REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie
Filière : **G**énie **C**ivil

Mémoire de Master

Option : Matériaux en Génie civil

Thème de Etude l'influence de la qualité du béton parent sur le béton de granulats recyclés

---

de Etude l'influence de la qualité du béton parent sur le béton de granulats recyclés

Réalisé par :
LADJOUI TAHA
FERROUKH MEROUANE

Proposé et dirigé par :
Pr. Farid Debieb

Promotion 2021

REMERCIEMENT

En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donnée la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.
Puis, nous tenons remercie Monsieur FARID DBIEB de nous avoir supervisés et de nous aider depuis le début de notre préparation de notre mémoire et jusqu'à le dernier jour, qui est le jour où elle a été présentée.
Nous remercions Nos parents pour tout le soutien qu'ils nous ont apporté depuis l'enfance jusqu'à ce moment-là.
Finalement, nous remercions toute les amies, la famille et tous les proches.

DÉDICACE

Nous dédions ce travail à tous nos amies et collègues, nos familles, et surtout à nos parents qui nous ont soutenue depuis le début jusqu'à ce que nous ayons atteint ce stade, nous leur souhaitons une vie longue et prospère.

LADJOUI TAHA
&
FERROUKH MEROUANE

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة تأثير مصدر الخرسانة القديمة على سلوك الخرسانة الرملية القائمة على الرمل الخرساني المعاد تدويره. يتم استبدال الرمل الطبيعي بالرمل المعاد تدويره (25 ، 50 ، 75 ، 100٪). تتكون عائلتان من الخرسانة من نوعين من الرمل المعاد تدويره (الرمل المعاد تدويره من الخرسانة العادية القديمة والرمل المعاد تدويره من الخرسانة القديمة المضغوطة ذاتيًا) وكل واحدة مقارنة بخرسانة التحكم (تعتمد على رمل طبيعي 100٪). يتم تحليل الخواص الطازجة (قابلية التشغيل والكثافة) والمتصلبة (مقاومة الانضغاط وقوة الشد والمسامية وامتصاص الماء عن طريق الشعرية) لمختلف أنواع الخرسانة المنتجة ومقارنتها مع الخرسانة الضابطة. أظهر تحليل النتائج التجريبية أن بناء ومعالجة وظهور الخرسانة الرملية المعاد تدويرها يمكن مقارنتها إلى حد كبير بتلك الخاصة بالخرسانة الرملية المصنوعة من الرمل الطبيعي. الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمنتج الجديد أقل من الخرسانة الخاضعة للتحكم لكنها تظل مقبولة.

Résumé

Cette étude vise à étudier l'effet de la source d'ancien béton sur le comportement du béton de sable à base sable de béton recyclé. Le sable naturel est substitué par (25, 50, 75 et 100%) de sable recyclé. Deux familles de bétons sont réalisées avec deux type de sable recyclés (sable recyclé d'ancien béton ordinaire et sable recyclé d'ancien béton autoplacant) et comparées chacune avec son béton témoin (à base de 100% de sable naturel). Les propriétés à l'état frais (maniabilité et densité), et durci (résistance à la compression, résistance à la traction, porosité et absorption d'eau par capillarité) des différents bétons réalisés sont analysées et comparées avec le béton témoin. L'analyse des résultats expérimentaux a révélé que la confection, la mise en œuvre et l'aspect des bétons de sable recyclés sont très comparables à ceux du béton de sable à base de sable naturels. Les propriétés physique et mécanique du nouveau produit sont moindre que le béton témoin mais restent acceptables.

Abstract

This study aims to investigate the effect of the source of old concrete on the behavior of sand concrete based on recycled concrete sand. Natural sand is substituted by (25, 50, 75 and 100%) recycled sand. Two families of concrete are made with two types of recycled sand (recycled sand from old ordinary concrete and recycled sand from old self-compacting concrete) and each compared with its control concrete (based on 100% natural sand). The fresh (workability and density) and hardened (compressive strength, tensile strength, porosity and water absorption by capillarity) properties of the various concretes produced are analyzed and compared with the control concrete.

