.19 : Essai de compression sur béton	**53**
Figure II.20. Essai de traction par flexion sur béton	**53**
Figure II.21 : Dispositif pour l'essai de la conductivité thermique	**54**
Figure II.22 : Etalonnage et mesure du temps de parcours des ondes ultrasonores	**55**
Figure II.23 : Echauffement des éprouvettes dans un four à moufle	**55**
Figure II.24 : Variables étudiées	**65**
Figure III.1 : Dosage de superplastifiant en fonction de GPR et SCR (%)	**59**
Figure III.2 : L'étalement en fonction de GPR et SCR (%)	**60**
Figure III.3 : Temps d'écoulement en fonction de GPR et SCR (%)	**60**
Figure III.4 : La ségrégation dynamique en fonction de GPR et SCR (%)	**61**
Figure III.5 : La ségrégation statique en fonction de GPR et SCR (%)	**62**
Figure III.6 : Evolution des masses volumiques en fonction de GPR et SCR (%)	**63**

Figure III.7 : La résistance à la compression en fonction de substitution en GPR et SCR (%)	**64**
Figure III.8 : La résistance à la traction en fonction de substitution en GPR et SCR (%)	**65**

Notation et Abréviation

BAP Béton autoplaçant

BAPT Béton autoplaçant témoin

BAP1 Béton autoplaçant à base de déchets de plastique et de céramique

BO Béton ordinaire

CPA Ciment Portland Artificiel

CPJ Ciment Portland Composée

E/C Rapport eau sur ciment

G/S Rapport gravillon/sable

R Résistance

R_C Résistance à la compression

R_T Résistance à la traction

GPR Gravée de plastique recyclé

SCR Sable de céramique recyclé

SCC Sable de céramique concassé

SP Superplastifiant

NA Norme Algérienne

NE Norme Européenne

Mf Module de finesse

ES Equivalent de sable à piston

ESV Equivalent de sable à vue

E Quantité d'eau

M Moment de flexion

I Moment d'inertie

L Liante

F Filaire

INTRODUCTION GÉNÉRAL

INTRODUCTION GÉNÉRAL

Contexte général

Les bétons autoplaçant sont des bétons spéciaux très fluides, homogènes et stables, dont la spécification est de se mettre en place sous l'effet de leur propre poids à l'aide de sa fluidité et homogénéité sans apport de vibration externe ou interne.

Les bétons autoplaçant possèdent une plage d'utilisation très large, des résistances couvrant la gamme des bétons ordinaires aux bétons à hautes performances et ils peuvent être coulés dans des zones très ferraillées ou dans des zones d'architecture complexe et difficilement accessibles. La suppression de la phase de vibration présente également l'intérêt d'améliorer les conditions de travail sur site, ainsi que le confort acoustique au voisinage du chantier plus particulièrement en zone urbaine. D'une manière générale les contraintes de mise en œuvre des BAP sont nettement plus faibles que celles des bétons mis en œuvre par vibration, grâce à sa facilité de coulage sur de longues distances et de grandes hauteurs.

En effet, la qualité de matériau autoplaçant confère au béton plusieurs avantages techniques et socio-économiques par rapport au béton ordinaire ce qui donne aujourd'hui au béton autoplaçant une grande importance dans la recherche scientifique car les chercheurs ont essayés de remplacé les composantes de BAP par des matériaux locaux recyclé. Devant les besoins croissant des ressources en matériaux et aux exigences de préservation de l'environnement dans une vision de développement durable, il est devenu nécessaire et pertinent de prospecter et d'étudier toutes les possibilités de réutilisation et de valorisation des déchets et sous-produits industriels notamment dans le domaine de génie civil.

La production des granulats recyclés s'est développée au début des années 80, elle répond au besoin d'une autre source de granulats et de la réduction des volumes de déchets. L'utilisation de ces granulats recyclés dans les bétons présente plusieurs avantages tant au niveau environnementale, humain, technologique qu'économique qui s'intéresse de plus en plus les industriels.

L'addition des déchets, indépendamment des avantages environnementaux, produit également de bons effets sur les propriétés des produits finals. Un des nouveaux déchets utilisés dans la fabrication du béton est les déchets plastiques recyclés et les déchets de céramique. Pour résolvant la disposition de la grande quantité de matière plastique recyclé, les recyclages des déchets plastiques dans le béton est considérée comme application la plus faisable. Le plastique recyclé peut être utilisé en tant qu'agrégat brut en béton. Cependant, il est important de souligner cela qui recyclé des déchets n'est pas encore économiquement

avantageux, dû aux coûts élevés de transport et son effet sur tous les coûts de production. D'ailleurs, il est important de ne pas négliger d'autres coûts, directement référable au genre de pertes, dû en particulier, du besoin de mesurer le gaz émission, pendant la mise à feu, et la présence de toxicité et des éléments de pollution.

Les déchets de céramique sont des sous-produits de l'industrie des produits rouges. Ils se Trouvent en grande quantité au niveau national à cause du nombre élevé de céramiqueteries et des taux de rejets (céramique non conformes où cassées) qu'elles génèrent et qui représentent 10 à 15% de leurs productions.

Objectif de travail

Pour le but de contribuer à la valorisation de déchets de plastique et de céramique (sous forme de gravier 3/8 et de sable 0/3) on a étudié la possibilité d'utilisé ce type de déchets dans la formulation du béton autoplaçant (BAP), et leur influence sur les caractéristiques physique et mécanique.

Plan de travail

Ce travail est structuré comme Suits :

En premier lieu on représente une introduction générale qui montre une aperçue sur le BAP et la valorisation des déchets (déchet de plastique et de céramique) ainsi que l'objectif de cette recherche.

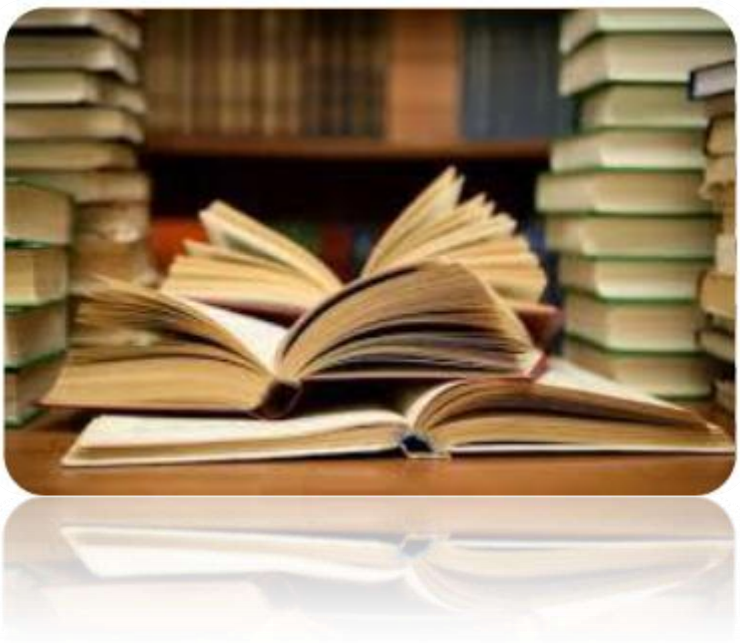
Le premier chapitre consiste à une recherche bibliographique sur la valorisation et l'activité de recyclage en construction, sur le déchet de plastique et de céramique. Dans cette partie nous soulignons les grands titres pour faire apparaître une vue générale sur le BAP et la Valorisation des déchets et activité de recyclage en construction (déchet de plastique et de céramique).

Le deuxième chapitre donne une description des matériaux utilisés et les essais réalisés et fait l'objet d'une section réservée aux détails de l'expérimentation mise en place durant toute la maîtrise de cette recherche.

Le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats et leurs interprétations. Les différentes résultats sont analysés indépendamment les uns des autres. Finalement, on terminera ce travail par une conclusion générale et des recommandations pour le futur afin de bien contourner et compléter cette modeste étude, par l'initiation à la recherche.

Chapitre I

Recherche Bibliographique



I.1 Béton Autoplaçant

I.1.1 Introduction

Un béton autoplaçant (BAP) est un béton fluide, très fluide, très déformable, homogène et stable qui se met en place par gravitation et sans l'utilisation d'un moyen de vibration, il épouse parfaitement les formes des coffrages les plus complexes, il ne doit pas subir de ségrégation et doit présenter des qualités comparables à celles d'un béton vibré classique. Les bétons autoplaçant se caractérisent en général par une formulation contenant au moins un adjuvant chimique et un ajout minéral en proportion bien précis pour satisfaire les exigences en matière de maniabilité et de stabilité. Toutefois, L'utilisation de ces béton ne se répand que lentement à travers le monde, car leur formulation est inhabituelle et nécessite une le problème de la formulation des bétons c'est renouvelé en profondeur au cours des dernières décennies, principalement du fait de l'utilisation croissante et souvent conjointe des super-plastifiant et des agents colloïdal d'une part et des additions minérales d'autre part.**[1]**

I.1.2 Définition

Le béton autoplaçant (dénommé aussi auto-compactant) est défini comme suit dans l'Annexe nationale NA de la norme SN EN 206-1.Le béton frais est appelé autoplaçant lorsqu'il se compacte suffisamment grâce à son poids propre tout en ne présentant pas de ségrégation. Le BAP et le béton vibré se différencient par les propriétés du béton frais et le mode de mise en œuvre. **[2]**

Le béton auto-compactant est un béton qui se compacte de lui-même par effet gravitaire, sans aucun apport d'énergie de compactage par exemple (vibration, damage…...).

Les propriétés caractéristiques de ce béton sont les suivantes :

- Fluidité et viscosité élevées, sans aucune tendance à la ségrégation (comme du miel).
- désaération du béton pendant son écoulement.
- excellente aptitude au remplissage des moindres recoins du coffrage par un béton homogène, même en présence de réservations, d'incorporés et de ferraillage dense. Le dispendieux et fastidieux travail de vibration est ainsi supprimé. **[3]**

I.1.3 Classification du autoplaçant

La notion de classification des BAP est apparue tardivement et constitue pourtant un paramètre essentiel du développement de ces bétons.

A l'origine, la formulation de BAP, imaginée par les Japonais (et, plus ra particulièrement, le professeur Okamura à la fin des années1980), est conçue pour réaliser des ouvrages des génies civil, à forte densité d'armatures, pour lesquels des anomalies des mises en œuvre étaient redoutées. Aujourd'hui, et plus particulièrement en Europe, l'utilisation des BAP se développe dans le domaine de la préfabrication et dans celui du béton de bâtiment coulé en place, nécessitant des formulations de BAP différentes : pour le bâtiment elles doivent être moins performantes techniquement(en termes de caractéristiques mécaniques a 28 jours et de qualités d'ouvrabilité) et plus économiques. Par contre, la problématique spécifique de la capacité à donner de beaux parements est à prendre en compte pour les applications verticales. On distingue donc aujourd'hui, en France (conformément aux recommandations pour éditées par l'AFGC et le PN BAP), trois catégories :

- **Catégorie 1 :** il s'agit des ouvrages horizontaux de faible épaisseur (planchers, dallages) pour lesquels le ferraillage est léger et le béton peut étire facilement réparti sur toute la surface.
- **Catégorie 2 :** elle couvre les ouvrages horizontaux épais pour lesquels les risques de ségrégation statique sont importants, et les ouvrages verticaux courants (on exclut le cas des ouvrages à très forte densité de ferraillage).
- **Catégorie 3 :** ce sont les ouvrages exigus ou très fortement ferraillés (pour lesquels l'écoulement du béton dans le coffrage est le plus difficile).

  A chaque catégorie correspondent des spécifications particulières pour le BAP à l'état frais, définies ci-après. **[4]**

I.1.4 Concept du béton autoplaçant

Au Japon, le nombre d'ouvriers qualifiés dans la construction n'a cessé de diminuer depuis le début des années 1980, engendrant une perte de connaissance, notamment dans les techniques de vibration du béton. L'utilisation de bétons très fluides, ne nécessitant pas d'apport d'énergie extérieure pour le serrage, est apparue comme une solution possible à ce problème. C'est ainsi qu'est né le concept des bétons auto compactant ("self-compacting concrète", traduit par béton autoplaçant ou béton autonivellant). Outre leur facilité de mise en œuvre, de tels bétons présentent aussi l'intérêt de réduire le temps de travail sur chantier.

Les bétons autoplaçant (BAP) se distinguent donc des bétons dits ordinaires (BO), ou bétons à vibrer, par leurs propriétés à l'état frais. Ils sont capables de s'écouler sous leur propre poids, quel que soit le confinement du milieu, et restent homogènes au cours de l'écoulement (absence de ségrégation dynamique) et une fois en place (absence de ségrégation statique). Pour parvenir à ce cahier des charges, les BAP sont formulés différemment des BO. Dans leur cas, la pâte, définie comme le mélange du ciment, de l'eau et d'une addition, est privilégiée au détriment des gravillons. En général, les BAP possèdent un même dosage en ciment et en eau que les BO, ainsi qu'un volume de sable assez proche. C'est donc principalement l'ajout d'une addition qui sert de substitut aux gravillons. Les proportions exactes de chaque constituant dépendent bien sûr de la méthode de formulation choisie.

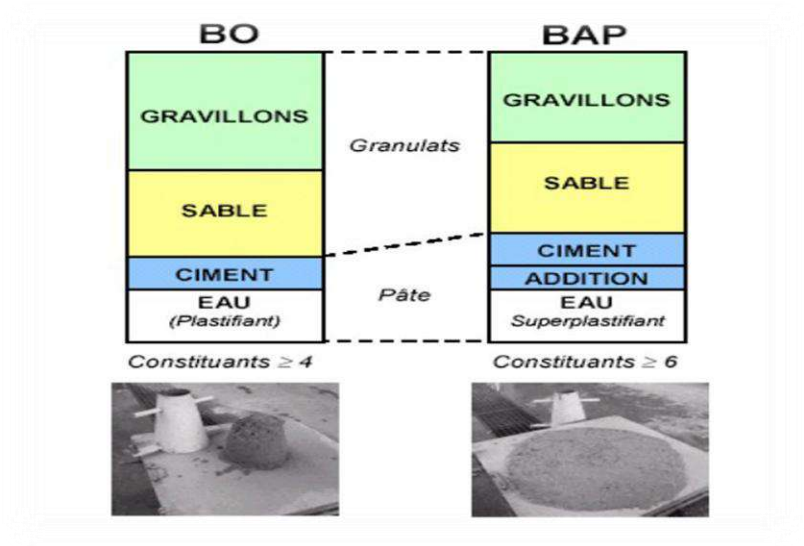


Figure I.1 : Composition d'un BO et d'un BAP, Aspect à l'état frais d'un BO et BAP **[5]**

Le rôle de la pâte est de séparer les gravillons pour limiter les contacts, en particulier dans les milieux ferraillés, et ainsi prévenir la formation de voûtes susceptibles de bloquer l'écoulement. Le volume important d'éléments fins permet aussi de garantir le compromis entre stabilité et maniabilité. Mais il n'est pas suffisant pour atteindre la fluidité. Il est nécessaire d'ajouter aux bétons un dé floculant, sans lequel la demande en eau du mélange serait trop élevée. Le début du développement des BAP en France coïncide d'ailleurs à l'arrivée des super plastifiants de type poly carboxylates, à fort pouvoir dé floculant. Ces adjuvants ont un double effet, électrique et stérique, qui leur permet de disperser au mieux les particules. La quantité de fines n'est pas non plus toujours suffisante pour empêcher la ségrégation.

On a recours alors aux agents de viscosité. Ces adjuvants sont de souvent des polymères, composés de longues molécules organiques, qui augmentent la viscosité de l'eau de gâchage. Ils assurent une meilleure stabilité du béton et le rendent moins sensible aux variations de teneur en eau des granulats, courantes en centrale à béton. Cela étant, en pratique leur utilisation est au contraire peu répandue, car ils entraînent un surcoût, qui s'ajoute aux surcoûts dus au super plastifiant et aux additions. Evidemment, un béton est qualifié d'autoplaçant, non pas par rapport à sa composition, mais parce qu'il possède certaines propriétés à l'état frais. Il existe de part le monde divers essais pour caractériser l'ouvrabilité des BAP. **[6]**

I.1.5 Domaines d'utilisation privilégiés du autoplaçant

Les BAP sont utilisables aussi bien pour la réalisation d'ouvrages horizontaux que verticaux, sur tous les types de chantier, de bâtiments ou de génie civil 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, éléments de façade, mobiliers urbains… 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 ferraillage importantes.
- des formes et des géométries complexes : voiles courbes, etc.
- des voiles minces et de grande hauteur : piles de ponts, etc.
- des voiles complexes avec de nombreuses réservations ou de grandes ouvertures.
- des exigences architecturales et de qualité des parements particulières.
- des accès difficiles voire impossibles pour déverser le béton dans le coffrage et pour assurer la vibration. **[7]**

I.1.6 Constituant du béton autoplaçant

La qualité du béton dépend de la qualité de la pâte et du granulat, ainsi que de celle du lien qui les unit. Dans du béton bien constitué, chaque particule de granulat est complètement enrobée de pâte et tous les espaces entre les particules sont complètement remplis de pâte.

Pour toute combinaison de matériaux et de conditions de cure, la qualité du béton durci dépend dans une large mesure de la quantité d'eau utilisée par rapport à celle du ciment. Une teneur en eau élevée dilue la pâte (la colle du béton). La réduction de la quantité d'eau présente les avantages suivants :

- Augmentation de la résistance en compression et en flexion.
- Réduction de la perméabilité, donc augmentation de l'étanchéité et diminution de l'absorption.
- Résistance accrue aux agents atmosphériques.
- Amélioration de l'adhésion entre les couches successives et entre le béton et l'armature.
- Réduction des tendances à la fissuration causée par le retrait.
- Réduction des variations de volume imputables au mouillage et au séchage. **[7]**

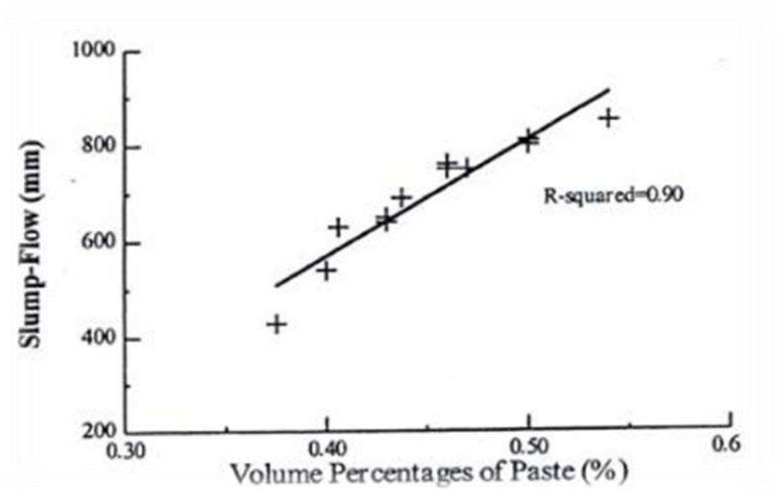


Figure I.2 : Relation entre l'étalement et la quantité de pâte d'un béton [**8]**

I.1.7 caractérisation du BAP à l'état frais

On à Plusieurs essais de caractérisation ont été préconisés en l'an 2000 par l'Association française de génie civil. D'abord provisoires, ces recommandation sont devenues sur site les essais de référence pour valide une formule de BAP. **[9]**

I.1.7.1 Essai d'étalement (Slump Flow)

C'est un essai utilisé pour estimer la fluidité des BAP sans confinement. Cet essai s'effectue comme un essai d'affaissement au cône d'Abrams (Figure 12). Le béton est introduit dans le cône sans compaction.

On mesure le diamètre moyen (moyenne sur deux diamètres orthogonaux) de la galette de béton obtenue au bout d'une minute. Une observation visuelle permet également de constater si une ségrégation horizontale a lieu ou non. Cet essai est très facile à réaliser en chantier et ne nécessite qu'un petit échantillon (6 litres) de béton. **[10]**

Il est à noter que les recommandations internationales classent les BAP en trois catégories selon la valeur de l'étalement (SF : Slump Flow) et les applications correspondantes [EFNARC 2002]:

- SF1 (550 - 650 millimètres) est approprié pour les structures en béton non renforcées.
- SF2 (660 - 750 millimètres) convient aux applications courantes (murs, colonnes).
- SF3 (760 - 850 millimètres) est employé pour des applications verticales en structures très encombrées, structures avec des formes complexes. **[11]**

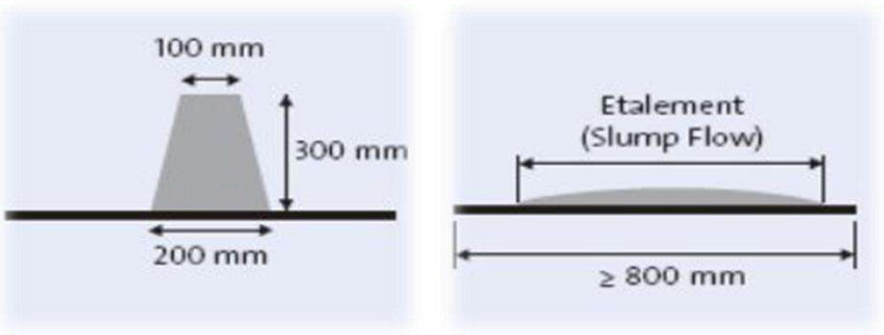


Figure I.3: Essai d'étalement d'un BAP [**12]**

I.1.7.2 Essai de boite en L

La procédure d'essai dans la boîte en L est la suivante : la partie verticale de la boîte est remplie de béton. Ensuite le volet est soulevé, ce qui provoque l'écoulement du béton qui doit passer au travers d'un grillage, formé de 3 barres d'armature ø 14 mm distantes de 39 mm, avant de pouvoir atteindre la partie horizontale de la boîte. On mesure le temps nécessaire dès l'ouverture du volet jusqu'à la fin de l'écoulement du béton dans la partie horizontale.

Ce temps d'écoulement devrait être compris entre 3 et 7 secondes. On peut aussi mesurer la hauteur atteinte aux deux extrémités de la partie horizontale par le béton (h1 et h2), afin de qualifier sa capacité d'auto nivellement.

Le rapport h2/h1 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. **[13]**

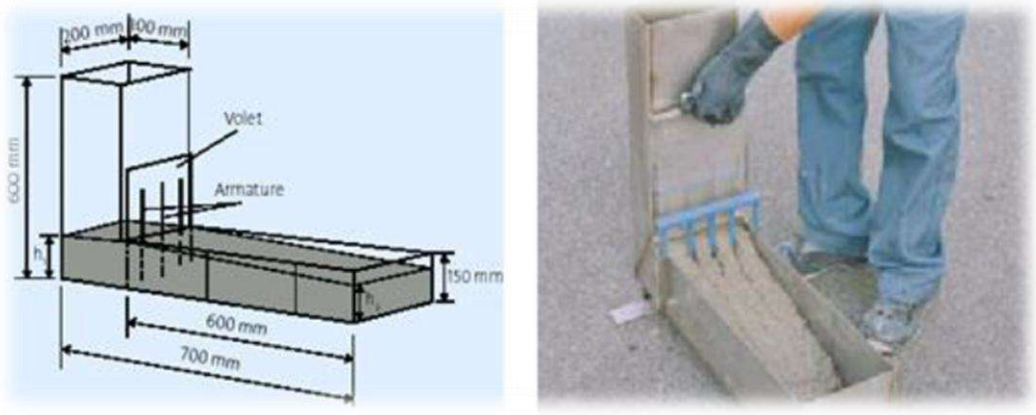


Figure I.4 : Schéma de la boite en L **[14]**

I.1.7.3 Essai de l'entonnoir

L'essai d'écoulement à l'entonnoir (ou V-funnel test) est utilisé pour évaluer la fluidité et la viscosité des BAP.