LIST DES FIGURES

Figure 1.1 : Phare de Port-Saïd réalisé en béton aggloméré 'Coignet'.....P11

Figure 1.2: Maniabilité en fonction de module de finesse.....P16

Figure 1.3: Influence de la nature et du dosage en addition sur la maniabilité.....P17

Figure 1.4: Influence de la finesse de l'addition sur la résistance.....P18

Figure 1.5: Influence de la nature de l'addition sur la résistance.....P18

Figure 1.6: Effets de la granularité sur la résistance.....P19

Fig.1.7: Courbe de distribution de la porosité en fonction des rayons des pores.....P20

Fig. 1.8: Moulage d'un élément préfabriqué en béton.....P22

Fig. 1.9: Ombrelles d'étanchéité en place.....P22

Fig.1.10: Déroulement d'un film polyane (cure).....P23

Fig.2.1: Diagramme de DRX appliqué sur le CEM II/A 42.5 CHLEF.....P32

Fig.2.2: Sable d'Oued-Souf.....P33

Fig 2.3: courbes granulométriques des sables.....P35

Fig 2.4: analyse chimique beton autoplacant trans.....P35

Fig 2.5: analyse chimique Béton autoplacant abs.....P36

Fig 2.6: analyse chimique beton ordinaire trans.....P36

Fig 2.7: analyse chimique Béton ordinaire abs.....P36

Fig 2.8: analyse chimique Sable trans.....P37

Fig 2.9: analyse chimique Sable abs.....P37

Figure 2.10: Répartition granulaire du filler calcaire.....P38

Figure 2.11: Shéma represente les essais.....P41

Fig.2.12: Dispositif de l'essai de traction par flexion.....P42

Fig.2.13: Diapositif de l'essai de résistance à la compression.....P43

Fig.2.14: Mesure de la porosité accessible à l'eau.....P44

Fig. 2.15: Absorption d'eau par succion capillaire.....P44

Fig. 3.1: Temps d'écoulement des BS à base de béton recyclé.....P47

Fig. 3.2: Temps d'écoulement des BS à base de béton autoplaçant recyclé.....P47

Fig. 3.3: La densité des bétons BS à base de béton recyclé.....P48

Fig. 3.4: La densité BS à base de béton autoplacant recyclé.....P48

Fig. 3.5: la résistance a la compression des BS à base des béton autoplaçant.....P49

Fig. 3.6. la résistance à la compression des BS à base de béton recyclés.....P50

Fig. 3.7: la résistance à la compression des BS à base de autoplaçant recyclé en fonction de temps.....P50

Fig. 3.8: la résistance à la compression de BS à base de béton recyclé en fonction de temps.....P51

Fig. 3.9: la résistance de traction par flexion des BS à base de autoplaçant recyclé.....P52

Fig. 3.10: la résistance de traction par flexion des BS à base de béton recyclé.....P52

Fig. 3.11: la résistance de traction par flexion des BS à base de béton autoplaçant en fonction de temps.....P53

Fig. 3.12: la résistance de traction par flexion des BS à base de béton recyclés en fonction de temps.....P53

Fig. 3.13: la porosité des BS à base de béton recyclé.....P54

Fig. 3.14: la porosité des BS à base de béton autoplaçant.....P55

Fig. 3.15: la résistance a la compression des BS à base de béton recyclé en fonction de la porosité.....P55

Fig. 3.16: la résistance a la compression des BS à base de autoplaçant recyclé en fonction de la porosité.....P56

Fig. 3.17: absorption d'eau des BS a base de béton recyclé.....P56

Fig. 3.18: absorption d'eau des BS a base de béton autoplaçant.....P57

LISTE DES TABLEAUS

Tableau. 2.1. Composition chimique du ciment utilisé.....32
Tableau. 2.2. Composition minéralogique du ciment utilisé.....32
Tableau 2.3 : Résultat de l'analyse granulométrique de sable Oued-Souf.....33
Tableau 2.4 : résultats des principales caractéristiques physiques de sable Oued-Souf.....34
Tableau. 2.5 : Caractéristiques physiques des sables utilisés.....34
Tableau 2.6 : Nomenclature des bétons de sable réalisés.....39
Tableau.2.8 : Compositions des bétons de sable à base de béton autoplacant.....39
Tableau.2.9 : Compositions des bétons de sable à base de béton recyclés.....40
Tableau. 2.8 : Essais sur bétons de sable durcis.....42

LISTE DES ABRÉVIATIONS

E/C : Eau/Ciment

C : Dosage en ciment

$CaCO_3$: Carbonate de calcium

S_iO_2 : Silicium

R7j : Résistance à 7 jours

R28j : Résistance à 28 jours

R3j : Résistance à 3 jours

R_C: Résistance à la compression en (MPa)

BT : beton témoin

BS : béton de sable

BAR : béton autoplçant recyclé

SBAR : sable de béton autoplaçant recyclé

RT : Résistance à la traction en (MPa)

BO : béton ordinaire

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT 2
DÉDICACE 3
LIST DES FIGURES 7
LISTE DES TABLEAUS 9
LISTE DES ABRÉVIATIONS 10
INTRODUCTION GENERAL 14
INTRODUCTION GENERAL 8
1CHAPITRE 01 : RECHERCHE BIBIOGRAPHIQUE 9
1.PARTIE 01 : BETON DE SABLE 9
1.1INTRODUCTION 9
1.2HISTORIQUE 9
1.2.1LES EXPERIENCES SOVIETIQUES 10
1.2.2LE RENOUVEAU DU BETON DE SABLE EN FRANCE 11
1.3DEFINITION DU BETON DE SABLE 11
1.4COMPOSITION DU BETON DE SABLE 12
1.4.1LES SABLES 12
1.4.2LES FINES D'AJOUT (OU ADDITIONS) 12
1.4.3LES CIMENTS 12
1.4.4L'EAU 13
1.4.5LES ADJUVANTS 13
1.4.6ETUDES DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES DES GRANULATS 13
1.5ANALYSE GRANULOMETRIQUE 13
1.5.1BUT 14
1.6PROPRIETES DES BETONS DE SABLE 14
1.6.1OUVRABILITE 14
1.6.2MANIABILITE 14
1.6.3RESISTANCE MECANIQUE 16
1.6.4DURABILITE DES BETONS DE SABLE 18
1.6.5RETRAIT 18
1.7DOMAINE D'UTILISATION DES BETONS DE SABLE 19
1.7.2INCONVENIENTS DES BETONS DE SABLE 22

1.8CONCLUSION 22
PARTIER 02 : RECYCLAGE ET BETON RECYCLE 24
1.9INTRODUCTION 24
1.10NECESSITE DU RECYCLAGE 24
1.11L'HISTOIRE DU RECYCLAGE 25
1.12RECYCLAGE DES DECHETS 25
1.12.1DEFINITION 25
1.13LES TYPES DE RECYCLAGE (LES PROCEDES) 26
1.14LES BETONS A BASE DE GRANULATS RECYCLES 26
1.15PROPRIETES DES BETONS RECYCLES DURCIS 27
1.16LA DURABILITE DES BETONS RECYCLES 27
1.17CONCLUSION 27
2CHAPITRE 02 : MATERIAUX ET ESSAIS 29
2.1INTRODUCTION 29
2.2CIMENT 29
2.3ADJUVANT 30
2.4SABLE 31
2.4.1SABLE NATUREL 31
2.4.2CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUE 31
2.4.3CARACTERISTIQUES PHYSIQUES 32
2.4.4SABLE RECYCLE DE BETON ORDINAIRE 32
2.4.5SABLE RECYCLE DE BETON AUTOPLAÇANT 32
2.5L'ANALYSE CHIMIQUE 33
2.6L'EAU DE GACHAGE 36
2.7FILLER CALCAIRE 36
2.8FORMULATION DES BETONS DE SABLE 36
2.8.1FORMLATION DE BETON DE SABLE A BASE DE GRANULAT RECYCLES 37
2.9MALAXAGE ET CONSERVATION DES EPROUVETTES EN BETON 38
2.10ESSAIS REALISES SUR BETON DE SABLE FRAIS 38
2.10.1LA MANIABILITE 39
2.10.2LA DENSITE 39
2.10.3ESSAIS REALISES SUR BETON DE SABLE DURCI : 39
2.10.4ESSAIS DE TRACTION PAR FLEXION 40
2.10.5ESSAIS DE COMPRESSION 40

2.11ESSAIS SUR L'APPROCHE DE DURABILITE 41
2.11.1POROSITE ET MICROSTRUCTURE: 41
2.11.2ABSORPTION CAPILLAIRE 42
3CHAPITRE 03 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS 45
3.1INTRODUCTION 45
3.2BETON FRAIS 45
3.2.1LA MANIABILITE 45
3.3LA DENSITE 46
3.4BETON DURCI 47
3.4.1RESISTANCE A LA COMPRESSION 47
3.4.2INFLUENCE DU DOSAGE DE GR SUR RESISTANCE A LA COMPRESSION 47
3.4.3RESISTANCE A LATRACTION 50
3.4.4POROSITE 52
3.4.5RELATION RESISTANCE POROSITE DU BS 54
3.5ABSORPTION CAPILLAIRE 55
CONCLUSION GÉNÉRALE 57
RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE 59