Un entonnoir de dimensions définies est rempli de béton jusqu'en haut. Le clapet de fermeture situé à sa base est ensuite ouvert. On mesure le temps (Tv) que met le béton à sortir de l'entonnoir jusqu'à ce que cet entonnoir soit entièrement vide. Ce temps d'écoulement, qui doit être compris entre 8 et 14 secondes, caractérise la viscosité du béton. Si le béton s'écoule plus rapidement, c'est que sa viscosité est trop faible. Bien que l'essai soit conçu pour mesurer la fluidité, le résultat est affecté par d'autres propriétés du BAP que celle de l'écoulement. La forme de cône inversée fera bloquer l'écoulement du béton si, par exemple il y a trop gros granulat. Par contre un temps élevé d'écoulement pet être associé à une faible déformabilité due à une viscosité élevée de la pâte et ou un frottement inter granulaire élevé.

L'EFNARC [EFNARC 2005] définit deux classes de viscosité selon le temps d'écoulement mesuré à l'entonnoir (V-funnel) : Tv ≤ 6 secondes, pour une bonne capacité de remplissage même avec des renforts denses et 9 ≤ Tv ≤ 25 pour les autres cas. **[15]**

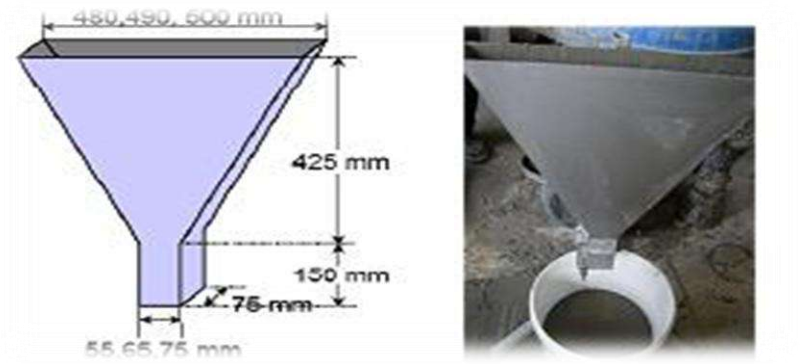


Figure I.5 : Essais des Entonnoirs **[16]**

I.1.7.4 Essai de stabilité au tamis [17]

On Appelé aussi essai de caractérisation de la ségrégation des bétons autoplaçant, il vise à qualifier les bétons autoplaçant vis-à-vis du risque de ségrégation. Il peut être utilisé en phase d'étude de formulation d'un béton autoplaçant 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 (laitance) d'un échantillon de béton (4,8 ± 0,2 kg) passant à travers un tamis de 5 mm .

Les critères d'acceptabilité d'une formulation d'un béton autoplaçant sont divisés en trois classes :

- 0 % ≤ % Laitance ≤ 15 % : stabilité satisfaisante.
- 15% < % Laitance ≤ 30 % : stabilité critique : essai de ségrégation à réaliser in situ.
- % Laitance > 30 % : stabilité très mauvaise : ségrégation systématique, béton inutilisable.



Figure I.6 : Essai au tamis **[18]**

I.1.8 Caractérisation du BAP à l'état durci

La caractérisation du béton autoplaçant à l'état durci est basée sur les résistances à la compression et à la traction par flexion. Nous constatons que ces valeurs de résistances de béton autoplaçant sont supérieures à celles du béton ordinaire de l'ordre de respectivement 36% et 48% à 28 jours. **[19]**

I.1.8.1 Résistance à la compression

Les BAP se caractérisent par un rapport E/C bas, ce qui amène à des bonnes résistances mécanique. L'utilisation de filler dans une formulation de béton génère une accélération de sa

résistance mécanique au jeune âge. Les particules fines du filler, lorsqu' elles sont bien dé floculées par les super plastifiants, favorisent l'hydratation du ciment, principalement par un effet physique, et conduisent à une matrice cimentaire dont la structure est plus dense.

Ces effets ont une influence sensible sur la résistance mécanique jusqu'à 28 jours puis deviennent moins significatifs par la suit. Zhu et Gibbs ont montré que la résistance de BAP utilisant la poudre de pierre à chaux augmente de 50 à80 % de celle de référence à 7j et 20 à 40% à 28 j, ils ont expliqués cette augmentation par poudre à pierre à chaux accélère l'hydratation de ciment et augmente la résistance aux jeunes âges. Le dosage plus ou moins important en adjuvants dans les formulations de BAP peut aussi avoir une influence sur l'évolution de la résistance mécanique du béton. Ainsi, l'introduction d'un agent de viscosité peut diminuer la résistance mécanique d'un BAP aux jeunes âges. **[20]**

I.1.8.2 Résistance à la traction

GIBBS 99 ont contactés qu'il n'y aucune différence entre la résistance à la traction des BAP et celle des bétons référence. Par contre, Gibbs 02 ont montrés que la résistance à la traction est plus grande que la résistance des bétons référence. En comparant des mélange de BAP ont le même E/C on trouve que le type et la finesse de poudre affecte peu la résistance en traction. **[21]**

I.2 Valorisation des déchets et activité de recyclage en construction

I.2.1 Introduction

Le recyclage n'est pas un luxe ou une mode mais une nécessité, qui provient d'une Constatation forte simple : nous vivons dans un monde limité. S'il n'est pas possible de supprimer la production de déchets, sous produits ou résidus Industriels ou urbains, il convient alors de définir les meilleures conditions de valorisation. Presque toute l'activité industrielle portant atteinte aux ressources naturelles et dégradantes L'environnement, le recyclage et la valorisation des déchets est un devoir autant qu'une nécessité.

En effet, pour des raisons économiques, règlementaires, commerciales et environnementales, la valorisation des déchets (industriels, municipaux et de l'industrie de construction) dans le béton, est en cours de développement ces dernières années dans plusieurs pays développés. **[22]**

I.2.2 Valorisation des déchets et sous produits industriels dans le génie civil

I.2.1.1 Définition

Un déchet se définit simplement par un objet en fin de vie ou une substance issue d'un processus, jugés devenus inutiles, dangereux ou encombrants, et dont on veut se débarrasser.

Tout objet qui doit être jeté car il est cassé, usé, contaminé, ou abimé d'une manière ou d'une autre, pour certains, sera qualifié de déchet, mais ne sera pas nécessairement considéré comme tel par les autres. **[23]**

I.2.1.2 Valorisation

La valorisation est définie comme "L'élimination des déchets comporte les opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement nécessaires à la récupération des éléments et matériaux réutilisables ou de l'énergie, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel de tous autres produits dans des conditions propres à éviter les nuisances". Avant de valoriser un déchet, il faut connaître son origine, l'analyser, caractériser son état actuel et son comportement dans le temps et évaluer sa traficabilité. Il s'agit donc de «mesurer pour connaître et connaître pour agir». L'approche globale du déchet permettra d'en définir son devenir, à savoir quel type de valorisation choisir. [**23]**

I.2.1.3 Méthodes de valorisation

a. Valorisation matière

Elle est appelée également, recyclage mécanique, il s'agit de l'opération globale consistant à la production d'une nouvelle matière à partir d'un déchet. [**23]**

b. Valorisation énergétique

Elle est appelée également, recyclage énergétique, elle vise la production d'énergie calorifique. Plusieurs techniques permettent d'atteindre cet objectif dont les plus connus sont l'incinération, la pyrolyse ou la thermolyse. Cette énergie calorifique peut être utilisée sur place ou transformée par la suite en énergie électrique, en fonction des besoins du moment ou du lieu de traitement. [**23]**

c. Valorisation chimique

Il s'agit de tout processus chimique permettant la transformation d'un déchet en des Produits chimiques utilisables comme intermédiaires réactionnels dans l'industrie chimique. [**23]**

I.2.1.4 Types des déchets [22]

On distingue plusieurs types des déchets :

a. Les déchets biodégradables

Résidus verts, boues d'épuration des eaux, restes alimentaires…, qui s'assimilent en première approche à la biomasse. Ces déchets sont au moins pour partie détruits naturellement, plus ou moins rapidement, en général par les bactéries, champignons et autres micro-organismes et/ou par des réactions chimiques (oxydation, minéralisation), laissant des

produits de dégradation identiques ou proches de ceux qu'on peut trouver dans la nature, parfois néanmoins contaminés par des résidus de pesticides, de métaux, dioxines, etc. ,selon leur origine. Ils peuvent être revalorisés par différentes filières (bioénergie, biocarburants, Compostage/Amendements / engrais…).

b. Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux

À la différence du déchet banal peuvent entrer dans la catégorie des déchets dangereux, dont font partie les déchets toxiques et les déchets radioactifs qui doivent faire l'objet d'un traitement tout à fait particulier en raison de leur nocivité particulière liée à la radioactivité. Parmi les déchets nucléaires, on distingue les déchets radioactifs ultimes.

c. Les déchets recyclables

Matériaux de construction, métaux, matières plastiques : ces matériaux peuvent être réutilisés tels quels dans d'autres domaines ou recyclés : par exemple, les métaux sont refondues réintégrés dans de nouvelles pièces, les plastiques sont hachés et servent de rembourrage ou de combustible.

d. Déchets organiques

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

- Déchets végétaux des parcs et jardins (déchets verts).
- 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…).

I.2.1.5 Différents déchets utilisés en génie civil

En général les déchets sont classés en cinq catégories comme illustrés ci –dessous ; bien quels déchets utilisables en génie civil soient les déchets inertes, les déchets ménagers et les déchets en sous produits industriels dans des conditions spécifiques. [**23]**

a. Déchets industriels dangereux mais non toxiques

Ce type de déchets regroupe généralement :

- Des déchets de fer, de cuivre, de plomb,
- Des déchets contenant des fibres d'amiante,
- Des produits de préservation du bois,
- Des déchets solides dangereux de construction et de démolition de bâtiment à caractère industriel.

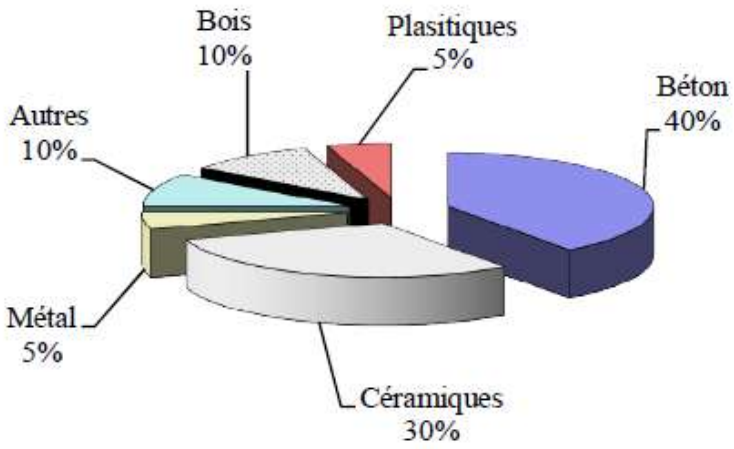


Figure I.7 : Composition de base des déchets de démolition en Europe (2004)**[24]**

b. Déchets inertes

Ce sont des déchets non susceptibles d'évolution physique, chimique ou biologique importante. Ils sont essentiellement constitués de déblais et gravats et ne doivent pas être mélangés avec d'autres déchets. Les dépôts de déchets inertes sont souvent à l'origine de décharges sauvages. [**26]**

c. Déchets toxiques

Ils sont à caractère industriel et obtenus en général après traitement chimique des matériaux synthétiques. Certains déchets toxiques sont mélangés en faible quantité à des produits non polluants. Il est alors impossible de recycler ces produits sans les avoir débarrassés des déchets toxiques. **[23]**

d. Déchets industriels dans des conditions spécifiques

Ils proviennent d'industries générant de très grandes quantités de déchets en sous produits industriels, dont les caractéristiques sont bonnes et relativement stables (cendres volantes les scories d'aciéries, le laitier, les cendre volante, etc.) [**23]**

e. Déchets ménager et assimilés

Ce type de déchets regroupe :

- Des déchets en matériaux de synthèse,
- Des déchets solides non dangereux de construction ou de démolition de bâtiment à caractère industriel.
- Déchets volumineux ou "encombrants" soit collectés en porte à porte, soit réceptionnés dans une installation mise à la disposition des ménages.

- Déblais et gravats produits par les ménages réceptionnés dans des déchetteries ou des dépôts réservés aux seuls déchets inertes.
- Déchets ménagers spéciaux (DMS), ne pouvant en raison de leur danger être éliminés sans risques avec les déchets ménagers. Ils sont réceptionnés dans des déchetteries équipées à cet effet.
- Déchets végétaux issus de l'habitat pavillonnaire.
- Déchets de l'automobile (huiles, épaves, batteries, pneus, …).

Des déchets commerciaux, emballages et autres résidus générés par les activités commerciales comme les déchets plastiques. [**23]**

f. Les déchets industriels banals (D.I.B.)

Appelés quelquefois déchets industriels assimilés aux déchets ménagers, sont constitués de déchets non dangereux et non inertes.

Ils contiennent effectivement les mêmes composants que les déchets ménagers mais en proportions différent. [**23]**

I.2.3 Plastiques et déchets de plastiques

I.2.3.1 Les matériaux plastiques

« Une matière plastique ou familièrement un plastique désigne un mélange contenant une matière de base (un polymère) qui est susceptible d'être moulé, façonné, en général à chaud et sous pression, afin de conduire à un produit semi-fini ou à un objet. Le mot « plastique » dérive de malléabilité ou de plasticit**é** qui est la propriété de la matière de se laisser former (ou déformer) d'une manière durable (par opposition à élasticité : possibilité de déformation Temporaire) sous l'action d'une contrainte ou dans certaines conditions de températures. [**8]**

I.2.3.2 Composition [25]

Les matières plastiques sont composées en générale en trois composants qui sont :

- Résine de base (polymères).
- Adjuvants.
- Additifs.

Matière plastique = *résine de base* + *adjuvants* + *additifs*

a. Résine de base (Polymère)

Les résines de base qui formées les matières plastiques sont le polymère, qui est une

Macromolécule formée de l'enchaînement covalent d'un très grand nombre d'unités de répétition qui dérivent d'un ou de plusieurs monomères (qui sont également appelés motifs et qui sont des molécules de faible masse atomique constituées généralement d'atomes de carbone) et préparées à partir de molécules appelées monomère (Exemple C2H4 Fig.1.2). Tout monomère comporte au minimum deux sites réactifs.

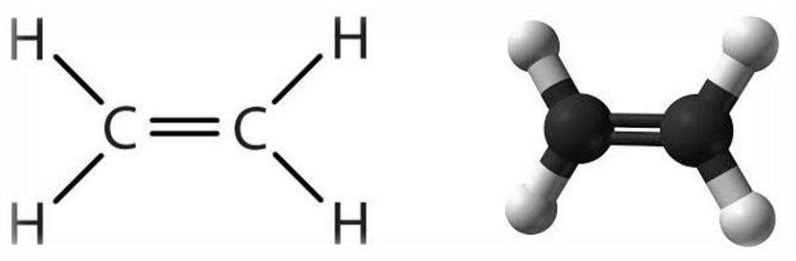


Figure I.8 : Structure des monomères **[44]**

La Procédé de transformation d'un monomère en un polymère (polymérisation) ou d'un mélange de deux (ou plus) monomères en un copolymère (copolymérisation) est appelé polymérisation (Fig.1.9).

La polymérisation sur la double liaison du monomère correspond à l'ouverture de la double liaison **[12]**. Il n'y a pas que des doubles liaisons qui forment des polymères :

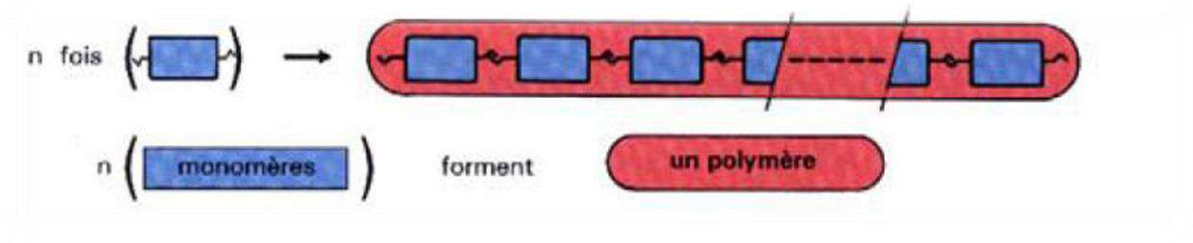


Figure I.9 : La polymérisation de monomère à un polymère **[44]**

b. Adjuvants

b.1 Anti-oxygène

Ils sont utilisés dans la plupart des polymères hydrocarbonés, en particulier PE, PP, caoutchoucs et copolymères divers. Ils sont utilisés en concentration généralement inférieure à 1 % (sauf le noir de carbone) et dans ces conditions, ne modifient pas sensiblement lacouleur et les propriétés physiques des polymères. Leur but est de retarder l'oxydation thermique au cours de la transformation et de l'utilisation.

b.2 Plastifiants

Ils diminuent la rigidité. Ils permettent la mise en forme à des températures inférieures à la Température de décomposition de certains polymères linéaires.

b.3 Stabilisants

Ces produits permettent de réduire les phénomènes de vieillissement dus à la chaleur, les UV.

c. Les additifs aux résines

Ce sont en général des produits organiques qui, ajoutés aux polymères, modifient leurs Propriétés chimiques et physiques :

c.1 Pigments et colorants

Selon que l'on désire colorer un produit opaque ou transparent, on utilise un pigment Insoluble ou soluble.

c.2 Lubrifiants

Ils améliorent l'écoulement des polymères lors de leur mise en forme.

c.3 Ignifugeants

Ils améliorent la résistance au feu.

La figure 1.10 suivante résume toute la composition de la matière plastique :

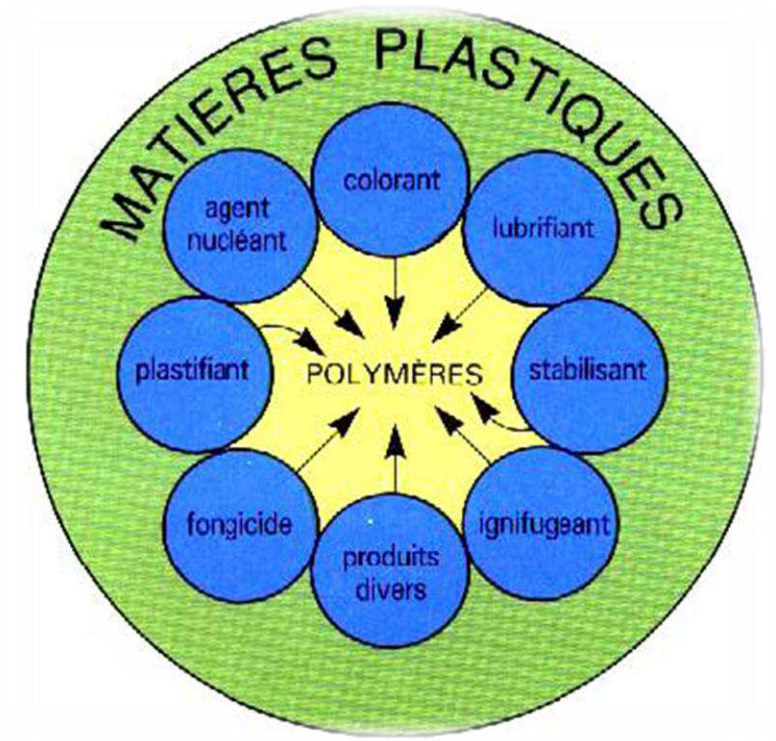


Figure I.10 : Différentes composition des matières plastiques **[44]**

I.2.3.3 Types de matière plastique

Il existe trois grandes familles de matière plastiques: Les thermoplastiques, les thermodurcissables et Les élastomères.



Figure I.11 : Les thermoplastiques, les thermodurcissables et Les élastomères **[24]**

I.2.3.4 Propriétés des matières plastiques [27]

Les propriétés spécifiques des matières plastiques vont varier d'une matière à l'autre. Les principales propriétés sont :

a. Masse spécifique

L'emploi des (matières) plastiques comme matériaux de construction est relativement récent.

Leurs propriétés sont très différentes de celles des matériaux traditionnels comme le béton et les métaux. Il est donc nécessaire que les projeteurs et les utilisateurs comprennent leurs caractéristiques afin d'assurer leur performance adéquate dans des nouvelles applications. Le présent digest traite de leurs propriétés générales et de leur comportement mécanique.

b. La légèreté

La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0,9 et 1,8. Le plus souvent 1.

c. La résistance mécanique

- Elle est variable suivant la composition chimique.
- Les pièces plastiques sont souvent plus résistantes et plus légères.
- La résistance à la compression est de 50 à 100 % supérieure à la résistance en traction.
- La résistance élastique des plastiques est voisine de 300 N/mm^2.

d. La transparence

Certains plastiques ont un coefficient de transmission de la lumière voisin de celle du verre, et bon nombre sont transparent ou translucides.

e. L'inaltérabilité

- Ils résistent aux agressions extérieures et à de nombreux produits chimiques.
- Certains demandent une protection contre les ultra-violets.

f. L'esthétique

Les couleurs sont variées et les possibilités de mise en œuvre nombreuses. L'aspect lisse et fini du matériau confère à l'objet une impression "design".

g. L'isolation

Ce sont de bons isolants électriques, thermiques et acoustiques.

h. L'imperméabilité

Ils assurent une bonne barrière aux gaz et à l'eau.

i. Propriété chimiques

Possède une très bonne stabilité chimique à des températures inférieures à 60"C, elle est pratiquement insoluble.

- Elle est insoluble dans l'eau, même sous forme de film (emballage).
- Reconnue utilisable pour des applications alimentaires.
- Les polyoléfines (polypropylène) sont à l'état naturel très sensible à l'action des rayons ultraviolets 'UV) en présence d'oxygène (air) et pour pallier à cet inconvénient, on les charge souvent à 2 ou 3 % de poudre de carbone (carbone black), le colorant inévitablement en noir.

I.3 Céramique et déchets de céramique

I.3.1 Céramique

I.3.1.1 Définition

Les céramiques sont définies selon le Larousse comme étant « Art de fabriquer les poteries, fondé sur la propriété des argiles de donner avec l'eau une pâte plastique, facile à façonner, devenant dure, solide et inaltérable après cuisson ». La société américaine ASTM (American Society for Testing and Materials) définit une céramique comme : « un article ayant un corps vitrifié ou non, de structure cristalline ou partiellement cristalline, ou de verre, dont le corps est formé de substances essentiellement inorganiques et non métalliques, et qui est formé par une masse en fusion qui se solidifie en se refroidissant, ou qui est formé et porté à maturité, en même temps ou ultérieurement, par l'action de la chaleur. » Les céramiques sont des matériaux inorganiques, non métalliques, nécessitant de hautes températures lors de leur fabrication. Il s'agit en général d'oxydes métalliques, et plus généralement de métaux oxydés, mais pas uniquement. Les céramiques ont en général une structure cristalline, parfois associée à une phase amorphe. Lorsque la majorité est amorphe, on parle de vitrocéramique ; lorsque la totalité est amorphe, on parle du verre. **[28]**

I.3.1.2 Historique

L'art de fabriquer des poteries en modelant et en cuisant l'argile a été pratiquée par les civilisations les plus anciennes, et d'ailleurs l'examen des objets en terre cuite relevés au cours des fouilles est l'un des meilleurs outils dont disposent les archéologues. La poterie remonte à au moins 15.000 ans avant notre ère ; elle est devenue une industrie en Égypte depuis -5.000 ans et l'usage du kaolin est avéré en Chine depuis -4.000 ans au moins.