INTRODUCTION GENERAL

INTRODUCTION GENERAL

Le béton est le matériau le plus utilisé dans tous les domaines de la construction et du bâtiment, malgré sa complexité. Il contient habituellement un mélange de ciment, d'eau et des granulats, mais il est considéré comme homogène. Non seulement, il peut être moulé dans les formes les plus diverses (coupole, voûte et des éléments avec des formes compliquées), mais aussi une excellente résistance à la compression et une grande rigidité. L'ajout des éléments fins dans le béton qui doivent comporter au moins une addition minérale, moins de gravillons, un dosage en adjuvant super plastifiant et assez souvent un agent colloïdal, peut produire des bétons très maniables qui s'étalent, sans aucune vibration, dans les coffrages et se caractérisent par une grande fluidité et une grande capacité de remplissage, tout en étant stables et garantissent aussi de bonnes performances mécaniques et de durabilité [1]. Le béton de sable est une solution ; c'est un matériau de construction qui permet le développement et la valorisation des ressources naturelles en sable. A cause des nombreux projets de construction de nos jours, l'Algérie devient un grand consommateur de granulats par excellence. En raison de sa grande superficie et le transfert d'une région à une autre de ses granulats, la construction devient couteuse et fatiguante. Par ailleurs, le sud Algérien dispose un gisement de sable incroyable (sable de dune). Par conséquent, la réflexion sur le développement d'un nouveau béton est devenue aussi nécessaire que le béton de sable.

Dans ce contexte, ce travail vient pour répondre a cette préoccupation et propose l »étude et réalisation d'un béton de sable avec différentes types de sable recyclés issus de différents types de bétons anciens. Le travail consiste à la substitution partielle ou totale (25, 50, 75, 100%

) du sable naturel (SN) par deux différents sables recyclés (sable recyclés d'ancien béton ordinaire et un autre sable recyclé d'ancien béton autoplaçant.

En plus d'une introduction générale et une convulsion générale, le mémoire de ce modeste travail expérimental comprend trois grands chapitres. Le premier chapitre présente un état de connaissances bibliographique sur le béton de sable et le recyclage. Ce chapitre comporte deux volets : le premier volet fait le point sur les différentes recherches relatives à notre choix du béton de sable avec une présentation lumineuse de diverses caractéristiques mécaniques et physiques de ce dernier et le deuxième volet est une revue détaillée sur les le recyclage et le bétons recyclé . le deuxième Chapitre regroupe les différents matériaux et essais utilisés pour cette étude, avec une présentation de la démarche de formulation du béton de sable. Enfin, le dernier chapitre résume l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus avec une évaluation de la capacité d'adaptation du béton de sable à base de sable recyclé.

1 CHAPITRE 01 : RECHERCHE BIBIOGRAPHIQUE

1. PARTIE 01 : BETON DE SABLE

1.1 INTRODUCTION

Le béton de sable est un matériau ancien utilisé antérieurement au béton traditionnel. Il est tombé en désu étude, avec l'abondance des granulats du plus gros calibre permettant d'obtenir facilement des nouveaux élevés de résistances. Il retrouve cependant de nos jours un intérêt certain du fait des propriétés spécifiques de ce matériau, par rapport au béton traditionnel: excellent emaniabilité et cohésion, bonne adaptation aux milieu fortement ferraillés, qualités esthétiques, etc. Par ailleurs, dans certaines régions riches en sable, il peut procurer des économies par rapport au béton traditionnel.