Le domaine des céramiques est traditionnellement lié à ceux des verres et des ciments. De façon semblable, la fabrication de verres à base de silicates est également très ancienne. Les verres naturels tels que l'obsidienne ont été utilisés depuis l'âge de pierre et les premières vitres ont été fabriqués vers -12.000 ans. Au contraire, l'industrie du ciment est bien plus récente. Les Égyptiens avaient utilisé le calcaire calciné, autrement dit la chaux, pour fabriquer des mortiers ; plus tard, les Romains combinèrent la chaux avec les cendres volcaniques pour obtenir un véritable ciment hydraulique. L'industrie des ciments, telle que nous la connaissons, ne date guère qu'un siècle. [**29]**

I.3.1.3 Types de céramique

Les produits céramiques prennent une part importante dans le domaine de génie civil, car suivant leur mode de fabrication, ils ont des propriétés variées, bien différentes les unes d'autres à la base de tous les procédés de fabrication, il y a l'argile, qui, mélangée à l'eau, donne une pâte dont la propriété est de durcir à la chaleur. En faisant varier les différents composants de la pâte, la quantité d'eau et le degré de chaleur, on modifie les caractéristiques du matériau, qui devient plus ou moins dur, plus ou moins poreux, etc. **[30]**

A. Terre cuite

La terre cuite est un matériau céramique obtenu par la cuisson d'argile. Elle est utilisée pour réaliser des poteries, des sculptures et pour la fabrication de matériaux de construction, briques, tuiles ou carreaux.

La résistance de la terre cuite est fonction de sa composition et de sa température de cuisson. On peut donc rencontrer, notamment dans les pays chauds et humides d'Asie, des pavés en terre cuite au sol sur lesquels se sont progressivement imprimées des empreintes.



Figure I.12 : Pot en terre cuite pour huile d'olives en mai 2013 **[31]**

A.1 Les terres cuites vernissées

Ce sont des terres cuites de même composition que les précédentes, mais dont la surface est recouverte d'un vernis ou d'un léger émaillage qui les protège contre l'humidité. Les carreaux de terre cuite vernissée sont ainsi d'entretien plus facile, mais leur teinte naturelle est parfois modifiée par le vernissage. **[32]**

A.2 Les terres cuites réfractaires

Par une addition de quartz au mélange de base, on obtient un produit résistant aux agents chimiques et aux températures élevées. Les terres cuites réfractaires servent à la fabrication de briques spéciales destinées aux revêtements intérieurs des foyers de cuisinières, fours ou barbecues. **[33]**

B. La brique

La brique d'argile est l'un des plus anciens matériaux de construction connus. Servit-elle à édifier la tour de Babel il y a 12 000 ans? La question reste posée, mais la brique servit en tout cas pour construire Babylone 3 000 ans avant Jésus-Christ, puis les ouvrages colossaux des Romains, la Grande Muraille de Chine et certaines cathédrales (Lubeck, Albi). Bien utilisée, elle défie les siècles et les intempéries. De nos jours, la fabrication en est entièrement mécanisée : traitement de la pâte (autrefois, les ouvriers piétinaient l'argile humide), façonnage, séchage (il durait jadis près de deux ans) et cuisson. Les fours modernes peuvent traiter jusqu'à trois millions de briques à la fois, à une température de 900 à 1000 °C, 1250 °C pour les briques vernissées. Parfois, la présence de sel dans l'atmosphère de cuisson confère aux produits une légère glaçure. La brique bien cuite est lisse d'aspect et rend un son clair ; la brique mal cuite est friable et rend un son sourd. **[34]**



Figure I.13 : Bâtiment construit en brique, à Zuidhorn **[35]**

C. Les faïences

Les faïences sont des terres cuites recouvertes en surface d'un émail qui les rend imperméables aux liquides. La fabrication s'effectue en deux stades : d'abord établissement et cuisson de l'objet, appelé alors "biscuit de faïence", puis émaillage et nouvelle cuisson pour durcir le décor. Suivant la composition de la pâte et la nature de l'émaillage, on obtient des faïences différentes. Elles servent à l'exécution de poteries culinaires, de vaisselle plus ou moins décorée, d'appareils sanitaires ou de carreaux de revêtement. Si par émaillage la faïence est rendue imperméable, elle reste toutefois fragile et sensible aux brusques changements de température. C'est pourquoi les carreaux de faïence, qui offrent un choix de couleurs et de motifs variés, ne sont utilisés qu'en revêtement mural. Faciles à entretenir, ils ne sont pas attaqués par les acides et ne se rayent que difficilement. Ils sont couramment employés pour protéger les murs des locaux humides (salles de bains, cuisines, etc.) ou pour créer une note décorative sur une table ou sur un plan de travail. En principe, ils résistent à la chaleur, veillez cependant à ne pas les exposer à une température trop élevée qui ferait fissurer l'émail et enlèverait au carreau ses qualités d'étanchéité.

Les carreaux de faïence sont en général de forme carrée (150 mm x 150 mm ou 108 mm X108 mm) ou rectangulaire (100 mm x 150 mm), et d'une épaisseur assez faible, de 4 à 6 mm. Vous pourrez constater que, parmi les nombreuses fabrications présentées sur le marché, il existe parfois une énorme différence de prix de vente. Cela provient du mode de fabrication des carreaux qui peuvent être soit émaillés en continu sur une chaîne automatique (carreaux unis, jaspés...), soit émaillés, puis décorés à la main un par un pour reproduire un motif donné.

Ce dernier procédé (encore utilisé de nos jours et dans la plus pure tradition artisanale) est évidemment d'un coût plus élevé**. [36]**



Figure I.14 : Plat de faïence

D. Les grès

Ils sont composés d'une pâte argileuse, additionnée de minéraux riches en feldspath. Ce mélange est cuit à une température voisine de 1300 °C, température à laquelle les fondants, ainsi que le feldspath, provoquent la vitrification de la pâte. C'est ce phénomène qui assure au grès son imperméabilité, sa bonne résistance aux chocs et aux agents chimiques et sa très grande dureté (il raye le verre).

Ces qualités permettent de l'employer dans l'équipement ménager (plats de cuisson, vases, etc.), mais aussi dans l'équipement des habitations : tuyaux d'écoulement d'appareils sanitaires ou revêtements de sols et de murs. Les grès se présentent sous différentes formes. **[37]**

D.1 Carreaux de grès ordinaire ou grès cérame

Étant donné sa dureté, un carrelage de grès cérame est pratiquement inusable. Sa non-porosité le rend insensible aux taches, et, comme il n'absorbe pas l'eau, il ne craint pas le gel. Il peut donc être utilisé à l'extérieur pour recouvrir une loggia, une terrasse ou même une piscine. Employé surtout pour les sols, il peut revêtir les murs avec la même endurance ; son entretien est pratiquement nul**. [38]**

D.2 Carreaux de grès émaillé

De même composition que le grès cérame, les carreaux de grès émaillé présentent une surface émaillée comme s'il s'agissait d'un carreau de faïence. L'apport d'oxydes métalliques permet d'obtenir des nuances variées qui n'existent pas dans le grès cérame naturel. La surface émaillée est parfois trop lisse et trop brillante pour un emploi en revêtement de sol. On préfère, dans ce cas, une utilisation murale, d'autant plus qu'il existe une très grande variété de couleurs et de motifs sur le marché. [**39]**

D.3 Carreaux de demi-grès

La conception de base est la même que pour le grès cérame, mais la cuisson s'effectue à une température plus basse (1100 °C), ce qui n'assure qu'une vitrification partielle de la pâte.

Le produit obtenu est légèrement moins dur qu'un grès cérame et il est parfois légèrement poreux, c'est la raison pour laquelle il est préférable de ne pas l'utiliser comme revêtement extérieur. Les dimensions des carreaux de grès sont très variables. Suivant le type de revêtement à exécuter (sol ou mur), on peut disposer de petits éléments de 1 à 2 cm de côté, de carreaux ayant sensiblement les cotes d'un carreau de faïence, ou de dalles carrées ou rectangulaires d'une surface plus imposante. **[40]**

E. Les mosaïques

Le terme "mosaïque" définit non pas un produit, mais un assemblage d'éléments de petites dimensions formant une fresque ou reproduisant un dessin. Par extension, on désigne par ce terme les carrelages réalisés à l'aide de petits éléments de 1 à 5 cm de côté. Suivant la forme de ces éléments, l'assemblage peut être. **[41]**

I.3.1.4 Composition

Le tableau suivant résume les différentes compositions de céramiques :

Tableau I.1 composition céramiques **[42]**

Composition	Argile (%)	Kaolin (%)	Feldspath (%)	Craie (%)	Talc (%)	Quartz (%)
Grès	80					20
Faïence	50		20	20	20	30
Porcelaine dure	3	42	25	5		25
Vitreuse	50		25			25

I.3.1.5 Classification des produits céramiques [42]

On peut classer les céramiques selon leur application, selon leur mode d'élaboration et la forme finale et selon leur composition chimique :

- Selon leur application.
- Selon leur mode d'élaboration et la forme finale.
- Selon leur composition chimique.

I.3.1.6 Propriétés de céramique [43]

Le choix d'un matériau céramique face aux métaux ou aux plastiques s'impose lors de conditions d'utilisation extrêmes : température, pression, corrosion, et ce d'autant plus si ces conditions sont simultanées ou prolongées dans le temps. Céramie se positionne sur le

segment des céramiques techniques et structurelles à base d'oxydes, principalement l'alumine et la zircone. Les propriétés typiques d'un matériau céramique présentent les avantages suivants :

Haute résistance à l'usure, à la chaleur, à la pression et aux attaques chimiques (gaz et liquides), dureté élevée, très bon isolant électrique et matériau relativement léger.

Le choix de la matière première s'effectue, au cas par cas, en fonction des performances attendues, tout en optimisant les coûts de fabrication. Les économies sont d'autant plus sensibles que la fabrication est répétitive, même pour un nombre élevé de pièces à produire.

La mise en forme se fait par compaction de poudre, permettant ainsi d'obtenir des pièces proches des dimensions finales, sans usinage. Céramie diminue par conséquent le nombre d'opérations secondaires onéreuses.

La densification se réalise dans des fours à haute température (>1'500°) au cours de l'étape de frittage. Des tolérances dimensionnelles ou géométriques extrêmes (de l'ordre du micron) peuvent naturellement être obtenues par un usinage complémentaire, respectivement un enlèvement de matière par abrasion à base de diamant.

I.3.1.7 Fabrication de céramique [43]

La fabrication des produits céramiques s'effectue dans différents types de fours, à partir d'un vaste éventail de matières premières et dans des formes, dimensions et couleurs extrêmement nombreuses. Le procédé global de fabrication d'un produit céramique est toutefois relativement uniforme, en dehors du fait que la fabrication des carreaux pour sols et murs, de la vaisselle et des objets décoratifs (céramiques domestiques), des appareils sanitaires et des céramiques techniques passe fréquemment par un procédé de cuisson en plusieurs étapes.

I.3.1.8 Les étapes de fabrication de céramique [43]

- Stockage et transport des matières premières
- Préparation des matières premières
- Façonnage/formage des produits
- Séchage des produits céramiques
- Traitement de surface et décoration des produits céramiques
- Cuisson
- Traitements ultérieurs (finition des produits)
- Ajout de matériaux auxiliaires
- Triage, conditionnement et stockage

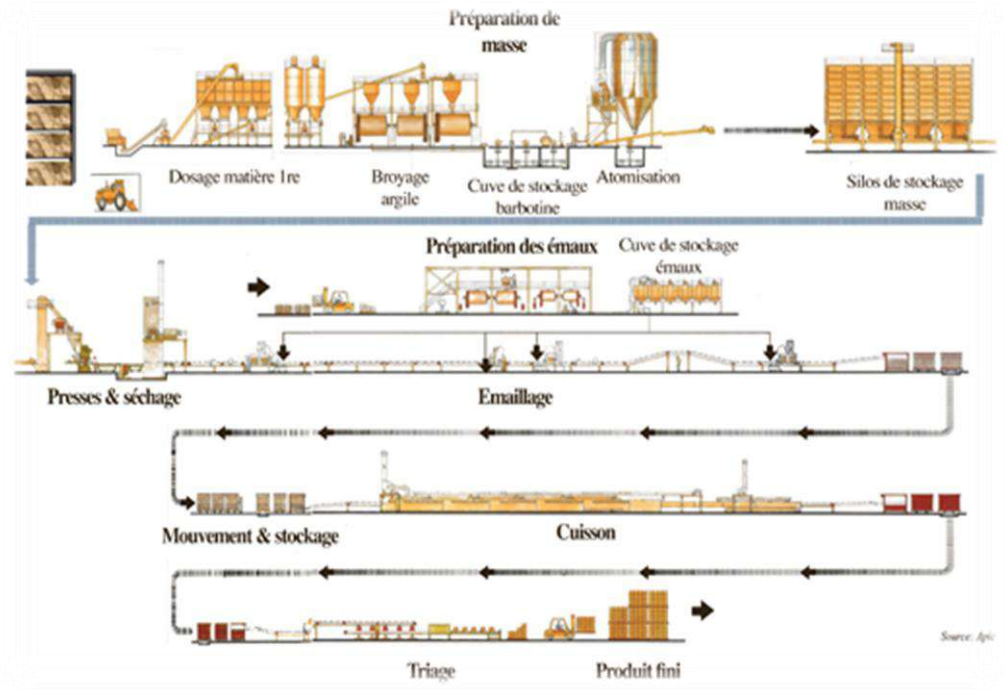


Figure I.15 : Les étapes de fabrication de céramique **[43]**

I.3.1.8 Les avantages et les inconvénients de céramique [43]

1. Avantages

- Résistance a la corrosion
- résistance a l'usure
- Résistance a l'endommagement
- Résistance a la dégradation thermique
- Résistance chimique
- Résistance en compression
- Isolation thermique & électrique

2. Les Inconvénients

- Tolérances dimensionnelles difficiles à contrôler pendant le traitement.
- Faible tension.
- Faible résistance aux chocs.
- Peut se fissurer quand il est touché avec des objets lourds.

I.3.1.9 Déchets céramiques en chiffres

Le génie civil consomme plus de 80 % du marché total des céramiques. En Europe à titre d'exemple est de l'ordre de 30 milliards d'euros/an. Les secteurs les plus importants (Figure 1.9) sont l'industrie des carreaux de revêtement et de dallage (39 %), les tuiles et briques (24 %), les réfractaires(12 %), les céramiques techniques (10 %), les sanitaires (8 %), la vaisselle

et l'ornementation (6 %).La plus grande partie de la production a lieu en Allemagne, Grande-Bretagne, Espagne et en Italie **[30].**

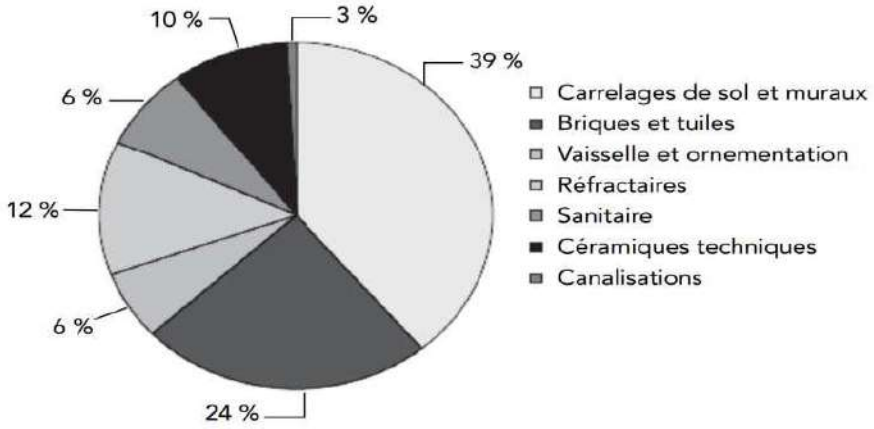


Figure I.16 : Répartition en chiffre d'affaires des céramiques en Europe par secteur **[43]**

I.4 Valorisation des déchets plastiques dans les matériaux a base cimentaire

Depuis ces vingt dernières années, les déchets en matières plastiques représentent une part importante des déchets solides municipaux. De plus, ils posent un sérieux problème à cause de leur durée de vie et parce que ce sont des déchets voyants. Leur gestion est donc nécessaire que ce soit d'un point de vue environnemental, économique ou social. Les premiers procédés mis en place pour les traiter furent l'enfouissement et l'incinération. Toutefois, la croissance exponentielle de déchets d'emballages plastiques amène à prévoir d'autres filières de recyclage. Les matériaux de construction peuvent représenter un débouché intéressant. En effet, des études antérieures **[57-58]** ont montré qu'il était possible d'utiliser les déchets plastiques dans les bétons et même d'autres types de déchets comme les granulats recyclés de démolition et/ou de construction **[58, 59]**.

I.4.1 Influence de déchet de poudre plastique sur les propriétés des matériaux cimentaire

I.4.1.1 Etats frais

a. L'ouvrabilité

Pour évaluer la rhéologie à l'état frais du béton, dans la pratique, on se base souvent sur des essais d'ouvrabilité dont le résultat est quantifié par l'affaissement ou par l'étalement dans le cas du béton auto-plaçant.

Da Silva et al **[60]** ont sont trouvés que la maniabilité du mortier est augmentée en fonction d'augmentation de tous les pourcentages du plastique. Ce résultat confirme les résultats de Hilal et al **[65]**

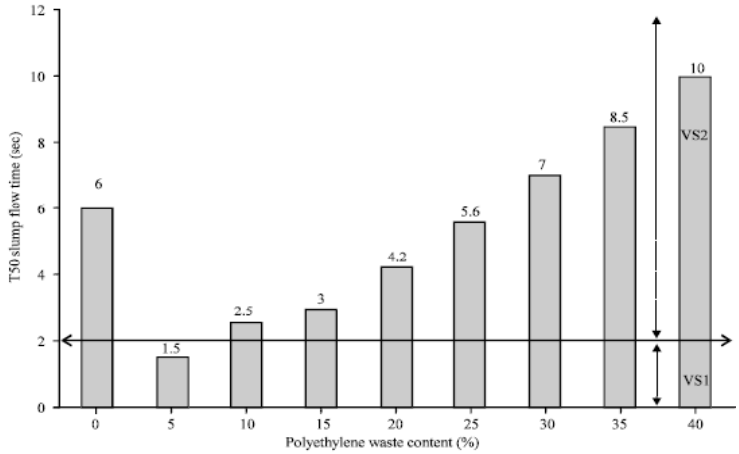


Figure I.17 : Influencé de déchets PE sur l'étalement de BAP **[65]**

b. La densité

La masse volumique d'un béton dépend de sa composition en particulier de la densité des granulats utilisés. Le béton incorporant des déchets plastiques en substitution des granulats naturels a naturellement une masse volumique plus faible que celle du béton ordinaire. Da Silva et al **[60]** ont étudié l'influence de substitution du sable par déchets plastique fins (polyfilin et polypropylène) sur la densité du mortier du ciment. Ils sont trouvés que la densité de mortier est diminuée en fonction d'augmentation de tous les pourcentages du plastique(Fig.I.17) ce qui confirme les résulats de Hannawi et al.**[62]** , Hilal et al **[65]** (Fig. I.18).

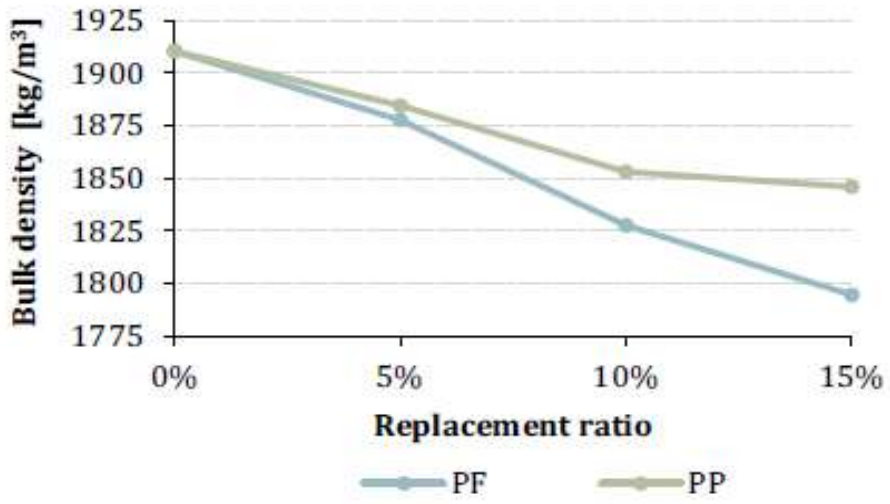


Figure I.18: La densité du béton à base de déchets plastiques (PP et PF)**[60]**

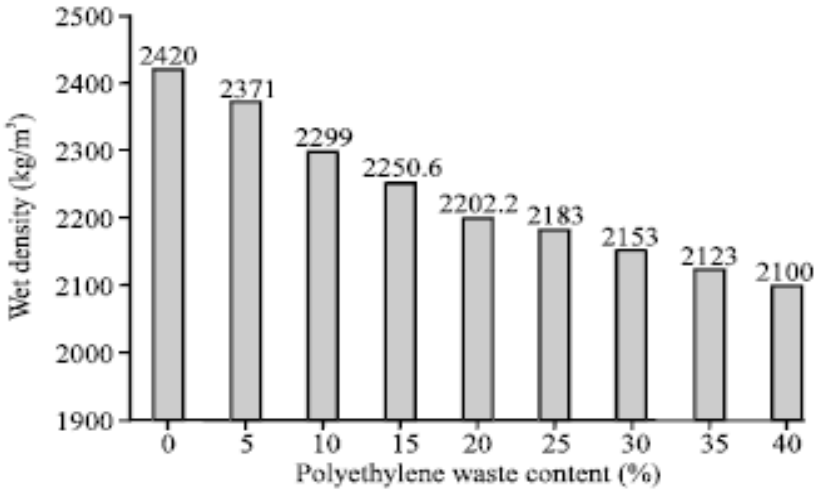


Figure I.19: La densité du BAP à base de déchets plastiques (PE) **[65]**

I.4.1.2 Etats durci

a. La résistance à la compression

Rahmani et al **[63]** ont étudié l'influence des déchets plastiques (PET) sur la résistance à la compression du béton .Ils ont observé une augmentation de la résistance à la compression en fonction de substitution de 5 % de PET par le sable (Fig. I.19).

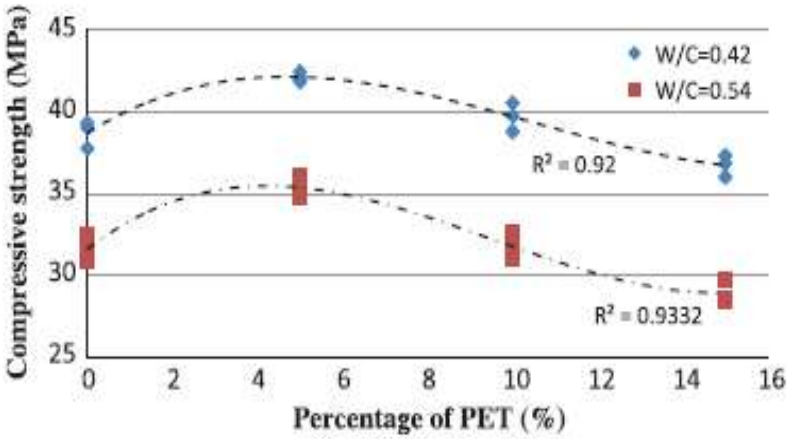


Figure I.20: La résistance à la compression des bétons à base de déchets plastiques (PET) **[63]**

Hilal et al. **[65]** ont étudié l'effet de substitution de (0%à 40%) du sable naturel par de déchets plastique sur la résistance à la compression d'un béton autoplaçant. Ils ont trouvés quel la résistance à la compression est diminuée considérablement avec l'augmentation de pourcentage de déchets plastiques (Fig. I.20).

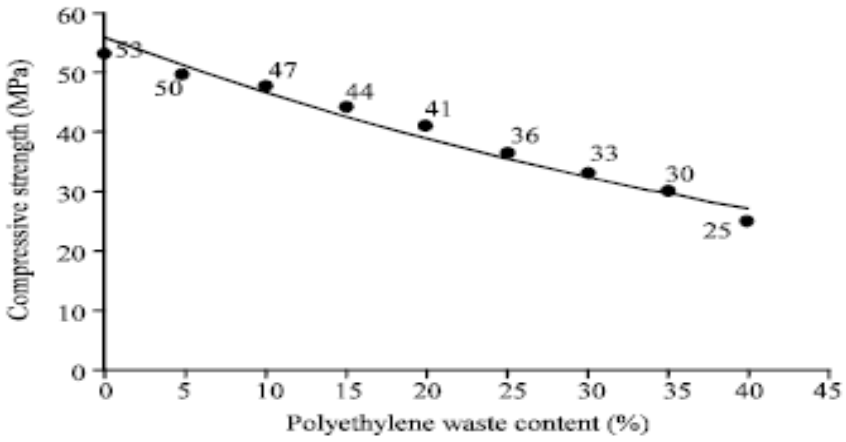


Figure I.21: Influence de déchets plastiques sur la Rc du BAP **[65]**

Comme le montre la Figure I.21, Da Silva et al **[60]** ont observé une chute de résistance à la compression des mortiers à base de 5%,10% et 15 % de déchets plastique fins (polyfilin et polypropylène).

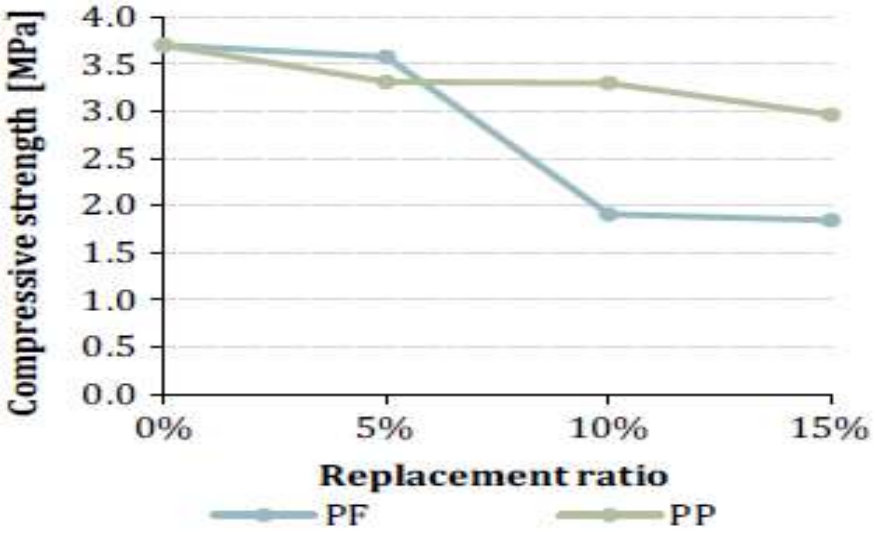


Figure I.22: La résistance à la compression des mortiers à base de déchets plastiques (PF et PP) **[60]**

Iucolano et al. **[61]** ont aussi observé des chutes très importantes de la résistances à la compression pour des mortiers a base de 10%, 15%, 20%, 25%, 33% and 50% des déchets de poudre plastique(type polyéthylène et polypropylène) ,et qui est estimé à 84.86 % pour un pourcentage de 50% de substitution.

b .La résistance à la traction

Par rapport à la résistance à la compression, la résistance à la traction du béton est relativement faible mais on a parfois besoin de la connaître. Elle est généralement indirectement déterminée par le biais d'essais de traction par flexion ou de traction par fendage dit brésilien. Quant à l'essai de traction directe, il est certainement le plus noble en la matière, mais il demeure délicat à réaliser car il nécessite le collage de têtes de traction parfaitement centrées et doit être réalisé sans effort de flexion parasite. Da Silva et al **[60]** ont trouvé une chute de résistance à traction par flexion des mortiers mortiers à base de 5%,10% et 15 % de déchets plastique fins (polyfilin et polypropylène) (Fig. I.22).

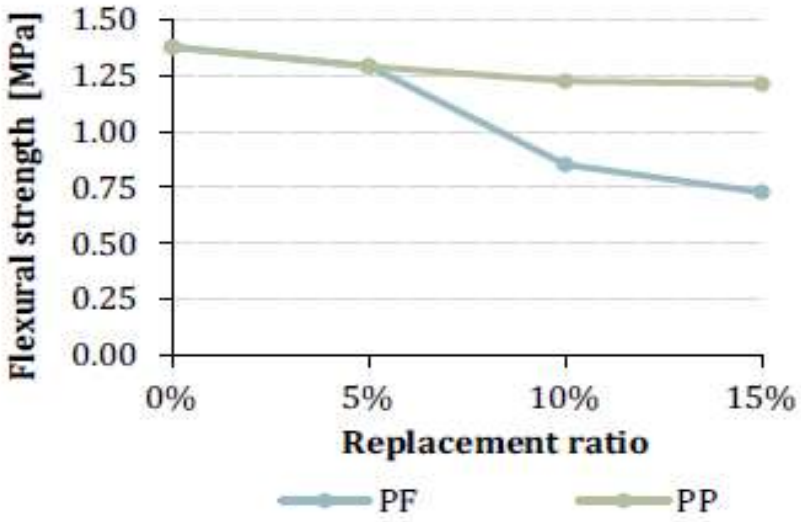


Figure I.23: La résistance à la traction par flexion des mortiers à base de déchets plastiques (PF et PP)**[60]**

Iucolano et al **[61]** trouvent aussi des diminutions importantes de la résistance à la traction par flexion des mortiers en fonction d'augmentation de pourcentage de substitution du sable par la poudre plastiques. Hannawi et al **[62]** ont remplacé 3%, 10%, 20% and 50% du sable par polycarbonate (PC) et polyéthylène téréphtalate (PET), ils ont trouvé que la résistance à la traction par la flexion du mortier est diminué de 9.5 % et 17.9% respectivement pour des remplacements de 20% et 50 % du sable par le PET, et une diminution de 32.8 % pour un remplacement de 50 % du sable par le polycarbonate (Fig. I.23).

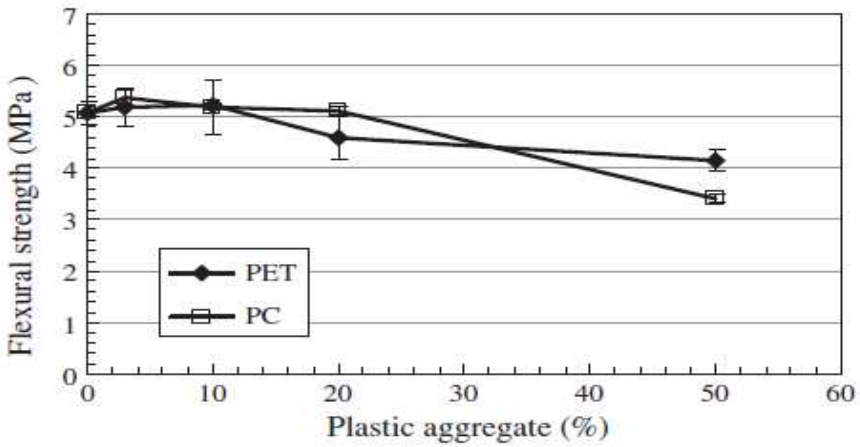


Figure I.24: Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de déchets plastiques (PET et PC) **[62]**

c. Module d'élasticité

De nombreux travaux confirment que l'incorporation de déchets plastique dans le mortier ou béton induit une chute importante du module d'élasticité **[63-64]** (Fig. I.24).

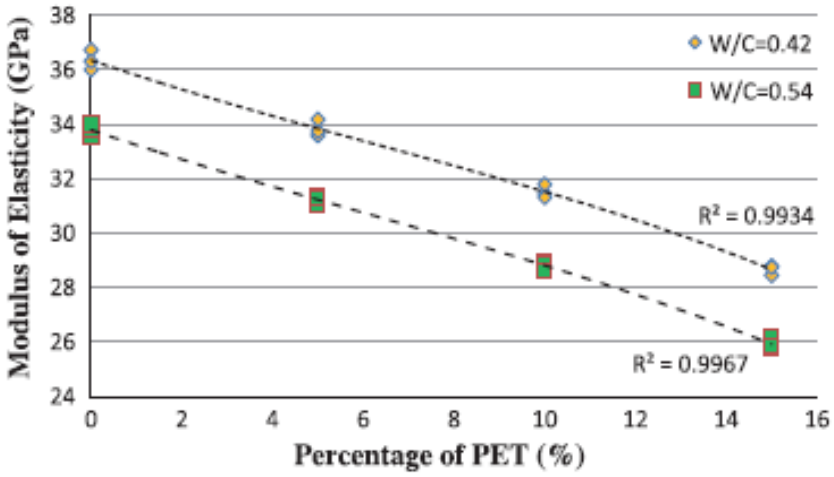


Figure I.25: Module d'élasticité des bétons à base de déchets plastiques (PET) **[63]**

Hannawi et al **[62]** ont étudié aussi la variation du module d'élasticité en fonction de remplacement du 3%, 10%, 20% et 50% du sable par des déchets de polycarbonate (PC) et polyéthylène téréphtalate (PET),il sont rapporté que plus le pourcentage de substitution du sable par des déchets plastiques augment plus le module d'élasticité diminué (Fig. I.25).

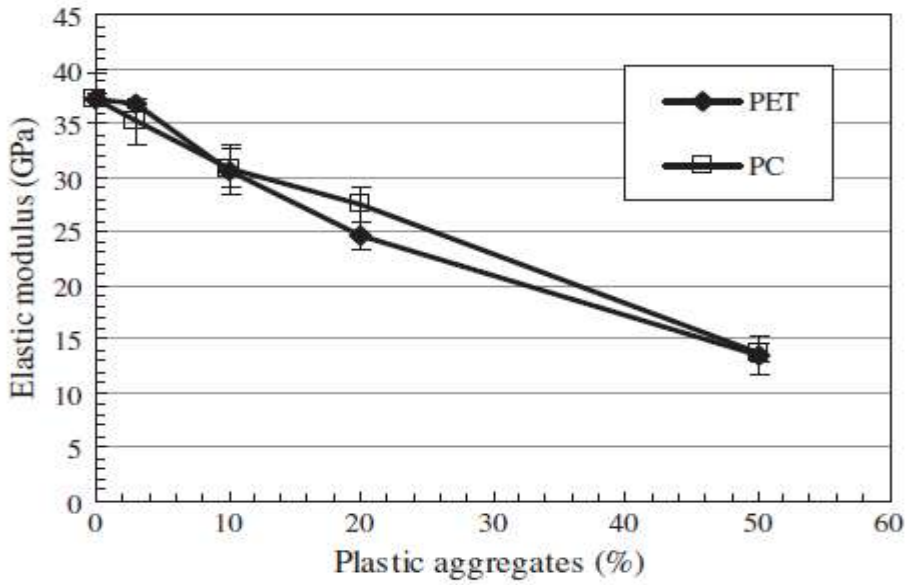


Figure I.26: Le module d'élasticité des mortiers à base de déchets plastiques (PET et PC) **[62]**

d. La conductivité thermique

Iucolano et al **[61]** ont étudié l'effet de substitution du sable naturel par la polyoléfine et le polyéthylène téréphtalate sur la conductivité thermique de mortier .Ils ont trouvé que plus le poucentage de déchets de poudre plastiques augmente plus la conductivité thermique diminué (Fig. I.25).Akcaozog˘lu et al **[68]** ont aussi rapporté les mêmes résultats avec une substitution volumique du sable par le déchet en PET. Ils ont expliqué cette diminution par la faible conductivité thermique des déchets plastiques utilisés ainsi que la porosité plus élevé.

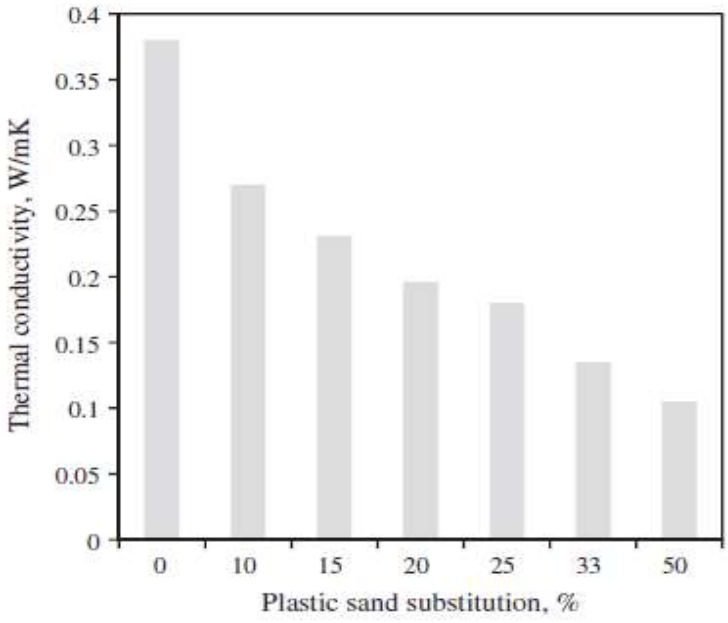


Figure I.27: La conductivité thermique des mortiers à base de poudre plastique (PF et PET) **[61]**

I.4.2 Influence des déchets céramiques rouge sur les propriétés des matériaux cimentaires

Plusieurs études ont été faites sur l'étude de l'effet de l'incorporation des déchets céramique (dalle de sol, faïence, brique……) sur le comportement des matériaux cimentaire à l'état frais et durci. [**49-53]**

I.4.2.1 Etats frais

a. La maniabilité

Abadou et al **[50]** ont constaté que le remplacement de (0%, 10%, 20%, 30%, 40% et 50%) du sable naturel par les déchets de céramique rouge (Faïence et dalle de sol) influe négativement sur la maniabilité du mortier de ciment (Fig.I.26).Ce résultat confirme les résultat de plusieurs autres chercheurs **[49–52,53,66]**

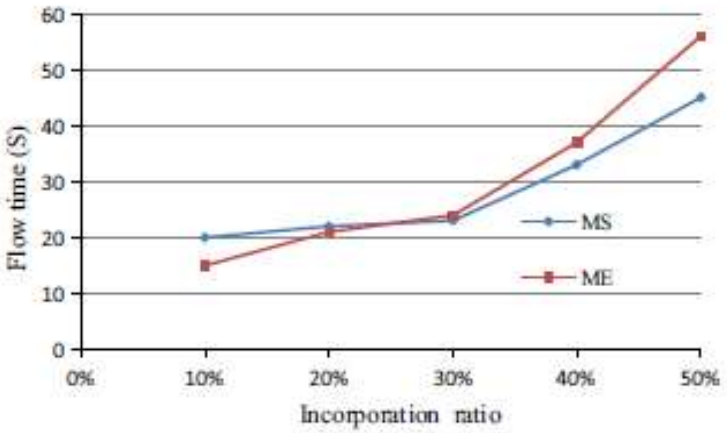


Figure I.28:L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers **[50]**

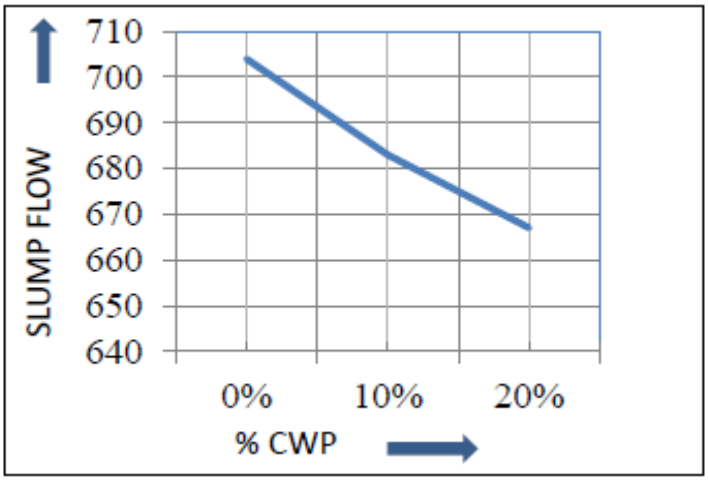


Figure I.29:L'effet de déchets céramique rouge sur l'étalement de BAP **[66]**

b. La densité

Alves et al. **[53]** ont étudié l'influence de substituions de (0%, 20%, 40% ,60%,80 et 100%) du sable par le déchet de céramique (Brique et sanitaire). Ils ont trouvé que la densité est diminuée considérablement avec l'augmentation de pourcentage de déchets céramique. Ce résultat confirme les résultats de Tavakoli. **[67]** Plusieurs auteurs **[46- 45,47]** ont aussi constaté que la densité du béton est diminue linéairement en fonction d'augmentation du pourcentage de déchets céramique .Ils ont expliqué cette diminution par la densité du céramique qui 'st plus faible que celle du sable substitute.

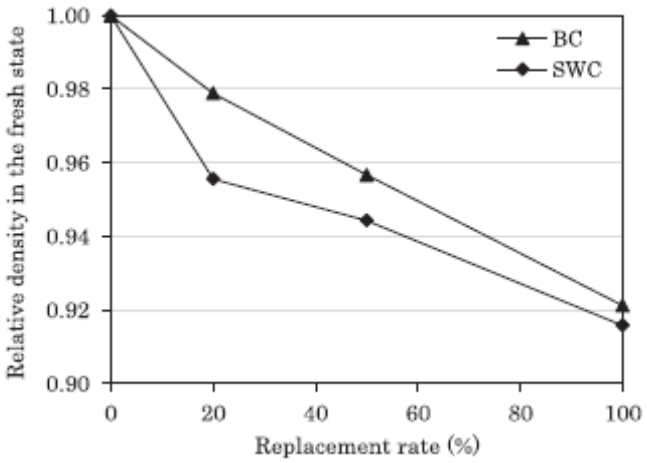


Figure I.30: L'effet de déchets céramique sur la densité de béton **[53]**

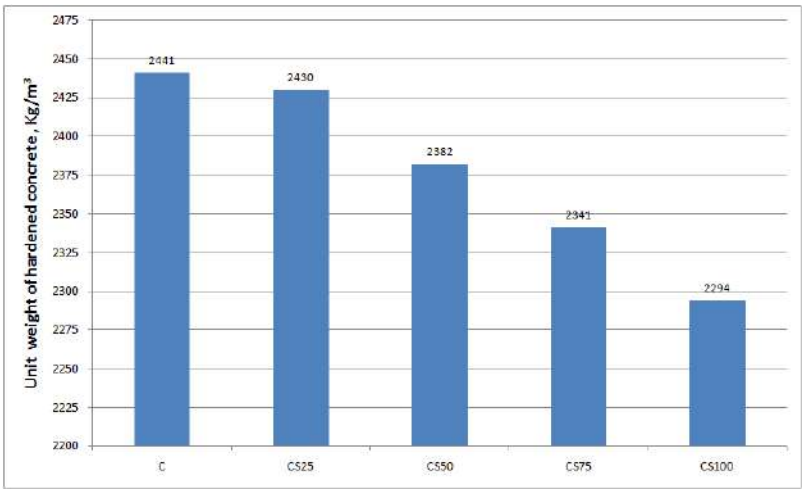


Figure I.31: Influence de déchets céramique sur la densité du béton **[67]**

I.4.2.2 Etats durci

a. La résistance à la Compression

Abadou et al **[50]** ont étudié l'effet de remplacement de (0%, 10%, 20%, 30%, 40% et 50%) du sable naturel par les déchets de céramique rouge (Faïence et dalle de sol) sur la résistance à la compression du mortier du ciment (Fig.I.30-31).Ils ont trouvés que tous les mortiers à base de déchets céramique ont une résistance mécanique plus importante que celle du mortier de référence. Ce résultat confirme les résultats de plusieurs autres chercheurs **[49–52,53]** Pitarch et al **[54]** ont trouvé que la résistance à la compression du béton est augmentée d'environ 19% en fonction de substitution du 20% granulats naturel par des déchets céramique (Dale de sol). Ce résultat confirme les résultats de Tavakoli **[67]** (Fig.I.32).

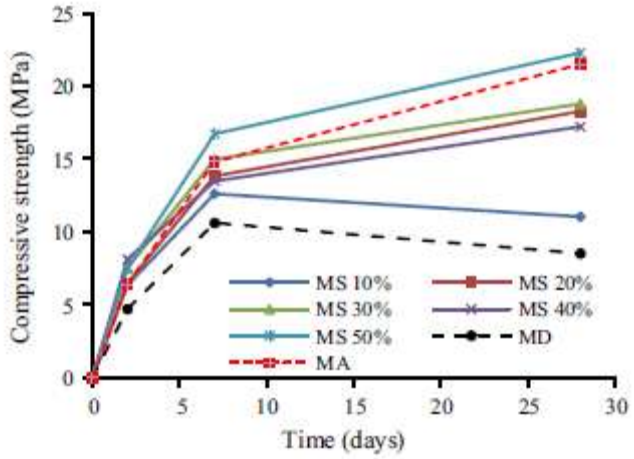


Figure I.32:L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers **[50]**

Rc

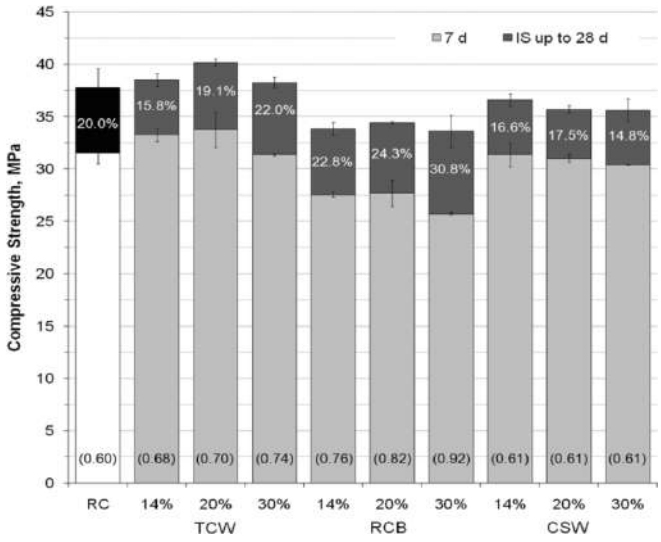


Figure I.33:L'effet de déchets céramique sur la Rc du béton **[54]**

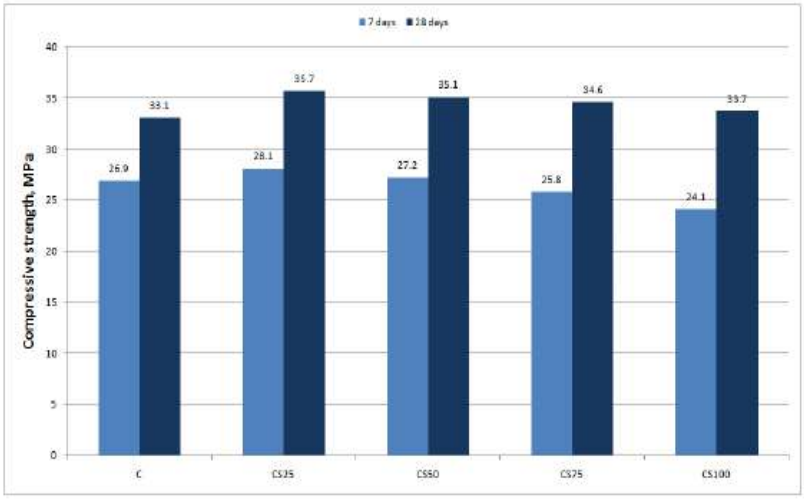


Figure I.34: Influence de déchets céramique sur la densité du béton **[67]**

b. La résistance à la flexion

Bommisetty et al**.[67]** ont constaté que la résistance à la flexion est augmenté en fonction de substitution de 5%,10%,15% ,20% et25% du granulats naturel par des déchets de céramique et passe par un optimum de 20% (Fig.I.33).