Dans ce chapitre un aperçu général sur les BS est présenté on donant l'historique et l'origine des bétons de sable ainsi que leur définition et la différence entre les BS et les mortiers. Ensuite, on donnera une description des constituants entrant dans la fabrication, on décrit les propriétés mécaniques et hygrométriques, puis on explique le caractère non fissurant du BS. Finalement, on met en relief les innovations et les avantages apportés par les BS et on donnera quelques exemples de réparation structurale réalisés par ce matériau.[2]

1.2 HISTORIQUE

Depuis l'apparition des premiers bétons, la technique du béton de sable n'en était pas loin. En 1853, le béton de sable trouve ses origines dans « le béton aggloméré », il était confectionné par l'ingénieur François Coinget. Le béton aggloméré s'agissait à l'époque d'un mélange de sable, de cendres, de chaux et d'eau. Les premières applications de cette

technique étaient réalisées sur : le mur de soutènement à Passy, la maison Coinget à Saint-Denis, la réalisation de la tour de port Saïd en Egypte de 52 m d'hauteur, et un pont à Brooklyn (Fig. 1.1). En 1918 une expérience très originale fut faite par Nicolas Rochefort, à Saint-Pétersbourg. Elle consistait à broyer ensemble du sable et du clinker à parts égales puis à mélanger ce produit à du sable dans un rapport de 1 produit broyé à 3 sable. Les réalisations à base de ce type de matériau sont nombreuses : Les pistes d'aérodromes militaires de Pevec et Arkhangelsk, Route et autoroutes [3].



Figure 1.1 : Phare de Port-Saïd réalisé en béton aggloméré 'Coignet' [3]

1.2.1 LES EXPERIENCES SOVIETIQUES

- En 1918 , une expérience très originale fut faite par Nicolas de Rochefort , à Saint-Pétersbourg .
- Elle consistait à broyer ensemble sable et clinker à parts égales, puis à mélanger ce produit à du sable dans le rapport de 1 (produit broyé) à 3 (sable). Les résistances obtenues furent les mêmes que celles d'un mélange sable-ciment , beaucoup plus riche en ciment (1/3 de ciment pour 2/3 de sable).
- Cette expérience fut reprise par le professeur académicien Rehbinder, comme base de ses propres recherches sur le béton de sable et le mystérieux mécanise d'activation par broyage du mélange sable /clinker.
- Il conclut que ce broyage libérait des surfaces physico-chimiquement actives qui fraiches , fixaient plus efficacement le laite . ce que Nicolas de Rochefort découvrit probablement par hasard , fut ainsi expliqué par le professeur Rehbinder .

- L'Union Soviétique , riche en sable , mais pauvre en gravillons et roche massives sur de vastes étendues , ne cessa , principalement depuis 1941 , de faire du béton composé de sable et d'un ou deux liants (ciment et chaux) selon les opportunités .les réalisations sont nombreuses .
- Citons parmi bien d'autres :
  - Les pistes d'aérodrome militaires de Pevec et Arkangelsk
  - Routes et autoroutes
  - Bâtiments
  - Tunnels et métros
  - Mobilier urbain et éléments architecturaux
  - Travaux de rénovation d'ouvrage d'art
  - Voiles édifiés par coffrages….

- En France , en raison de l'abondance de granulats de gros calibre permettant d'obtenir plus facilement des résistances élevées, les bitons de sable ne connurent pas de réel développement jusqu'à la décennie 1970-1980 .

1.2.2 LE RENOUVEAU DU BETON DE SABLE EN FRANCE

- L'émergence de préoccupations nouvelles liées a l'exploitation des granulats et à leur utilisation rationnelle, en même temps qu'une prise en compte des problèmes d'environnement sont a l'origine de l'intérêt a nouveau porté au BS, sans les années 70 notamment dans le sud-ouest de la France.
- A cette époque, on constate en effet :
  - Que les sables tant alluvionnaires que provenant du cas cassage des roches massives sont excédentaires et qu'il ya défait en gravillons principalement 3/8mm
  - Que le secteur du bâtiment, principale consommateur le béton est aussi le principal consommateur de granulats de gros calibre, dont l'utilisation n'est pas impérative si l'on tien copte du niveau modeste des résistances exigées dans la plupart des ouvrages du bâtiment.
  - Dans la même période, conscients que les extractions de granulats dans les lits des fleurs et des rivières compromettent les équilibres écologique avec des conséquences irréversibles, les pouvoirs publics mettent

progressivement en place une politique de réduction des autorisations d'exploitation de ces sites.

- C'est dans ce contexte que s'ouvre la réflexion sur le formulation de nouveaux BS qui utiliseraient une ressource abondante et peu exploitée, et présenteraient en raison de l'expérience des laboratoires et des avancées techniques dans le domaine, des caractéristiques comparables a celles des bétons traditionnels.
- Les premières applications sont réalisées avec succès dans le début des années 80 à l'initiative du laboratoire régional des ponts et chaussés de bordeaux de lotissement dalles planches……
- Ces expériences trouvent un écho auprès d'universitaires de spécialistes de bétons et de laboratoires qui s'intéressent concomitamment au sujet

Mais promouvoir le développement de l'usage courant des BS nécessite de regrouper les initiatives et d'élaborer un solide, programme de travail permettent d'enrichir les connaissances sur le matériau, son comportement et ses modes de mise en œuvre.