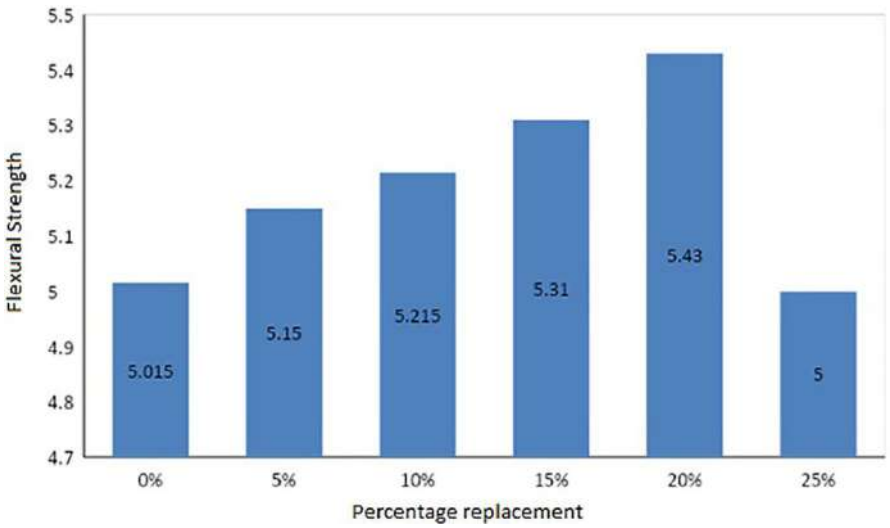


Figure I.35:L'effet de déchets céramique rouge sur la R_t du béton **[67]**

C .Module d'élasticité

Abadou et al **[50]** ont trouvé que le module d'élasticité des mortiers de ciment fabriqué à partir des déchets céramique ont plus important que le module d'élasticité du mortier ordinaire. Ce résultat confirme les résultats de plusieurs autres chercheurs **[56,51]**

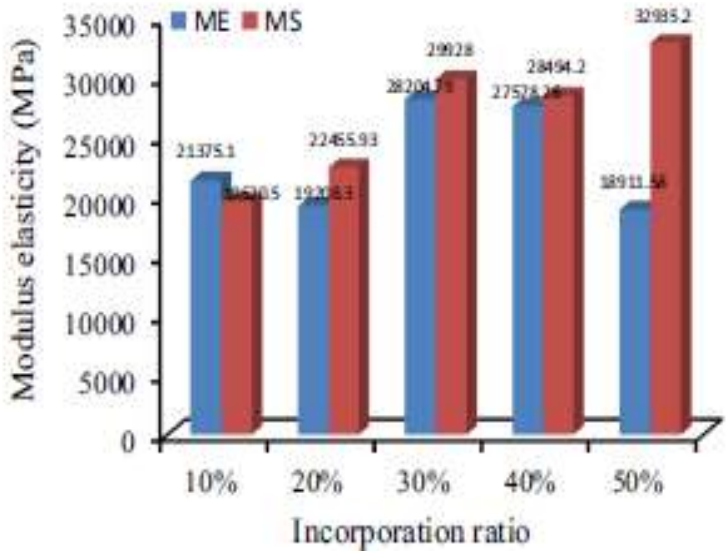


Figure I.36:L'effet de déchets céramique rouge sur le module d'élasticité du mortier **[49]**

I.4.3 Conclusion

A travers les différents documents et exemples disponibles dans la littérature, nous nous sommes rendu compte que l'adjonction des déchets plastiques et céramique aux matériaux cimentaires peut constituer une solution pour concevoir un composite cimentaire offrant de meilleures performances.

Dans ce chapitre nous avons présenté une généralité sur le BAP et on a passé en revue la problématique des déchets usagés non réutilisables, ainsi que de leurs recyclage et valorisations. Puis on a donné une généralité sur le déchet de plastique et de céramique (définition, composition, propriétés, utilisation), et le béton de sable (définition, composition, utilisation, formulation), ainsi que finalement un aperçu sur l'effet de valorisation et recyclage de déchets plastiques céramiques e sur les performances de matériaux à base cimentaire à l'état frais et durci.

Chapitre II

Matériaux et Essais



II.1 Introduction

Dans cette partie expérimentale, nous proposons une nouvelle démarche pour formuler Le béton autoplaçant (BAP) à base des déchets de plastique et de céramique , nous étions obligés de réalisé un Certain nombre d'essais pour la détermination des caractéristiques des matériaux utilisés et Leurs propriétés, d'autre part la détermination de la formulation doit être définie avec le plus Grand soin possible à travers la détermination des différents paramètres agissant sur la Formulation d'un béton à savoir :

- La granularité ou le fuseau granulaire du squelette.
- Les dosages en sable, Gravée, ciment, eau et super plastifiant.
- Le rapport Eau/Ciment (E/C) et Gravée /sable (G/S).

Pour répondre aux différentes questions de cette étude, en utilise trois familles de béton ont Eté réalisés. La nomenclature choisis est représentée dans le tableau suivant (Tableau II.1) :

Tableau II.1 : Différents compositions utilisées dans la recherche

Notation	Désignation
BAPT^{-}	BAP Témoin (sans déchets de plastique et de céramique).
BAP$_1$	BAP à base de déchets plastique et de déchets céramique avec six pourcentages (5%,10%,15%,20%,25% et 30%).

II .2 Caractérisation des matériaux utilisés

Pour la confection du béton, des matériaux locaux de la wilaya de Médéa sont caractérisés expérimentalement au laboratoire de génie civil tout en assurant les recommandations des normes en vigueur.

II.2.1 Ciment

Le ciment utilisé est CPJ-CEM II/A (Mâtine) **(**Figure II.1), est un ciment Portland artificiel dont la résistance minimale à la compression à 28 jours est de 42,5 MPa, produit par la cimenterie de LAFARGE dont l'ajout est le calcaire qui est conforme à la norme [NA442**][33].**Le tableau II.2 résume l'Analyse chimique du ciment et composition hypothétique du clinker, selon la fiche technique < annexe A> du ciment .

Tableau II.2 : L'analyse chimique du ciment et composition du clinker

Analyse chimique Du ciment	Perte au feu (%) (NA 5042) 7.00-9.50	7.00-9.50
	Résidus insolubles (%) (NA 5042)	1.50-3.00
	Teneur en sulfates SO3 (%) (NA 5042)	2.00-2.50
	Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.90-2.30
	Teneur en chlorures (%) (NA 5042)	0.01-0.03
Composition hypothétique du clinker	Silicates tricalciques C3S (%)	58.00-64.00
	Aluminates tricalciques C3A (%)	6.00-8.00



Figure II.1 : Le ciment utilisé (Annexe A)

II.2.2 Granulats

II.2.2.1 Sable

Pour cet étude nous avons utilisé un sable (Oued souf) de module de finesse environ 2,24 dont leurs caractéristiques sont représentées dans le tableau II.3. La figure II.2 représente la courbe granulométrique des granulats utilisés.



Figure II.2: Sable moyenne d'Oued sauf

Tableau II.3 : Propriétés physiques d'identification de sable utilisés

Caractéristiques	**Sable**	**Normes**
Provenance	Oued sauf	
Classe granulaire	0/3	NF EN 933-1 **[38]**
Module de finesse	2.24	
Masse volumique absolue (g/cm^3)	2.63	NF EN 1097-6**[39]**
Masse volumique apparent (g/cm3)	1.18	NF EN 459-2**[40]**
Equivalent de sable (%)	94	NF EN 933-8**[41]**
Taux d'absorption d'eau (%)	0.86	NF EN 1097-6**[39]**

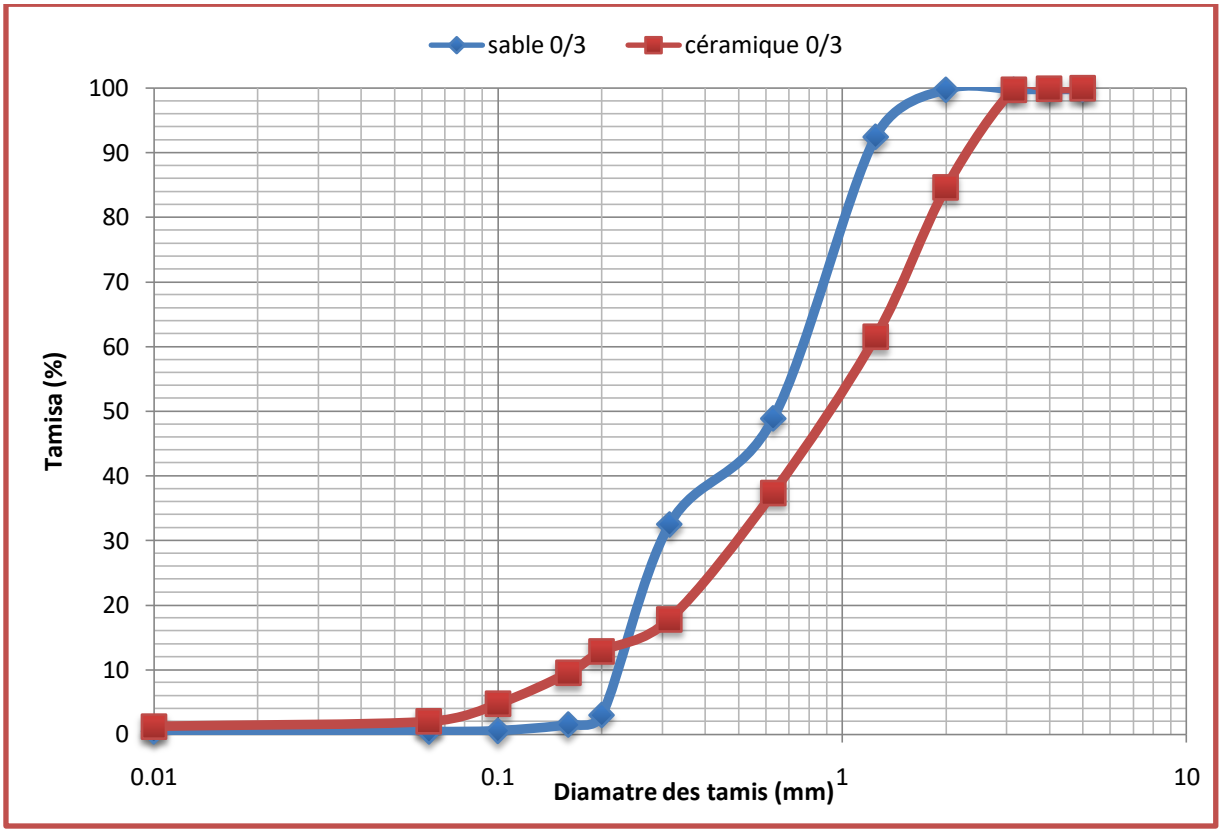


Figure II.3 : Courbe granulométrique des sables utilisées

II.2.2.2 Gravier

Le gravier utilisé est un gravier concassé à deux classes granulaires (3/8 & 8/15) (Fig. II.4 et II.5) provenant de la carrière de Mont Guorno de la région de Berouagua (Médéa) dont les propriétés physiques et mécaniques sont présentées au tableau II.4 et l'analyse granulométrique est présentée dans la figure II.6.



Figure II.4: Gravier de Mont Guorno 3/8



Figure II.5: Gravier de Mont Guorno 8/15

Tableau II.4 : Propriétés physiques et mécaniques des graviers utilisés.

caractéristiques	Fraction 3/8	Fraction 8/15	Normes
Masse volumique absolue (g/cm3)	2.50	2.53	NF EN 1097-6**[39]**
Masse volumique apparente (g/cm3)	1.29	1.27	NF EN 459-2**[40]**
Taux d'absorption d'eau (%)	0.598	0.795	NF EN 1097-6**[39]**
Résistance aux chocs(%) (Los-Angeles)	26.18	24.10	NF EN 1097-2**[42]**

D'après les résultats du tableau II.4, il parait que les gros granulats sont de bonne qualité et Peuvent être utilisés pour un béton.

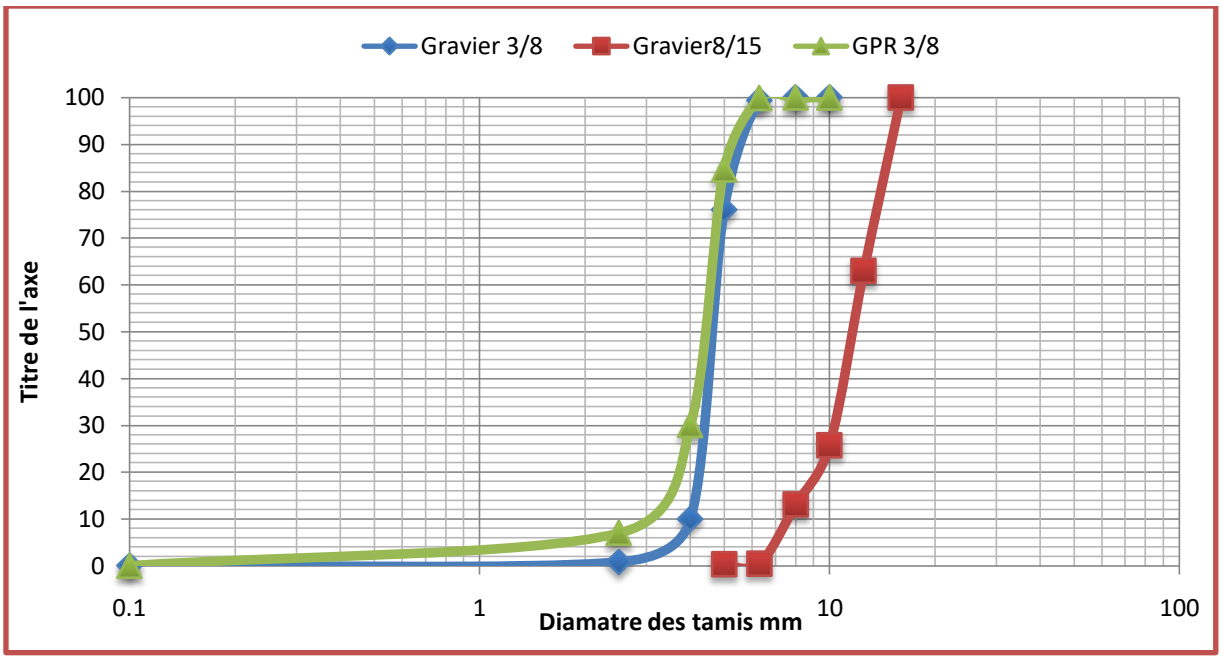


Figure II.6: Analyse granulométrie du gravier 3/8 et 8/15.

II.2.3 Déchets plastiques

Les déchets de plastique utilisée dans ce travail de recherche sous deux formes :

- Un Gravier de plastique recyclé GPR.



Figure II.7 : Déchets plastiques sous forme de grain

Nous avons incorporé ces déchets dans le béton par substitution volumétrique du gravier 3/8 avec des pourcentages de 5 % ,10%,15%,20 %,25 % et 30%.

II.2.3.1 caractérisation des déchets de plastique

Le GPR est caractérisé suivant les normes en vigueurs, voire les procédures des essais qu'on a réalisées sur ce gravier et ce sable, les résultats sont représentés dans le tableau II.5.

Tableau II.5 : Propriétés physiques de GPR

Caractéristiques	GPR	Normes
Classe granulométrie	3/8	NF EN 933-1 **[38]**
Masse volumique absolue (g/cm3)	1.45	NF EN 1097-6**[39]**
Masse volumique apparente (g/cm3)	1.35	NF EN 459-2 **[40]**

II.2.4 Déchets de céramique

Les déchets de céramique utilisée dans ce travail de recherche sous deux formes :

- Un sable de céramique concassé SCC.

a. Recyclage et caractérisation des déchets de céramique

Notre travail consiste deux méthodes pour le recyclage des déchets de céramique qui sont Résumés comme suit :

b. Sable de céramique recyclé (SCR)

Les déchets une fois réceptionnés, ils ont fait l'objet d'un concassage par un concasseur à mâchoires de laboratoire (figure II.7) qui nous a permet d'obtenir un matériau dont les grains sont de dimensions 0-3 mm .La figure II.7 montre les étapes précédentes :



Figure II.8: Protocole de concassage des déchets de céramique sous forme sable 0/3

c. caractéristiques de SCR

Le SCR est caractérisé suivant les normes en vigueurs, voire les procédures des essais qu'on a réalisées sur ce sable, les résultats sont représentés dans le tableau II.5 et la figure II.3.

Tableau II.6 : Propriétés physiques de SCR

Caractéristiques	SCR	Normes
Classe granulométrie	0/3	NF EN 933-1 **[38]**
Module de finesse	3	
Masse volumique absolue (g/cm3)	2.56	NF EN 1097-6**[39]**
Masse volumique apparente (g/cm3)	1.35	NF EN 459-2 **[40]**
Equivalent de sable (%)	84.96	NF EN 933-8**[41]**
Taux d'absorption d'eau(%)	13	NF EN 1097-6**[39]**

II.2.5 Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée pour la confection des bétons est celle du robinet considérée Comme potable, exempte de toute impureté nuisible au béton et conforme à la norme NF EN 1008 **[34].** Sa température est comprise entre 18 et 20°C.

II.2.6 Superplastifiant

Pour assurer une ouvrabilité satisfaisante, on a employé un Superplastifiant – Haut réducteur d'eau à base de poly carboxylate d'éther formulé à base de polymère de synthèse combinée commercialisé par la société Granitexe, sous le nom « MEDAFLOW 30 » .Voir la fiche technique en < annexe B> pour avoir plus de détaille sur ce adjuvant.



Figure II.9 : MEDAFLOW 30

Tableau II.7 : Propriétés physiques de MEDAFLOW 30

Aspect	Liquide
Couleur	Brun clair
PH	6 – 6.5
Densité	1.07 ± 0.01
Teneur en chlore	< 0.1 g/L
Extrait sec	30%

II.2.6 Filler de marbre blanche

La poudre du marbre utilisée en obtient à partir du déchet des marbreries concassé et brouée à une certaine finesse de 3000 cm^2/g comme la figure II.10.



Figure II.10 : poudre de marbre

II.3 Formulation du béton

L'objectif de la formulation est de déterminer la quantité nécessaire pour chaque matériaux du gâchée, afin d'obtenir un béton (BAP) avec des propriétés souhaitées.

Notre étude est focalisée sur l'influence de l'ajout des déchets de céramique et de plastique issues de quatre différentes formes (SCR et GPR) sur les caractéristiques à l'état frais et durci d'un béton autoplaçant.

Afin de déterminer les quantités des matériaux : sable, gravier, ciment, filer, eau et adjuvant, nous nous sommes basés sur la formulation japonaise (JSCE), en assurant un rapport G/S=0.9, un rapport E/C+F= 0.38 et un dosage de superplastifiant Sp/L=1.7% pour assurer une ouvrabilité constant, les différentes compositions sont présentées dans le tableau II.6 **:**

Tableau II.8 : les composantes des bétons formulés à base des déchets de céramique et plastique (v= 20.348 L)

Substitution (%)		BAPT	BAP_1					
		0	**5 %**	**10 %**	**15 %**	**20 %**	**25 %**	**30 %**
Ciment (kg)		8.750	8.750	8.750	8.750	8.750	8.750	8.750
Sable 0/3 (kg)		18.59	17.816	17.042	16.268	15.494	14.720	13.946
Eau (kg)		3.62	3.62	3.62	3.62	3.62	3.62	3.62
Gravier 3/8 (kg)		7.95	7.721	7.491	7.260	7.029	6.799	6.568
Gravier 8/15 (kg)		7.952	7.952	7.952	7.952	7.952	7.952	7.952
SP	**(kg)**	0.164	0.168	0.173	0.178	0.183	0.188	0.192
	(%)	1.7	1.75	1.8	1.85	1.9	1.95	2
Filer (kg)		0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875
SCR (kg)		/	0.477	1.548	2.322	3.096	3.870	4.644
GPR (kg)		/	0.231	0.461	0.692	0.922	1.153	1.384

Avec :

BAPT : Béton autoplacant témoin.

BAP_1 : Béton autoplacant à base de déchet plastique et de céramique recyclé.

(5, 10, 15, 20, 25, et 30 %) : substitution en GPR et SCR.

II.4 Séquence de malaxage du béton

La séquence de malaxage et la composition du béton ont un rôle important pour avoir une hydratation correcte, ce qui conduit à un béton performant et durable.

Les mélanges ont été confectionnés dans un malaxeur à béton d'une capacité de 40 litres. Selon les caractéristiques souhaitées et les composants du béton, les auteurs suivent plusieurs séquences.

Pour notre cas, la séquence suivie est celle décrite dans figure (II.11) ; elle suit les étapes Suivantes :

- Calculer la quantité d'eau effective que l'on va mettre dans la bétonnière. Ce calcul permet de prendre en compte l'eau contenue dans les gros granulats et le sable tout en connaissant le coefficient d'absorption de chacun.
- Calculer les proportions du ciment, sable, gravier 3/8, gravier 8/15 et super-plastifiant.
- Malaxer le sable, ciment et gravier (3/8 et 8/15) pendant 30 secondes pour Homogénéiser le mélange.
- Ajouter pendant 1 minute la première quantité d'eau (Eau1 = 2/3 Eau).
- Ajouter pendant 1 minute le super-plastifiant dilué dans le restant de l'eau de gâchage (Eau2 = 1/3 Eau).
- Malaxer le mélange pendant 3 minutes.
- Arrêter le malaxeur et laisser le mélange au repos pendant 2 minutes.
- Malaxer pendant 30 secondes.

La séquence de malaxage est la même pour tous les mélanges du béton.

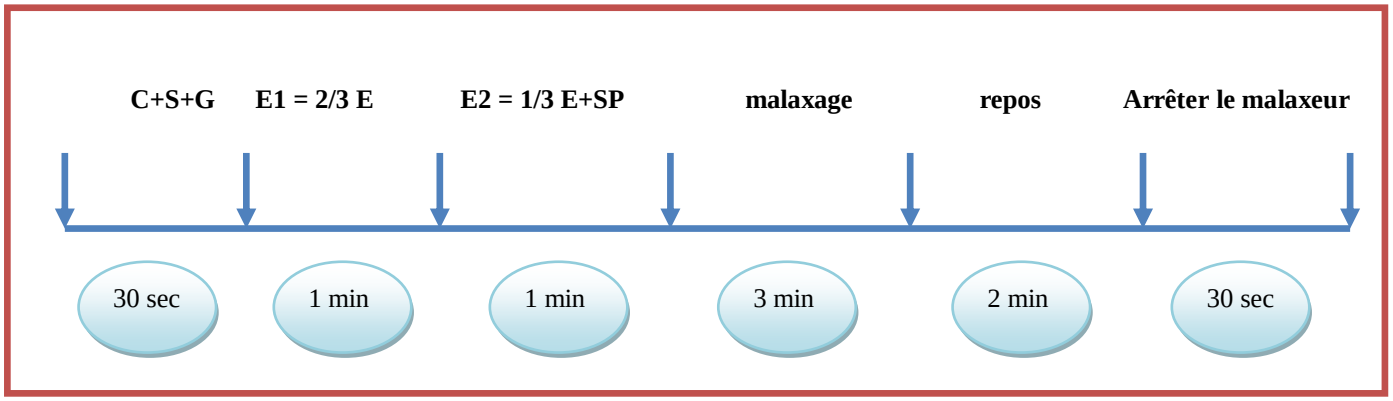


Figure II.11 : Séquence de malaxage du béton autoplaçant



Figure II.12 : Protocole de malaxage

II.5 Les essais sur le béton (BAP)

II.5.1 Etat frais

Les essais de caractérisation sur le béton à l'étant frais sont résumes dans le (tableau II.7) Suivant :

Tableau II.9 : Les essais de caractérisation sur le béton à l'étant frais

Essai de caractérisation				
Etalement	V-funnel	L-Box	Stabilité au tamis	Densité

a. Essais d'étalement et T_{50}

Cet essai consiste à déterminer l'habilité du béton à se déformer sous son propre poids en faisant face aux forces de friction. C'est l'essai type pour évaluer la déformabilité du béton autoplaçant. La figure II.13 montre les étapes de l'essai d'étalement.



Figure II.13 : Développement de l'essai d'étalement

b. Essai d'entonnoir en V (V-funnel)

L'entonnoir est destiné à imposer un écoulement du même type que celui impose entre deux armatures parallèles. L'entonnoir est rempli de béton et le temps pour lequel le béton prend pour couler à travers le dispositif est mesure. Ce temps mesure indique la fluidité et Caractérise la capacité du béton à se déformer à travers des zones confinées par son passage Par l'ouverture du col du dispositif. La figure II.14 montre les étapes de l'essai.



Figure II.14 : protocole de l'essai d'entonnoir (V- funnel)

c. Essai de la boîte en L (L-Box)

Cet essai est réalisé en utilisant une boite ayant une forme en L. Elle permet de tester la mobilité du béton en milieu confiné et de vérifier que sa mise en place ne sera pas contrariée par des phénomènes de blocage inacceptables. La figure II.15 montre les étapes de l'essai.



Figure II.15 : Protocole de l'essai de la boîte en L-Box

d. Essai de stabilité au tamis

Cet essai permet d'étudier la résistance à la ségrégation et au ressuage du BAP, qui doit être stable sous l'effet de la gravité. Il consiste à déverser une quantité de béton (5L) sur un tamis (de maille 5 mm). Puis au bout de 2 minutes, on pèse le volume de laitance qui a traversé le tamis. Le pourcentage en poids de laitance par rapport au poids de l'échantillon initial Exprime la stabilité du béton. La figure II.16 montre les étapes de l'essai.



Figure II.16 : Protocole de l'essai de stabilité au tamis

e. Densité

La densité des mélanges a été calculée en fonction de l'échantillon introduit dans le moule de volume (V= 1 L) est déterminée suivant la norme NF P 18-440. La figure II.17 montre les étapes de l'essai.



Figure II.17 : Mesure de la densité du béton

II.5.2 Démoulage et conservation des éprouvettes

On prélever un échantillon du béton afin de remplir des éprouvettes cubiques de (10x10x10) cm et des éprouvettes prismatiques (7x7x28) cm. On stocke les éprouvettes dans une salle en attendant de les démouler 24 heures après. Après 24 heures on démoule les éprouvettes et on les place dans un bac rempli d'eau à une température d'environ 20°C jusqu'à l'échéance de l'essai, pour maintenir l'humidité satisfaisante et la température favorable durant la période d'hydratation du ciment pour éviter l'évaporation rapide de l'eau de gâchage, afin d'assurer un bon mûrissement du béton.



Figure II.18 : Conservation des éprouvettes

II.5.3 Etat durci

Les essais de caractérisation sur béton durci sont résumes dans le (tableau II.8) suivant :

Tableau II.10 : Les essais de caractérisation sur le béton à l'étant durci

Essai de caractérisation				
Résistance à la Compression	Résistance à la Traction par flexion	Conductivité thermique	Ultrasonique	Résistance au feu

a. Essai de la résistance à la compression

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [EN 196-1]] **[35]** par compression axiale pour d'éprouvettes cubique à l'âge de 7 et 28 jours, à l'aide d'une presse de capacité de 2000 KN .La résistance à la compression correspond à la contrainte moyenne d'écrasement de trois (3) d'éprouvettes cubique (10x10x10) cm. La figure II.19 montre les étapes de l'essai.



Figure II.19 : Essai de compression sur béton

b. Essai de la résistance à la traction par flexion

À l´âge requis, les éprouvettes sont brisées par flexion en deux moitiés selon la norme [EN 196-1] **[35]**. C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (Par trois points), une éprouvette prismatique (7x7x28) cm de côté **a** et de longueur **L**. La figure II.20 montre les étapes de l'essai.



Figure II.20. Essai de traction par flexion sur béton

La contrainte de flexion sur la fibre inférieure est donnée par la formule suivante :

$$\sigma_t = \frac{M}{I} v$$

Avec :

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge : $M = \frac{Ff\ L}{4}$

I : Moment d'inertie de la section transversale : $I = \frac{d4}{12}$

v : La distance de la fibre inférieure la plus éloignée : $v = \frac{d}{2}$

La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante :

$$\sigma_t = \frac{M15Ff\ L}{d3}$$

c. Essai de la conductivité thermique

La conductivité thermique est une grandeur physique caractérisant le comportement de matériaux lors du transfert thermique par conduction. Notée λ, elle représente la quantité de Chaleur transférée par unité de surface et par une unité de temps sous un gradient de température de 1 degré par mètre. Elle s'exprime en W/m°C. Cette valeur permet de quantifier le pouvoir isolant de chaque matériau. Plus elle est faible, plus le matériau sera isolant.

Dans notre cas la conductivité thermiques des différents bétons a été mesurée à l'aide d'un CT Mètre conformément la norme NF EN 993-15 **[36]** sur des échantillons de 4 ×10×10 cm. La figure II.21 montre les étapes de l'essai.

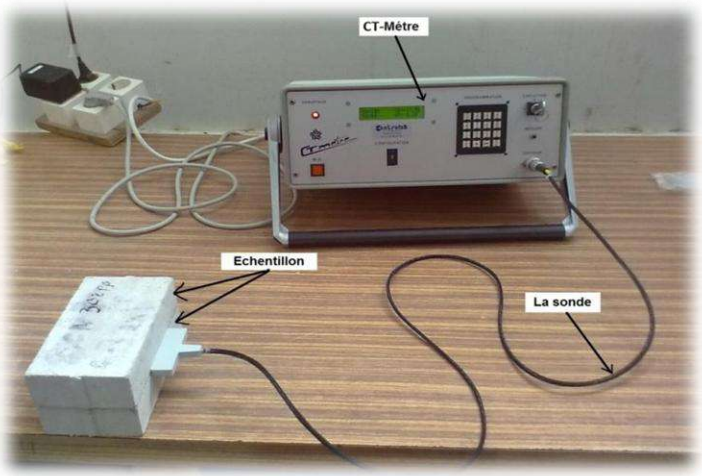


Figure II.21 : Dispositif pour l'essai de la conductivité thermique

d. Essai ultrasonique

Avant de procéder aux essais à l'ultrason, on a pris le soin de vérifier le bon fonctionnement Par étalonnage de l'appareil en utilisant le barreau de calibrage pour chaque éprouvette. Les essais à l'ultrason ont été effectués en deux sens selon la méthode par transmission directe de telle façon que le sens de mesure du temps de transit soit perpendiculaire au sens de confection. Sur les faces opposées de l'éprouvette on a placé les deux transducteurs en interposant entre eux une couche mince de vaseline, puis l'enregistrement du temps de transit en micro seconde est réalisé. La figure II.22 montre les étapes de l'essai.



Figure II.22 : Etalonnage et mesure du temps de parcours des ondes ultrasonores.

e. Résistance au feu

Cet essai consiste à préparer des demi prismes d'éprouvettes (7×7×28)cm pour le traitement thermique, elles sont exposées à l'air libre au laboratoire pendant 6 jours puis étuvées à 105°C Pendant plusieurs jours jusqu'à stabilisation de leurs masses. Ensuite, elles sont chauffées dans un four à moufle de différentes températures 200°C, 400°C ,600°C et 800°C avec une vitesse de chauffage égale à 10°C/min maintenues la température constante dans le four pendant une heure conformément à la norme ISO 834**[37]**. Tous les demi-prismes d'éprouvettes sont ensuite refroidis à l'air (en dehors du four) pendant 24 heures puis écrasés. Pour chaque température, des mesures de pertes de masse ont été effectuées. Le degré de déshydratation (Perte de masse (%)) est évalué par la relation suivante :

$$[\text{Perte de masse (\%)}] = [(M_1 - M_2)/M_1)] \times 100$$

Avec :

M_1, M_2 les masses des éprouvettes avant et après le chauffage respectivement.



Figure II.23 : Echauffement des éprouvettes dans un four à moufle

II.6 Variables étudiées

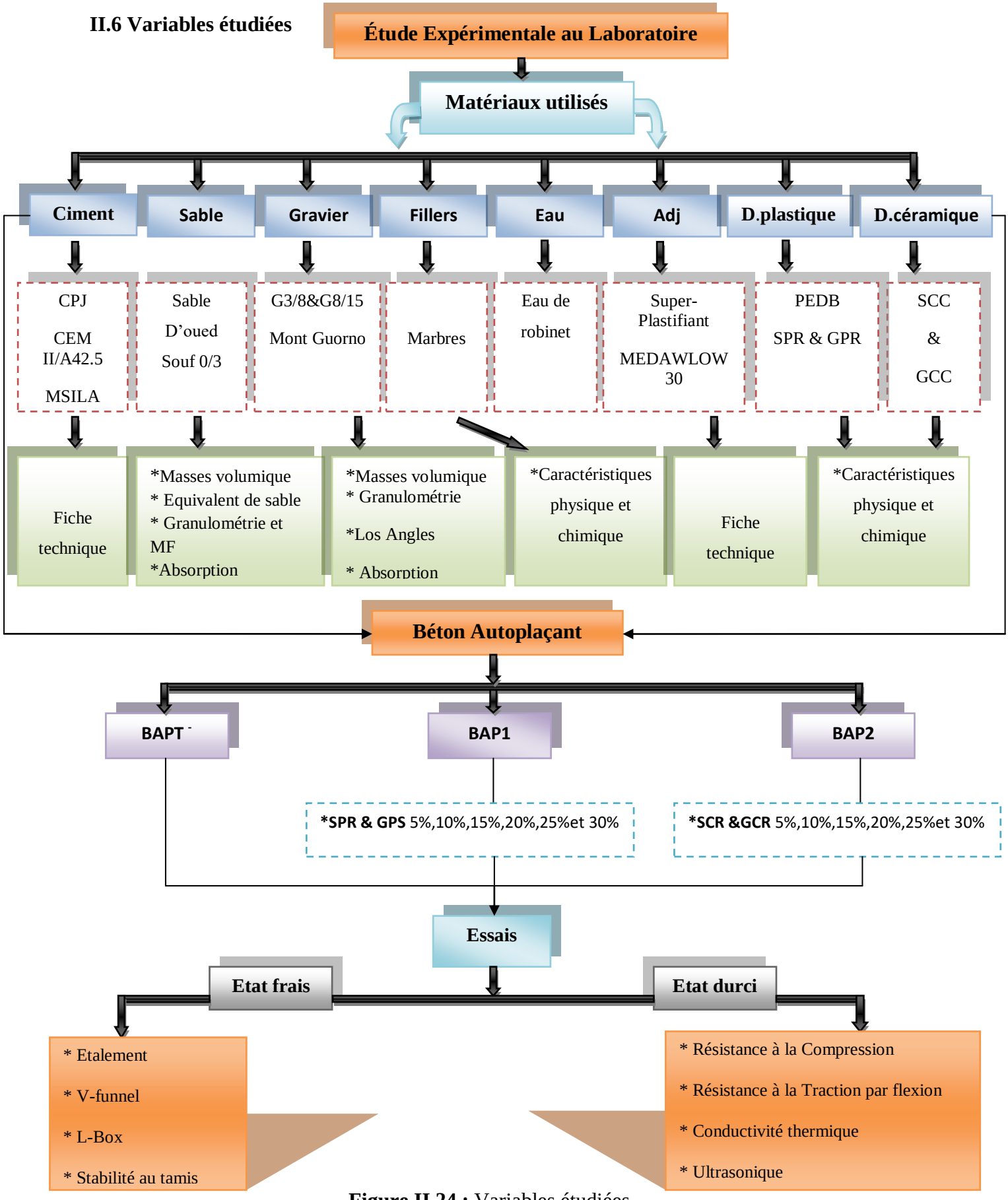


Figure II.24 : Variables étudiées

II .7 Conclusion

Dans notre recherche, nous avons utilisé les matériaux locaux, disponibles sur le marché Algérien tels que le ciment, les granulats, les super-plastifiants). On a réalisés des essais importants pour déterminer les caractéristiques Rhéologiques et mécaniques. Tout dans le but de connaitre l'effet de déchet de plastique et de céramique sur le béton autoplaçant.

Chapitre III

Résultats et interprétation



III.1 Introduction

L'objectif de l'étude expérimental est d'étudier l'effet de recyclage des déchets de (plastique et céramique) dans la fabrication du béton autoplaçant et sur les caractéristiques mécanique et rhéologique d'un béton autoplaçant à base des matériaux locaux. Les résultats obtenus suites aux essais entrepris, sont regroupés, selon l'âge, le type d'essai et le type de béton afin de permettre la compréhension et l'exploitation de ces derniers de la manière la plus pratique et la plus aisée.

III.2 Essais sur le béton autoplaçant à base du déchet

III.2.1 État frais

Les caractéristiques à l'état frais de différentes familles de béton autoplaçant réalisés sont résumées dans le tableau III.1

Tableau III.1 : Résultats d'essais à l'état frais de différentes familles de béton

Béton		Etalement (mm)		V-Funnel (sec)	Stabilité au tamis %	L-BOX %	Densité (Kg/m3)
		T_{50}	D				
Réf		2.02	650	4.02	2.78	82	2.44
BAP1	BAPT	2.08	652	4.39	2.60	85	2.38
	5%	2.30	651	4.20	1.40	86	2.31
	10%	2.49	655	4.41	2.49	89	2.30
	15%	2.40	657	4.31	3.62	89	2.28
	20%	3.01	659	5.14	4.11	83	2.24
	25%	2.00	660	5.15	4.64	90	2.23
	30%	**600-850**		**4-12**	**≤15%**	**≈90**	-
Limites pour les BAP							

Avec :

BAPT : Béton autoplacant témoin.

BAP_1 : Béton autoplacant à base de déchet plastique et de céramique recyclé.

(5, 10, 15, 20, 25, et 30 %) : substitution en GPR et SCR.

III.2.1.1 Influence du déchet de plastique et céramique (GPR et SCR) sur l'ouvrabilité

a. Étalement

Pour notre travail on à respecté un diamètre d'étalement (diamètre constante) situé entre (650±10 mm) pour toutes les familles de béton autoplaçant pour faciliter la comparaison entre la famille de BAPT et BAP_1, La figure III.1 représente la variation de dosage en super plastifiant pour avoir un étalement constant.

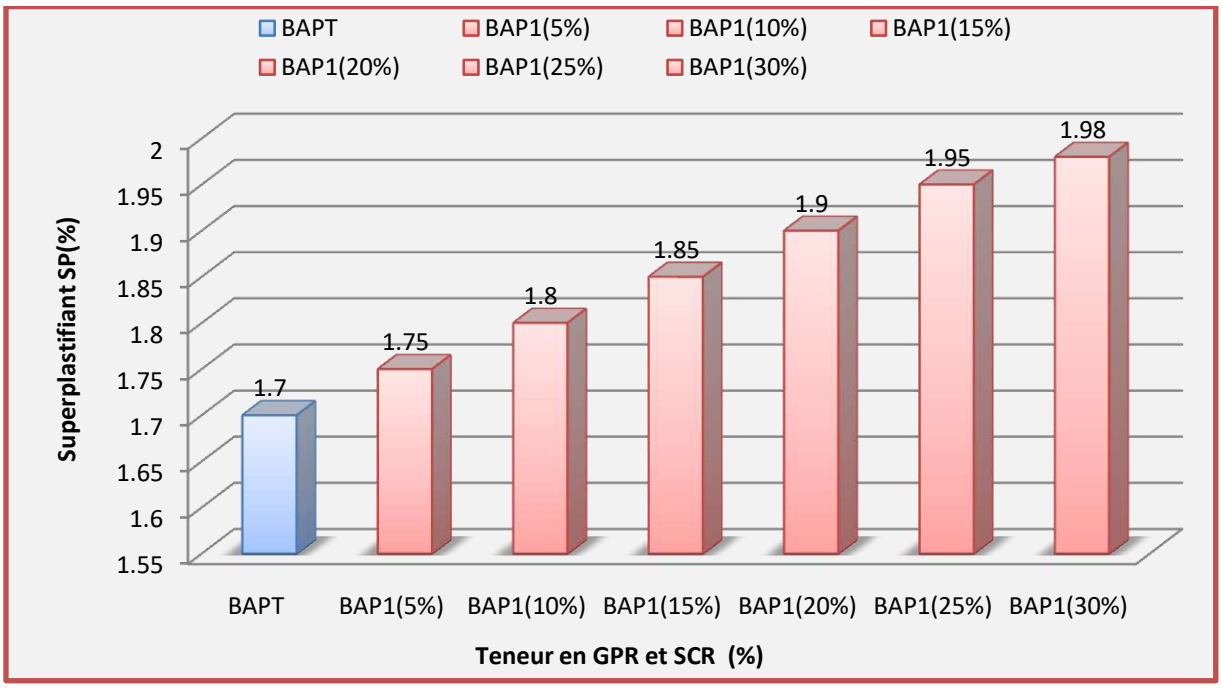


Figure III.1 : Dosage de superplastifiant en fonction de GPR et SCR (%)

A travers les résultats illustrés dans la figure III.1 précédente, on a constaté que plus on augmente le pourcentage de substitution du GPR et SCR %, plus le mélange devient plus ferme qui nécessite d'augmenter le pourcentage du superplastifiant à fin d'assuré une ouvrabilité relativement constante (622 à 670) mm, Les résultats de l'étalement sont représentés dans la figure III.2, qui illustre cette ouvrabilité.

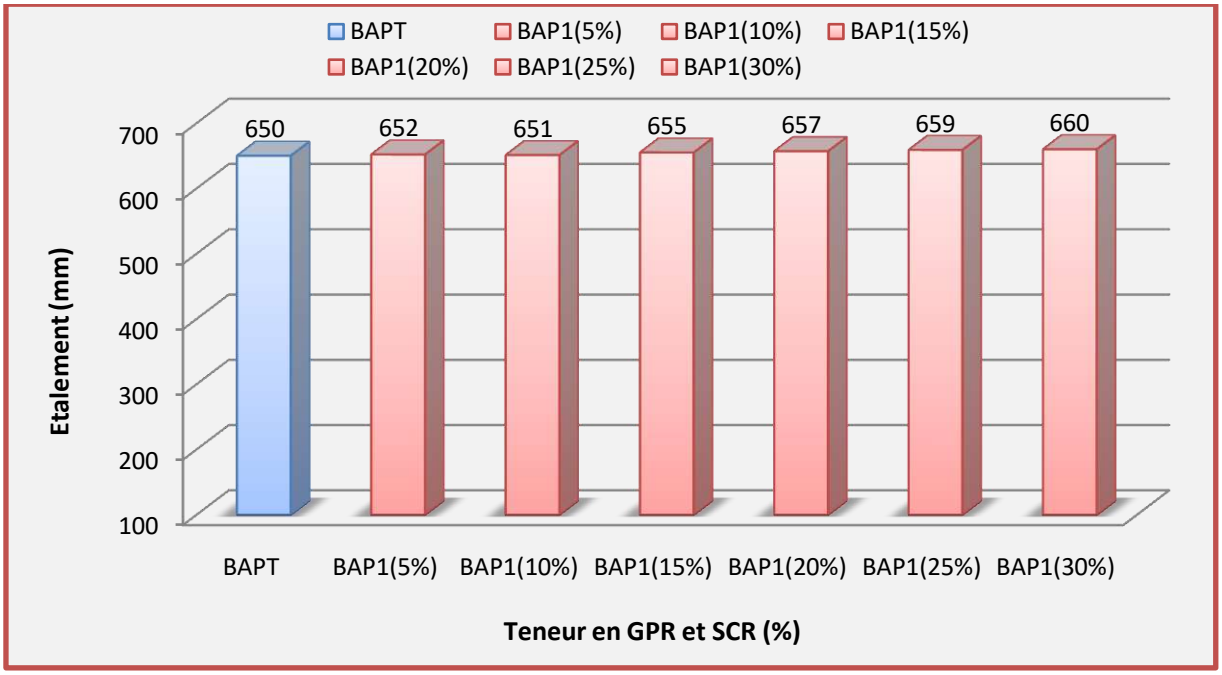


Figure III.2 : L'étalement en fonction de GPR et SCR (%)

b.Temps d'écoulement à travers le V-funnel

L'essai à l'Entonnoir en V (V-funnel test) a été également réalisé pour évaluer la fluidité et la stabilité du BAP, La Figure III.3 montre l'effet de GPR et SCR sur le temps d'écoulement à travers l'entonnoir des mélanges.