1.3 DEFINITION DU BETON DE SABLE

Le béton de sable est un matériau constitue principalement de ciment, de sable d'eau et de filler naturel ou industriel. Ce qui distingue le béton de sable du béton ordinaire réside essentiellement dans l'emploi de granulats, le béton traditionnel est généralement constitué d'un granulat 0/16 à 0/22.5, par contre le béton de sable est constitué de granulat de faible diamètre Ø<10mm [4].

1.4 COMPOSITION DU BETON DE SABLE

Les constituants entrant dans la composition du béton de sable sont ceux du béton, produit normalisé : il s'agit des granulats, des fines d'ajout (ou additions), les ciments, l'eau, et les adjuvants éventuellement. [5]

1.4.1 LES SABLES

Les granulats utilisés dans les bétons de sable sont des granulats de classe O/D (D =5mm).Ce sont donc, conformément aux normes NFP18-540 et NFP18-541, des sables.

1.4.2 LES FINES D'AJOUT (OU ADDITIONS)

Une qualité essentielle du béton de façon générale est sa compacité qui est influencée par les paramètres suivants :

- La granulométrie du mélange et sa teneur en eau,
- L'énergie de mise en œuvre.

L'optimisation de cette compacité voudrait que les éléments les plus fins remplissent les vides des éléments les plus gros. Le sable étant un matériau très poreux, il contient de nombreux vides. Pour les bétons de sable, une partie de ces vides est comblée par du filler (calcaire surtout) quitte à assurer la rigidité du mélange par un complément en ciment, conformément aux dosages habituellement employés pour les bétons traditionnels. Les dosages en fines d'addition sont souvent importants (70 à 220 kg/m³). Par conséquent leurs caractères influenceront beaucoup les caractéristiques des bétons.

1.4.3 LES CIMENTS

Les ciments utilisés pour la confection des bétons de sable restent les mêmes que ceux utilisés pour les bétons traditionnels. Dans le cas de notre étude, il s'agira du ciment CPA de la CIMBENIN ou de la SCB Lafarge.

Le choix du ciment se fera à partir de sa classe de résistance, de ses caractéristiques d'hydratation, de l'agressivité du milieu, de l'usage auquel on le destine.

1.4.4 L'EAU

Les eaux utilisées pour la confection des bétons de sable demeurent les mêmes que celles employées dans les bétons classiques. Cependant l'eau efficace comprendra, en plus de l'eau de gâchage une quantité non négligeable, apportée par les sables.

1.4.5 LES ADJUVANTS

Les adjuvants utilisés dans les bétons de sable restent les mêmes que ceux utilisés dans les bétons classiques afin d'en exploiter les mêmes propriétés.

Mais dans le cas des bétons de sable, on privilégie beaucoup plus l'usage de plastifiants ou de super plastifiants. Les adjuvants employés dans les bétons de sable respectent en général la norme NFP18-103 [5].

1.4.6 ETUDES DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES DES GRANULATS

Pour connaître les caractéristiques physiques et mécaniques des granulats à employer dans le cadre de notre étude, quelques essais ont été réalisés sur les sables continentaux fluviatiles. Il s'agit de :

- L'analyse granulométrique sur le sable
- Le poids spécifique des grains solides
- La densité apparente
- L'équivalent de sable [5].

1.5 ANALYSE GRANULOMETRIQUE

L'analyse granulométrique permet de déterminer et d'observer les différents diamètres de grains qui constituent un granulat. Pour cela l'analyse consiste à séparer et classer à l'aide de tamis ces grains selon leur diamètre. Les grains ainsi isolés peuvent être pesés pour déterminer la proportion de chacun dans le granulat. La représentation graphique de l'analyse permet d'observer et d'exploiter ces informations très simplement. Les manipulations et les conditions de manipulation sont décrites par la norme NF P 18-560. Elle concerne les granulats d'un diamètre supérieur à 100 micromètres (0.001mm). L'analyse granulométrique permet d'apprécier la classe des granulats utilisés pour la confection des bétons.