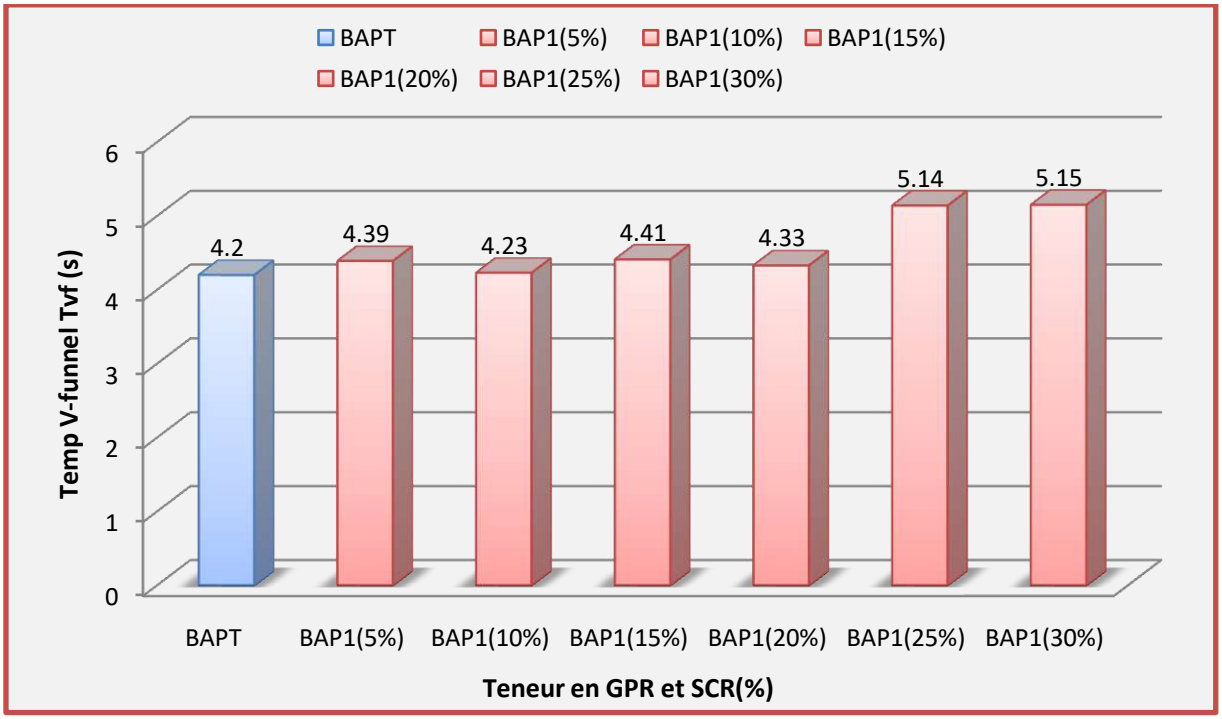


Figure III.3 : Temps d'écoulement en fonction de GPR et SCR (%)

L'observation des résultats montre que le temps d'écoulement augmente avec l'augmentation du dosage de GPR et SCR, on confirme ces résultats avec celle d'étalement. Par contre pour le temps du v-funnel, plus on augmente le pourcentage de substitution du GPR et SCR, plus le temps de passage à travers le v-funnel diminue, on signale que tous les valeurs enregistré sont supérieur à celle du béton témoin (BAPT) on remarque que le meilleur temps de l'écoulement mesuré pour les familles de BAP_1 était 4.23 s pour le BAP_1 (10%),tandis que le BAP1(30%) a eu le temps d'écoulement le plus haut de 5.15 s tous en comparent avec le BAPT. D'après les résultats précédents on peut dire que le le temps d'écoulement à travers le v-funnel augmente proportionnellement aux taux de substitution.

c. La ségrégation dynamique à travers la boite en L (L-BOX)

L'essai de la ségrégation dynamique (L-BOX) a été également réalisé pour évaluer la fluidité et la stabilité du BAP, La Figure III.4 montre l'effet de GPR et SCR sur la ségrégation dynamique à travers la boit en L des mélanges.

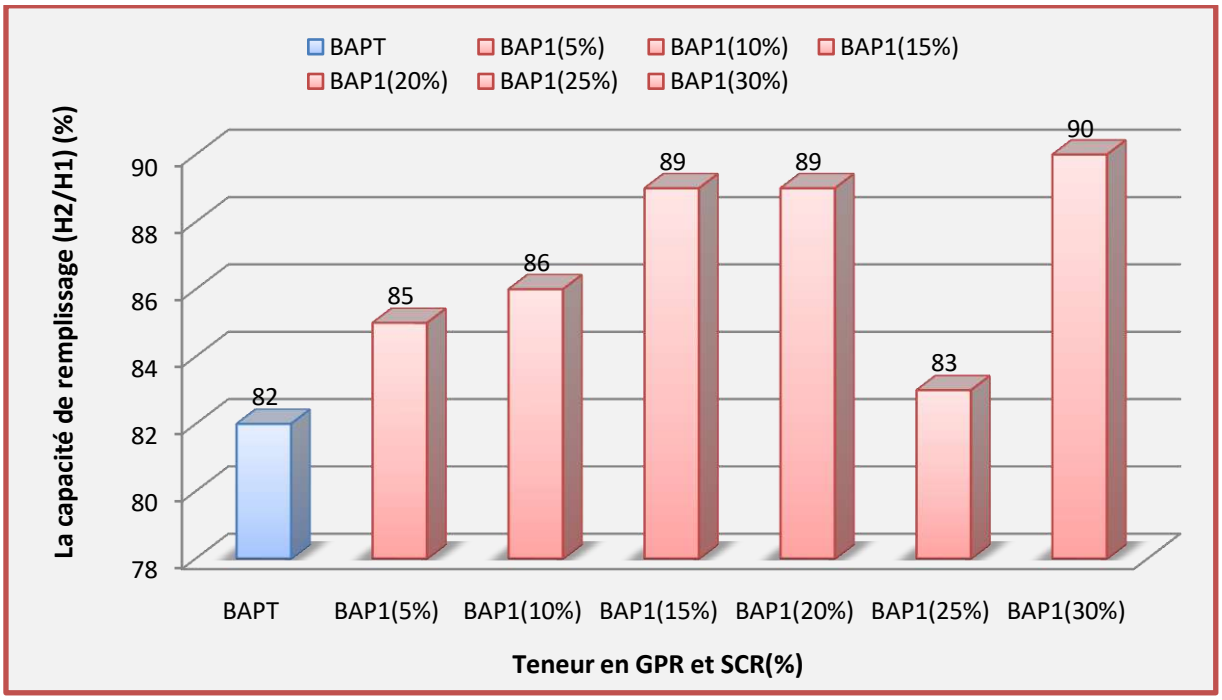


Figure III.4 : La ségrégation dynamique en fonction de GPR et SCR (%)

On remarque que le rapport H2 /H1 augmente avec l'augmentation du pourcentage de substitution du GPR et SCR. Pour le BAP1 (25%) ce rapport diminue mais reste supérieur à 82%, qu'est la limite donnée par le BAPT**,** ceci peut s'expliquer par GPR et SCR incorporée à petite dosage augmente le volume de pâte dans le béton.

Le BAP1 (30%) se caractérise par une bonne fluidité, mais aussi par une bonne capacité au remplissage.

Tous les bétons formulés ne subissent aucune ségrégation durant leur écoulement et aucun risque de blocage dans les milieux confinés.

d. La ségrégation statique (stabilité au tamis)

Les essais sur la ségrégation statique sont présentés sur l'histogramme de la figure III.5. Sur la ségrégation statique, tous les BAP ont un taux de ségrégation inférieur à 15 %, synonyme d'une stabilité correcte selon les recommandations de l'AFGC. Ces résultats permettent de qualifier tous les BAP comme étant des bétons stables, le pourcentage de laitance étant inférieur à 15%.

On remarque que la laitance augmente avec l'augmentation du pourcentage de substitution du GPR et SCR. Pour le BAP1 (10%) ce rapport diminue par rapport le BAPT**,** ceci peut s'expliquer par GPR et SCR incorporée à petite dosage augmente le volume de pâte dans le béton.

La croissance considérable du volume de pâte par ajout de GPR et SCR améliore largement la stabilité : on note une stabilité de 4.64% pour le BAP1 (30%) contre une stabilité de 2.78 %pour un béton qui ne contient pas de GPR et SCR (BAPT).

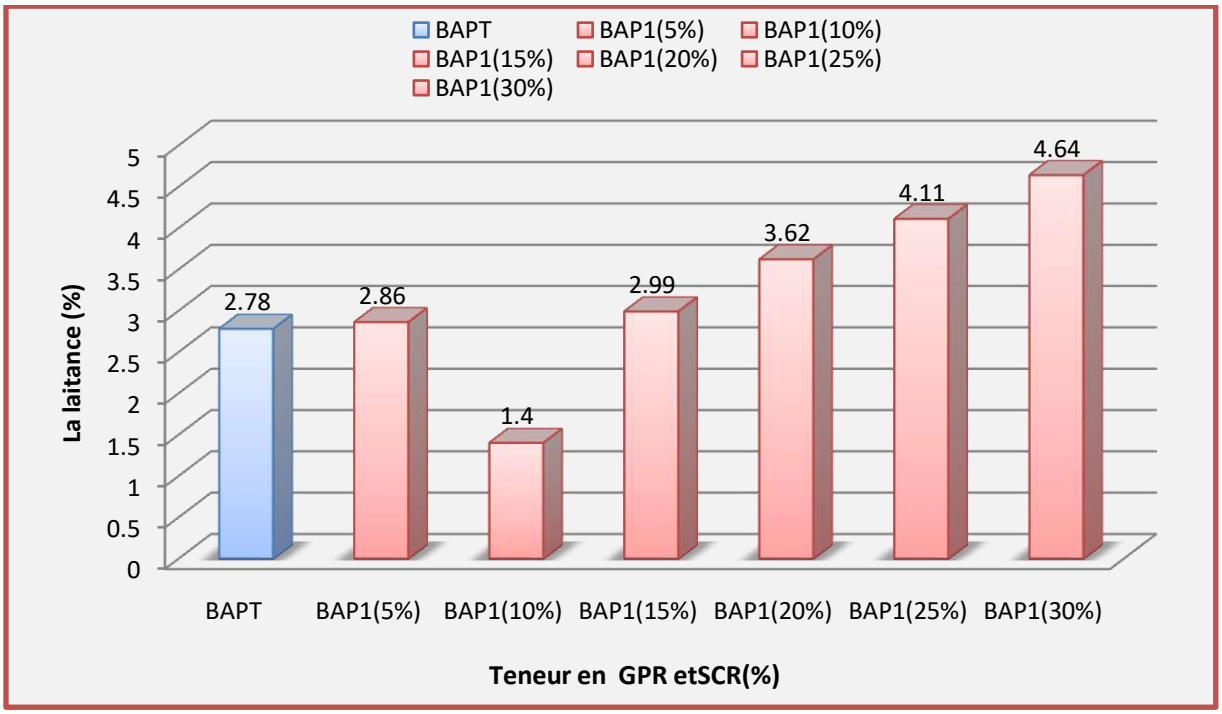


Figure III.5 : La ségrégation statique en fonction de GPR et SCR (%)

e. La densité

L'essai de la densité a été également réalisé pour évaluer la variation de la masse volumique du BAP, La figure III.6 montre l'effet de GPR et SCR sur la densité.

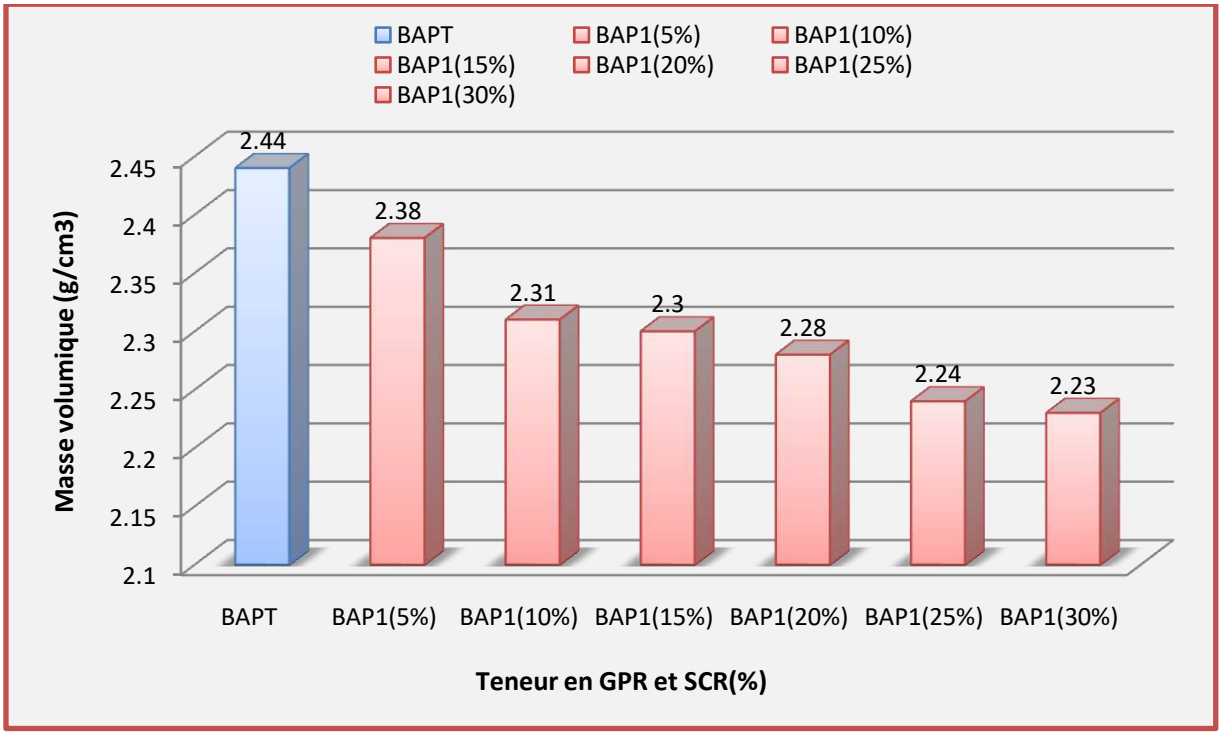


Figure III.6 : Evolution des masses volumiques en fonction de GPR et SCR (%)

On remarque que la densité diminue avec l'augmentation du pourcentage de substitution du GPR et SCR**,** ceci peut s'expliquer par la légèreté de GPR .le remplacement de pourcentage des granulats par un pourcentage de GPR provoque un perde de poids.

III.2.2 État durci

III.2.2.1 Influence du déchet de plastique et céramique (GPR et SCR) sur les résistances

a. Résistances mécanique

Pour les différentes familles du béton autoplaçant, les mesures ont été réalisées sur trois éprouvettes prismatiques de dimensions 7x7x28 cm3 pour la résistance à la traction, et trois éprouvettes cubique de dimensions 10x10x10 cm3 pour la résistance à la compression, la moyenne des trois valeurs est retenue. Les résultats de l'essai de résistance effectué sur les différents bétons autoplaçant à base de GPR et SCR aux échéances 7et 17 jours sont présentés dans cette partie.

a.1 Résistance à la compression

Pour mieux saisir le sens de l'évolution relative de la résistance à la compression des différents bétons avec l'âge et fonction du taux de substitution de GPR et SCR, et permettre la comparaison avec les BAPT, les résultats sont présentés dans les figures III.7 :

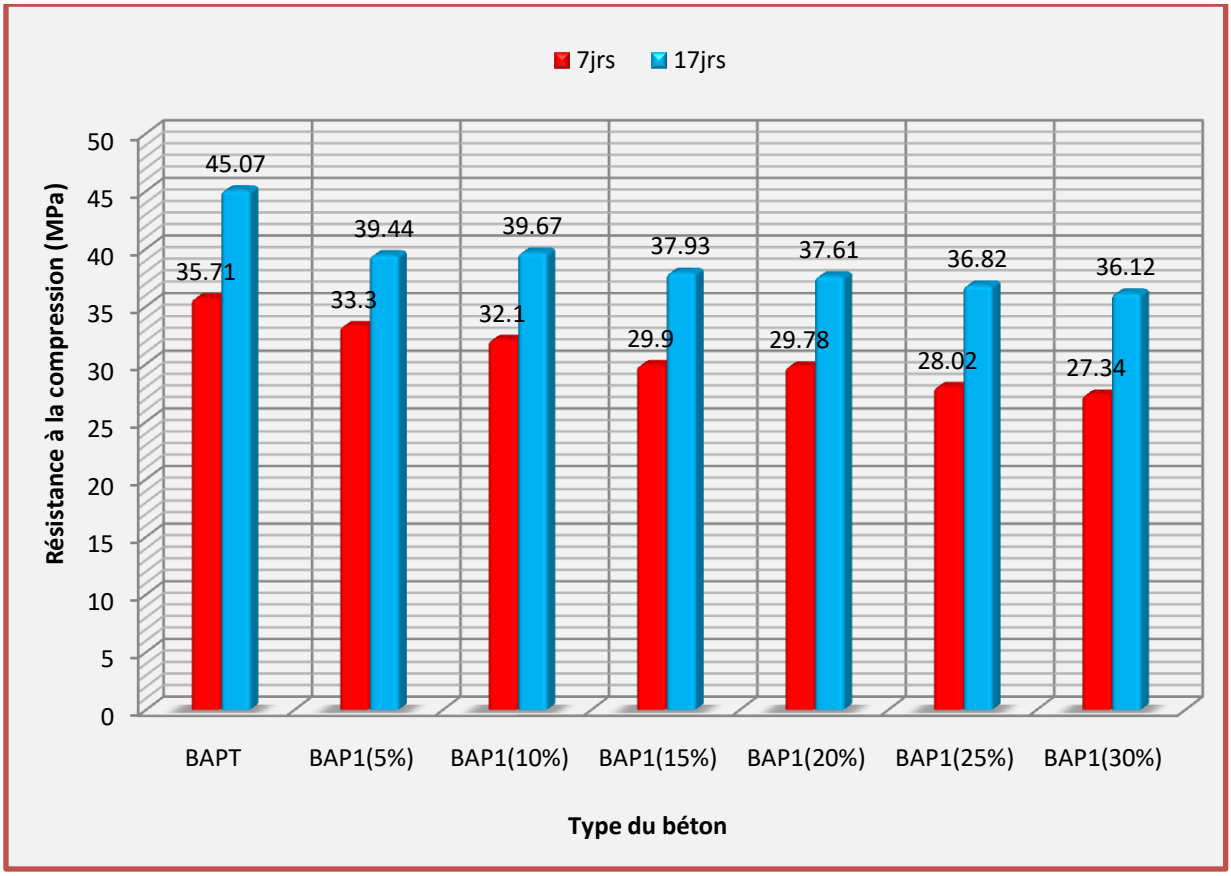


Figure III.7 : La résistance à la compression en fonction de substitution en GPR et SCR (%)

A partir de la figure III.7 on remarque que la résistance diminue en fonction de l'augmentation de substitution en GPR et SCR et présente la même cinétique au cours du temps. Sur la base, plus on augmente la substitution en GPR et SCR en gagne une résistance faible à la compression. On peut dire à partir de ces résultats que le couplage de GPR et SCR donne une faible résistance à la compression.

a.2 Résistance à la traction par flexion

La mesure de la résistance à la traction est importante surtout pour identifier l'adhérence Ciment-Granulats. Pour mieux saisir le sens de l'évolution relative de la résistance à la traction par flexion des différents bétons autoplaçant avec l'âge et fonction du taux de substitution de GPR et SCR, et permettre la comparaison avec les BAPT, les résultats sont présentés dans les figures III.8:

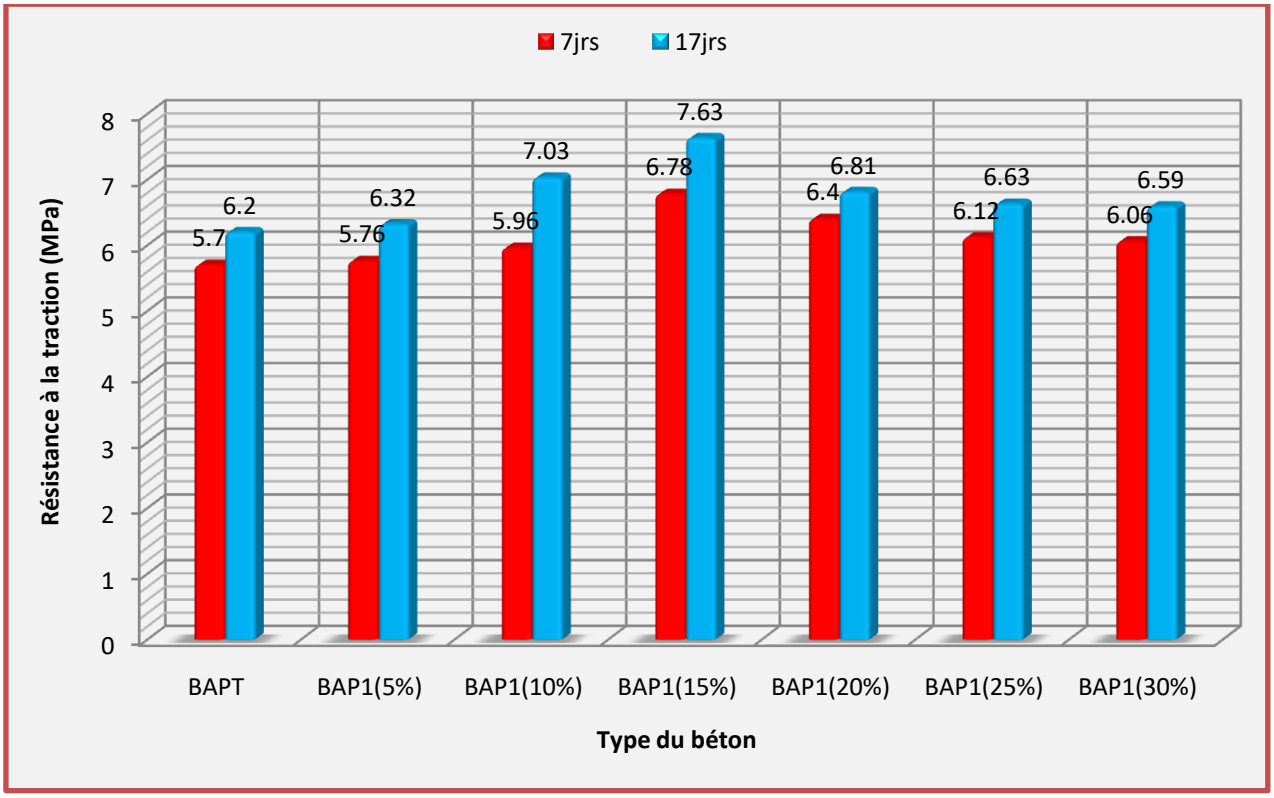
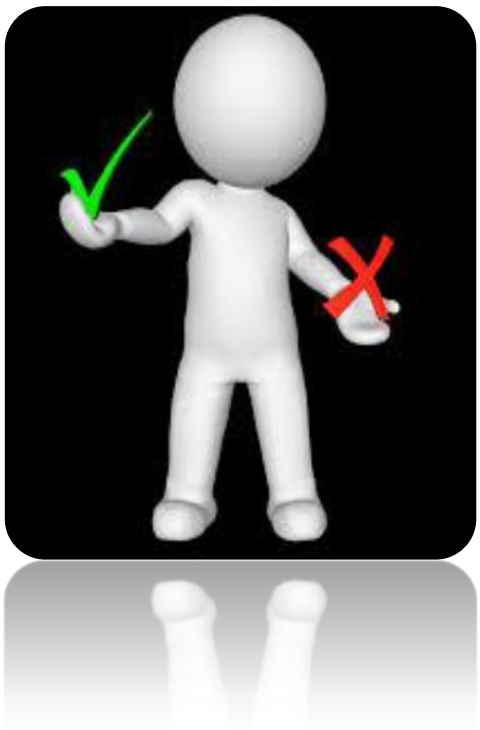


Figure III.8 : La résistance à la traction en fonction de substitution en GPR et SCR (%)

La figure III.8 montre la variation de la résistance à la traction des bétons à base de GPR et SCR; on peut constater que à court terme on enregistre un optimum de résistance pour le mélange qui contient 15% de substitution qui donne une amélioration de la résistance de 15.93% suit une diminution à court terme . A long terme on a enregistré un optimum pour des substitutions de 15% ou la résistance a été développée de 18.74%, d'après ces résultats on peut dire que le GPR avec SCR développe la résistance a la traction jusqu'a une substitution de 15% en GPR et SCR.