Le refus désigne la partie des grains retenue dans un tamis. Le refus cumulé représente tous les grains bloqués jusqu'au tamis considérer (les grains du tamis considérer plus les grains bloqués dans les tamis de mailles supérieures). Le tamisât ou passant désigne la partie qui traverse le tamis.

1.5.1 BUT

Cette opération a pour but de déterminer la répartition pondérale des granulats en fonction de leurs dimensions afin de tracer une courbe granulométrique associée. Il doit permettre de séparer les grains du granulat et de les classer selon leur diamètre. La taille des mailles des tamis détermine ces classes.

1.6 PROPRIETES DES BETONS DE SABLE

1.6.1 OUVRABILITE

Le béton de sable a la capacité de remplir parfaitement les coffrages, avec moins d'énergie d'assemblage, sans préjudice d'autres propriétés, cela est dû à la faible granularité, qui garantit une bonne couverture de l'armature même dans un milieu à forte armature [6].

1.6.2 MANIABILITE

Le béton de sable donne des valeurs E/C (eau/ciment) supérieures à 0,5, le rapport généralement compris entre 0,6 et 0,7. Cette valeur élevée est due à la plus grande surface spécifique du mélange. L'ouvrabilité des bétons de sable dépend également du module du sable ; nature, dosage exact et quantité de gravier dans le béton de sable [7]

Le module du sable affecte les propriétés du béton frais et le comportement mécanique pendant la cure. La granulométrie du sable à béton peut être évaluée en analysant la granulométrie et son module de finesse (MF). Plus le MF est élevé, plus le sable est épais et moins le béton est maniable. Pour le béton normal : plus le granulat est fin, plus il y aura de vides dans le mélange. Cependant, les espaces vides doivent être remplis de coulis de ciment. Par conséquent, le mélange sera moins économique avec un rapport E/C constant. Plus les granulats sont rugueux, plus ils sont difficiles à gérer, mais ils sont plus résistants car ils offrent une meilleure adhérence.

La granulométrie (dimension et distribution) et la nature des particules (forme, texture, porosité ...etc.) sont deux caractéristiques essentielles pour le choix d'un granulat à béton[8]. Le module de finesse est élevé lorsque le sable est riche en éléments gros ce qui implique une amélioration de la maniabilité.

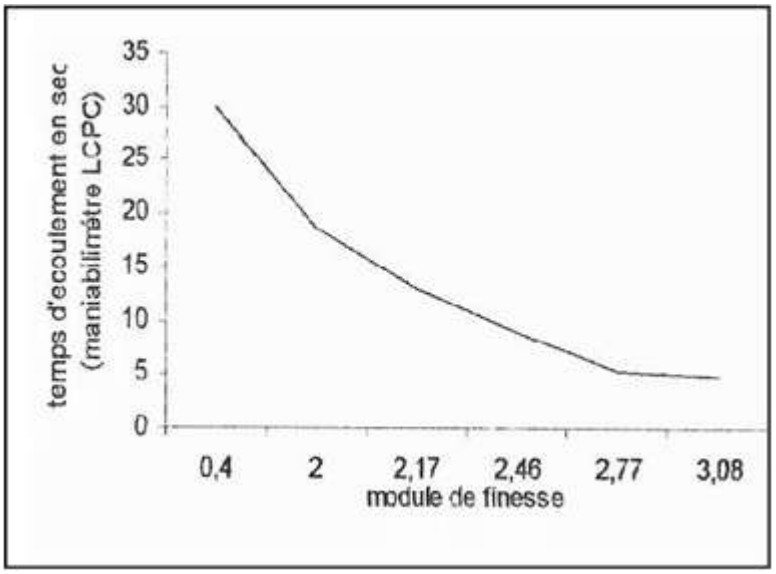


Figure 1.2-Maniabilité en fonction de module de finesse[Sablocrete, 1994]

La nature et le dosage en fines (additions minérales) influencent de façon significative la maniabilité des bétons de sable. La maniabilité est améliorée lorsque le rapport E/C est augmenté et pour un rapport E/C fixe, la maniabilité dépend du dosage en additions fines [Sablocrete, 1994]