Conclusion

Générale
et
recommendation



Conclusions générales

L'objectif visé de cette étude était de valoriser et de recycler les déchets plastiques et de céramique ce forme de gravée (GPR) et sable (SCR) et d'étudier leur influence sur les caractéristique physique et mécanique du béton autoplaçant (BAP) et faire des comparaisons avec un béton autoplaçant témoin qui nous a permis de confirmer un certain nombre de résultats de la bibliographie. L'analyse des résultats expérimentaux nous ont permet de tirer les conclusions suivantes :

- Le déchet de plastique et de céramique influent négativement sur la fluidité du béton autoplaçant.
- La densité du béton autoplaçant est diminuée en fonction d'augmentation de pourcentage d'incorporation de déchets plastiques et céramique.
- La résistance à la compression est diminuée en fonction d'augmentation de pourcentage de déchets plastique et de céramique. Mais les valeurs obtenus sont acceptable pour un béton répond aux normes de construction.
- La résistance à la traction par flexion est augmentée en fonction d'incorporation de déchets plastique et de céramique. En enregistre un pic de résistance pour le BAP1 (15%).

Vu les résultats obtenus de cette étude, on peut avancer que l'utilisation des déchets plastique et céramique dans la fabrication des matériaux de construction peut constituer une alternative économique et technologique importante dans certains pays en voie de développement. On recommande finalement l'utilisation de ces types des bétons dans les différentes voie de construction (Poteaux, poutre, dalle, plate forme, route…..).

Recommandations

Nous recommandons ce qui suit :

- Etude de la durabilité de béton autoplaçant à base de différent type de déchets.
- Valorisation d'autres types de déchets comme un liant dans le BAP.
- Etude gel et de dégel sur le BAP à base de différents types de déchets.
- Etude des effets défère de BAP à base de différents types de déchets.
- Influence de haute température sur les propriétés de BAP à base de différents types de déchets.

Références

Bibliographiques



Références bibliographiques

***[1]**: Hanna FARES : «propriétés mécaniques et physico-mécaniques de bétons autoplaçant exposés à une température élevée». Thèse de doctorat de l'université de Cergy-pontoise. décembre2009.*

***[2]**: Guide d'utilisation du béton en site maritime Benoit THAUVIN & Michel MENGUY (centre d'étude techniques maritimes et fluvial).*

***[3]**: BENKECHKACHE Ghofrane «Etude de comportement diffère des bétons autoplaçant Influence des paramètres de composition et de chargement», thèse de magister novembre 2007 université mentouri Constantine.*

***[4]** : François CUSSIGH « béton autoplaçant ». Technique de l'ingénieur.*

***[5]** : PHILIPPE TURCRY « retrait et fissuration des bétons autoplaçant influence de la formulation »Université de NANTES/ 03 Février 2004.*

***[6]**: SLIMANI Abderezzak « Science et technologie des bétons », mémoire d'ingénieure 2007.*

***[7]** : Fiche Techniques «Les bétons : formulation, fabrication et mise en oeuvre».https://www.infociments.fr/fiches-techniques-2-les-betons-formulation-fabrication-et-mise-en-oeuvre*

***[8]** : NF EN 197-1 «La normalisation des ciments».*

***[9]** : Aoufi Mourad, 2006 : « Formulation et caractérisation des propriétés rhéologique.*

***[10]** :https://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=AwrJ7FnNozVeJugABBRXNyoA;_ylu=X3oDMTB0N2Noc21lBGNvbG8DYmYxBHBvcwMxBHZ0aWQDBHNlYwNwaXZz?*

***[11]**:https://www.lafarge.dz/sites/algeria/files/atoms/files/fiche_produit_ciment_matine_ar.pdf*

[12] *: KATTAB.R «valorisation de sable de dune». Thèse doctorat ENP Alger 2007.*

[13] *: DREUX. G. «Nouveau guide du béton». Ed, Eyrolles, PARIS, (1998).*

[14] *: document d'une entreprise canadienne qui travaille en Algérie.*

[15] *: NF EN 934-2(sept.2002), adjuvant pour béton, mortier et coulis.*

[16] *: Berkouk Kahina et Ameur Tassadit, « Etude de l'efficacité des superplastifiant sur les propriétés rhéologique de BAP». Mémoire de fin d'étude de l'Université de Boumerdes 2006-2007.*

[17] *: Valorisation du déchet de marbre et de la pouzzolane naturelle dans les mortiers (Valorization of waste marble and natural pozzolan in mortars).Article : Mohammed Belhadj et al.*

[18]*: Touloum N. Attaché de recherche division matériaux unité physico-chimie cycle de formation CRERIB 2013.*

[19]*: ABDLHAMID R'MILI «Etude de formulation et de comportement des bétons autoplaçant», Thèse de doctorat de l'école Nationale d'ingénieurs de Tunis 2010.*

[20] *: YAMMINE JOUMANA., rhéologie des bétons fluides à hautes performances relations entre formulations, propriétés rhéologiques, physico-chimie et propriétés mécaniques, thèse de doctorat, l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, 262 p, 2007.*

[21] *: CHALLAH Kaci et BEKHTAOUI Ouardai « Caractérisation rhéologique et physique-mécanique d'un béton autoplaçant renforcé de fibres de polypropylène et de fibres métalliques». Mémoire de fin d'étude de l'Université de Boumerdes 2008-2009.*

[22] *: Harini B., Ramana K.V., Use of Recycled Plastic Waste as Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete, IJIRSET, 4 (2015) 8596.*

[23] *: Yang S., Yue X., Liu X., Tong Y., Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles, Const. Build. Mater., 84 (2015) 444–453.*

[24] *: Naik T.R., Singh S.S., Huber C.O., Brodersen B.S., Use of post-consumer plastic wastes in cement-based composites, Cem. Concr. Res., 26 (1996) 1489–92.*

[25] *: Hannawi K., Kamali-Bernard S., Prince W. Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates, Waste Manage, 30 (2010) 2312–20.*

[26] *: Asokan P., Osmani M., Price A.D.F., Improvement of the mechanical properties of glass fibre reinforced plastic waste powder filled concrete, Constr. Build. Mater., 24 (4) (2010) 448-460.*

[27] *: da Silva A. M., de Brito J., Veiga R.,Incorporation of fine plastic aggregates in rendering mortars, Constr. Build. Mater., 71 (2014) 226–236.*

[28] *: Robert LEROY, Leda DIMITRIADI « Recyclage des déchets du chantier », école normale supérieure d'architecture, Paris-Malaquais.*

[29] *: Paul O. Awoyera , Julius M. Ndambuki, Joseph O. Akinmusuru, David O. Omole « Characterization of ceramic waste aggregate concrete » HBRC Journal, 2006.*

[30]*: Fernando Pacheco-Torgal, Said Jalali « Compressive strength and durability properties of ceramic wastes based concrete», Materials and Structures, Doi 10.1617/s11527-010-9616-6, 21/04/2010.*

[31] *: Mehdi CHEIKH ROUHOU «Les déchets de chantier et le recyclage des matériaux dans le secteur du bâtiment », Mémoire de fin de formation, 26/01/2007.*

[32] *: LAMTIGUI Abdelaziz, BENDANI Youssef « Valorisation des laitiers d'aciéries en Génie Civil », Etude Bibliographique, 2014.*

[33] *: NF EN 933-1, 1997. « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des Granulats. Partie 1:Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR.*

[34] *: VENUAT M., "Produits Silico–calcaire "Techniques de l'Ingénieur ; 1994.*

[35] *: CEN EN 196-1 Nome française CENEN 196-1 Méthode d¨essais des ciments, partie Détermination des résistances mécanique AFRON, Paris, Aout 1995.*

[36] *: NF EN 993-15 .Méthodes d'essai pour produits réfractaires façonnés denses – Partie 15 déterminations de la conductivité thermique par la méthode du fil chaud (parallèle) Octobre 2005.*

[37] *: ISO 834-1, Essai de résistance au feu - Éléments de construction - Partie 1: Exigences Générales, 1999.*

[38] *: Collection Mémento Technique, "Tuiles et Briques de Terre Cuite", Edition Moniteur Paris , 1998.*

[39] *: NF EN 933-1, 1997, « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 1: Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR.*

[40] *: NF EN 1097-6, 2001, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 6: Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau », AFNOR.*

[41] *: NF EN 1097-3, 1998, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 3: Méthode pour la détermination de la masse volumique en vrac et de la porosité inter granulaire », AFNOR.*

[42] *: Nicolescu ,Généralités : Rapport Général Colloque International sur l'Utilisation Des Sous-produits et Déchets dans le Génie Civil', Recueil des communications, Volume III, ENPC, Paris, 1978, p. 15.*

[43] *: Kenai S, Debieb F, Azzouz L (2002) Mechanical properties and durability of concrete made with coarse and fine recycled aggregates. In: Sustainable concrete construction. Proceedings of an international conference, Dundee, Sept. 2002. Thomas Telford, London, pp 383–392.*

[44]: *Kim S., Yi N., Kim H., Kim J., Song Y., Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete, Cem. Conc. Comp., 32 (2010) 232–40.*

[45]*: Jim_enez JR, Ayuso J, L_opez M, et al. Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. Constr Build Mater. 2013;40:679–690.*

[46]*: Abadou Y, Mitiche-Kettab R, Ghrieb A. Ceramic waste influence on dune sand mortar performance. Constr Build Mater. 2016;125:703–713.*

[47]: *Al Bakri MA, Norazian MN, Kamarudin H, et al. The potential of recycled ceramic waste as coarse aggregates for concrete. Proceedings of MUCET2008 Malaysian Universities Conferences on Engineering and Technology, Malaysia; 2008 March 8–10.*

[48]*: Lucas J, De Brito J, Veiga R, et al. The effect of using sanitary ware as aggregates on rendering mortars' performance. Mater Des. 2016;91:155–159.*

[49]*: Silva J, De Brito J, Veiga R. Recycled red-clay ceramic construction and demolition waste for mortars production. J Mater Civ Eng. 2010;22:236–244.*

[50]*: Elc¸i H. Utilisation of crushed floor and wall tile wastes as aggregate in concrete production. J Clean Prod. 2016;112:742–752.*

[51]: *Guerra I, Vivar I, Llamas B, et al. Eco-efficient concretes: the effects of using recycled ceramic material from sanitary installations on the mechanical properties of concrete. Waste Manage. 2009;29:643–646.*

[52]*: Senthamarai RM, Manoharan PD. Concrete with ceramic waste aggregate. Cem Concr Comp. 2005;27:910–913.*

[53]*: Awoyera PO, Akinmusuru JO, Dawson AR, et al. Microstructural characteristics, porosity and strength development in ceramic-laterized concrete. Cem Conc Comp. 2018;86: 224–237.*

[54]*: Zareei SA, Ameri F, Shoaei P, et al. Recycled ceramic waste high strength concrete containing wollastonite particles and micro-silica: a comprehensive experimental study. Constr Build Mater. 2019;201:11–32.*

[56]*: Mart_ınez I, Etxeberria M, Pav_on E, et al. A comparative analysis of the properties of recycled and natural aggregate in masonry mortars. Constr Build Mater. 2013;49: 384–392.*

[57]*: Nahla N. Hilal, Qays Kareem and Mohammed T. Nawar. Influence of Polyethylene Waste on Some Fresh and Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete. Journal of engineering and applied science.13(14).10901-10911,2018.*

[58] : *NF EN 933-1, 1997. « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des Granulats. Partie 1:Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR.*

[59] :*VENUAT M., "Produits Silico–calcaire "Techniques de l'Ingénieur ; 1994.*

[60] : *CEN EN 196-1 Nome française CENEN 196-1 Méthode d''essais des ciments, partie I : Détermination des résistances mécanique AFRON, Paris, Aout 1995.*

[61] *:NF EN 993-15 .Méthodes d'essai pour produits réfractaires façonnés denses - Partie 15 détermination de la conductivité thermique par la méthode du fil chaud (parallèle) Octobre 2005.*

[62] *: ISO 834-1, Essai de résistance au feu -- Éléments de construction -- Partie 1: Exigences générales. 1999.*

[63] : *Collection Mémento Technique, "Tuiles et Briques de Terre Cuite", Edition Moniteur paris ; 1998.*

[64] : *NF EN 933-1, 1997, « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 1: Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR.*

[65] :*NF EN 1097-6, 2001, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 6: Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau », AFNOR.*

[66]*: Velani Roshankumar Bhogilal, Mavani Tejas Jayantilal, Pertinence of Ceramic Waste in Self Compacted Concrete as Partial Equivalent of Cement,International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 05 Issue: 11 | Nov 2018.*

[67]*: D. Tavakoli, A. Heidari, and M. Karimian. properties of concretes produced with waste ceramic tile aggregate. Asian journal of civil engineering (bhrc) vol. 14, no. 3 (2013) pages 369-382.*

[68] : *NF EN 1097-3, 1998, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 3: Méthode pour la détermination de la masse volumiqueen vrac et de la porosité inter granulaire », AFNOR.*

[69] :*Nicolescu L., „Généralités : Rapport Général Colloque International sur l''Utilisation des Sous-produits et Déchets dans le Génie Civil', Recueil des communications, Volume III, ENPC, Paris, 1978, p. 15.*

Annexes



Fiche technique du ciment MATINE



Ciment

MATINE

Ciment pour bétons rugueux

- Destiné aux bétons de performances avec une résistance caractéristique à la compression fc 28= 25 MPa
- Compatible avec les différents adjuvants et ajouts cimentaires
- Approprié à la réalisation des ouvrages d'arts, tunnels, barrages et ports



Remarque : Ces dosages ne sont donnés qu'à titre indicatif. Les résultats de ces formulations peuvent varier selon la nature des matériaux utilisés et les conditions de mise en œuvre.

LAFARGE
لافارج

MATINE

Ciment pour béton exigeant

CEM II/A 42.5 R NA 442

FICHE TECHNIQUE

MATINE est un ciment gris de hautes résistances initiales et finales, résultat de la mouture du clinker obtenu par cuisson jusqu'à la fusion partielle (clinkérisation) d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile.

Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO_2) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al_2O_3) et le fer (Fe_2O_3). ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°c. En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de microcristaux de silicates de calcium hydratés.

MATINE présente des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conforment à la norme NA 442, EN 197-1 et à la norme NF P 15-301/94 .

Domaine d'utilisation :

MATINE est utilisé pour tous les projets courants qui nécessitent des hautes résistances mécaniques mais ne présentent pas un besoin spécifique dans les ouvrages en béton qui ne sont pas exposés à des conditions sévères comme l'attaque des sulfates du sol ou de l'eau, ainsi que dans les ouvrages dans lesquels le béton n'est pas affecté par le taux de chaleur d'hydratation du ciment.

Les principales applications de ce ciment sont :

- Secteur habitat (logements et d'autres constructions civiles) :
- Secteur travaux publics (tunnels, ponts, port, aéroport .ect) :
- Secteur hydraulique (barrages, châteaux d'eau, stations d'épuration, stations de désallement,..ect) ;
- Secteur industriel.

Algerian Cement Company (SPA)
33, Rue des Pins. Hydra. Alger, Algérie
Tél.: +213 (0) 21 48 16 65
Fax : +213 (0) 21 48 16 71

Fiche technique du MEDAFLOW 30

MEDAFLOW 30

Conforme à la norme EN 934-2:TAB 1, TAB 3.1 ET TAB 3.2 NA 774.

Super plastifiant

Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

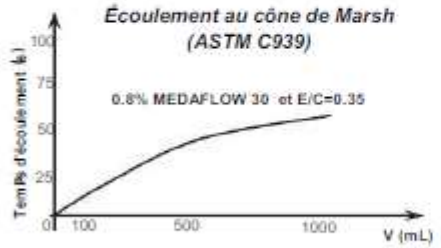
Le **MEDAFLOW 30** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de polycarboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons.
Le **MEDAFLOW 30** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.
En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la teneur en eau du béton d'une façon remarquable.
Le **MEDAFLOW 30** ne présente pas d'effet retardateur.

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - plaçants
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux.

PROPRIÉTÉS

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



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

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

CARACTÉRISTIQUES

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

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 30** est introduit dans l'eau de gâchage.
Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :
0,5 à 2,0 % du poids de ciment soit 0,46 à 1,85 litre pour 100 Kg de ciment.

Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

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

Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger
Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

Essai sur le sable

Masse volumique absolue

Pour la déterminer de la masse volumique absolue des sables utilisé, les étapes Suffisantes sont à suivre :

-On pesé une masse des sables

- On met une quantité d'eau dans un récipient gradue et on note la valeur lit
- On met la masse des sables mesurée dans le récipient puis on relit la valeur

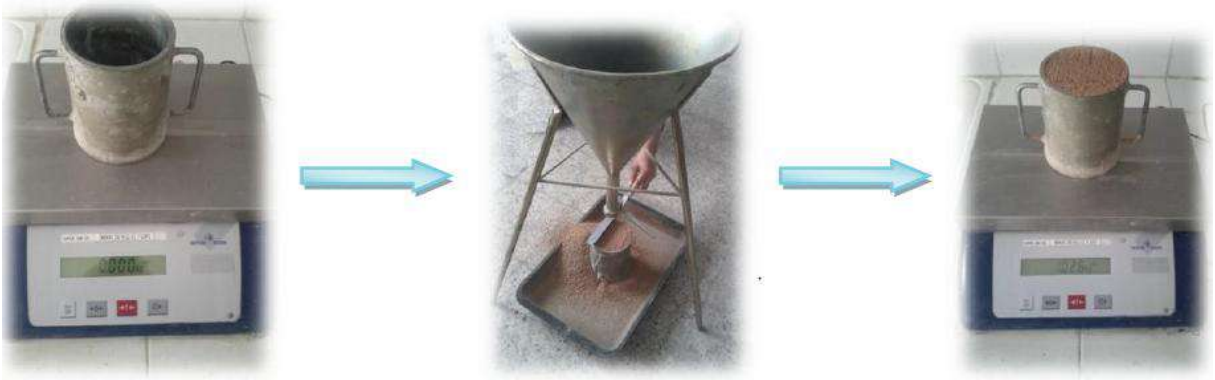


Protocole de l'essai de La masse volumique absolue pour les sables utilisé

Masse volumique apparent

Pour la déterminer de la masse volumique apparente de sable utilisé, les étapes suffisantes sont à suivre :

- mettre un échantillon de sable dans l'entonnoir
- verser le sable dans la mesure en ouvrant l'entonnoir jusqu' a ce qu'il déborde formant un cône
- araser à l'aide d'une règle
- peser le contenu soit M (en kg).



Protocole de l'essai de La masse volumique apparent pour les les sables utilisé

PROGRAMME DE CALCULE LES QUANTITES EXIGENCES POUR DES BAP

وقل ربي زدني علما

FORMULATION DU BETON AUTOPLACANT

HADJADJ.M

Date : 05/06/2020

CARACTIRESTIQUE DES MATERIAUX

	P g/cm3	Absoption %	Ab en kg
SABLE	2.63	0	0
GRAVIER3/8	2.5	0	0
GRAVIER8/15	2.5	0	0

CARACTIRESTIQUE DES FRACTION $

E/(F+C)	0.38
G/S	0.9

Composition L/m3

C	430	kg/m3
F=10%C	43	kg/m3
Sp=1.7% C+F	8.041	kg/m3
Sable	347.37	L/m3
Gravier 3/8	312.63	L/m3
Gravier8/15	312.63	L/m3
Eau	178	L/m3

composition Kg/m3

C	430	kg/m3
F=10%C	43	kg/m3
Sp=1.7% C+F	8.041	kg/m3
Sable	913.583	kg/m3
Gravier 3/8	390.788	kg/m3
Gravier8/15	390.788	kg/m3
Eau	178	kg/m3

Gravier 3/8=50%
Gravier 8/15=50%

LES EPROUVETES

	volume L	nombe	v. total L	V.total M3
10*10*10	1	8	20.348	0.020348
7*7*28	1.372	9		

QUANTITE DES COMPOSITIONS POUR V.TOTAL

C	8.750	Kg
SP	0.164	kg
F	0.875	kg
S	18.590	kg
G3/8	7.952	kg
G8/15	7.952	kg

BAP Témois

ADJ%	kg
2	0.192

LES EPROUVETES

	volume L	nombe	v. total L	V.total M3
10*10*10	1	8	20.348	0.020348
7*7*28	1.372	9		

QUANTITE DES COMPOSITIONS POUR V.TOTAL

BAP Témois

C	8.750	Kg
SP	0.164	kg
F	0.875	kg
S	18.590	kg
G3/8	7.952	kg
G8/15	7.952	kg
E	3.622	kg

ADJ%	kg
2	0.192

LES GRANDEURS FIXI:

Etalement = 600 à 800 mm

Transformation M3 vers V

1000	875.580	Variabe
21.348	18.692	Résultant

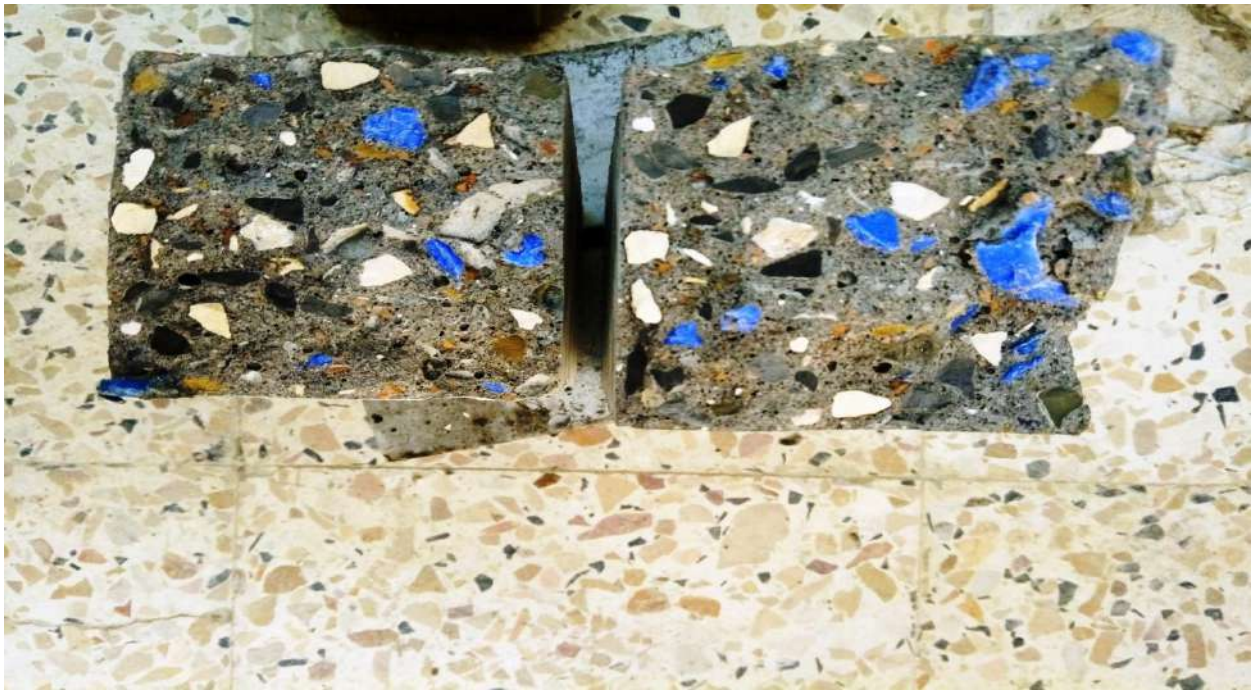
Porcentage des variables **en M3**

masse volumuque ab		%	L	Kg
2.19	SC	0	0.000	0.000
2.19	GC	30	93.789	102.699
0.38	SP	30	104.211	39.600
1.45	GP	0	0.000	0.000

LES EPROUVETTES APRES L'ECRASEMENT



Béton autoplaçant témoin



Béton autoplaçant à base de déchet de plastique et de céramique