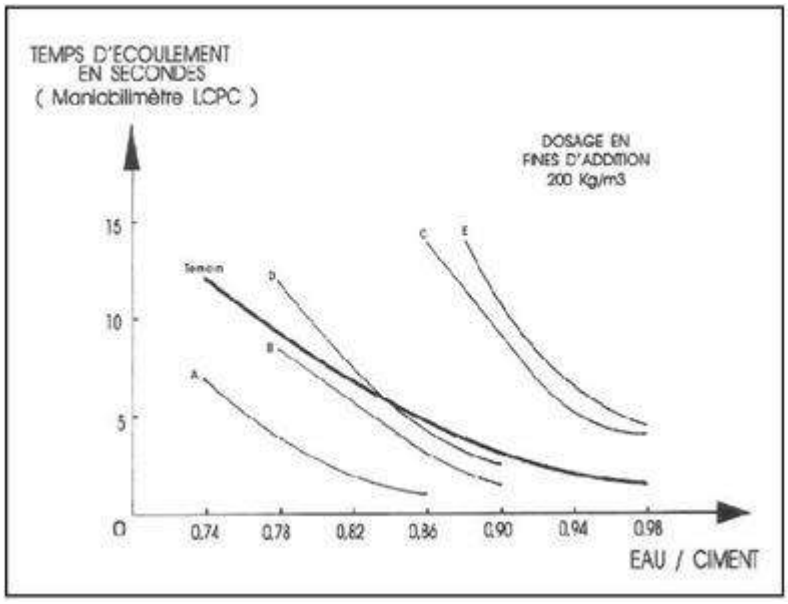


Figure 1.3-Influence de la nature et du dosage en addition sur la maniabilité[12]

1.6.3 RESISTANCE MECANIQUE

Les performances mécaniques restent parmi les critères les plus utilisés pour le jugement de laqualité des bétons et pour leurs classifications. Généralement, les résistances mécaniques des bétons de sable sont inférieures à celles des bétons classiques. Cependant, cela n'empêche en aucun cas d'obtenir des bétons de sable à hautes performances mécaniques, c'est dans ce sensque plusieurs comparaisons ont été faites dans l'objectif de voir dans quelles mesures les bétons de sable pourraient remplacer les bétons classiques[9]
La résistance est aussi dépendante d'un certain nombre de paramètres, en plus de la qualité et du dosage en ciment et du rapport (eau/ciment), on cite en particulier : la finesse de l'addition,la nature de l'addition et la dimension maximale.

- **Finesse de l'addition**

Toute addition minérale, même chimiquement inerte, favorise l'hydratation du ciment pourvuqu'elle soit suffisamment fine. Cet accroissement d'hydratation est attribué à la germinationhétérogène des hydrates. Cette accélération est fonction de la finesse de l'addition et de saquantité.[10], [11].Plus l'addition est fine, plus elle estefficace au niveau du gain de compacité et donc du gain en résistance…[12].

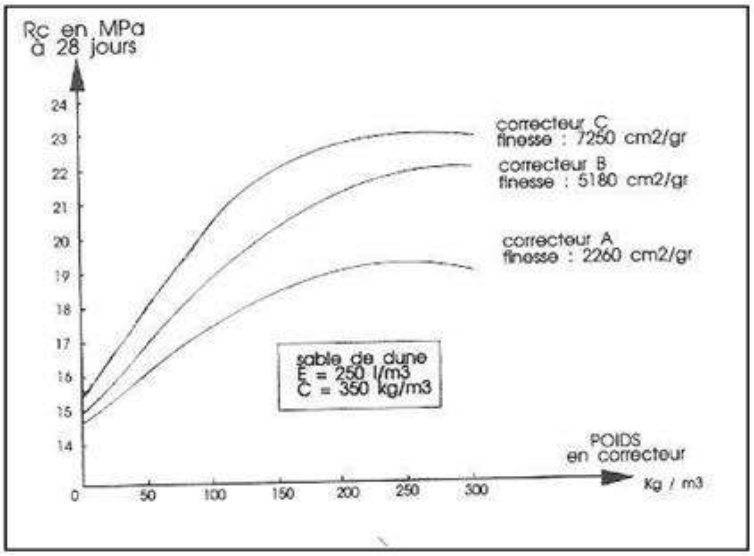


Figure 1.4-Influence de la finesse de l'addition sur la résistance[12]

- **Nature de l'addition**

Pour le même dosage en fine d'addition et pour le même rapport E/C, on constate que les résistances mécaniques sont très variables, ce qui explique que la nature des additions minérales influe aussi sur la résistance.

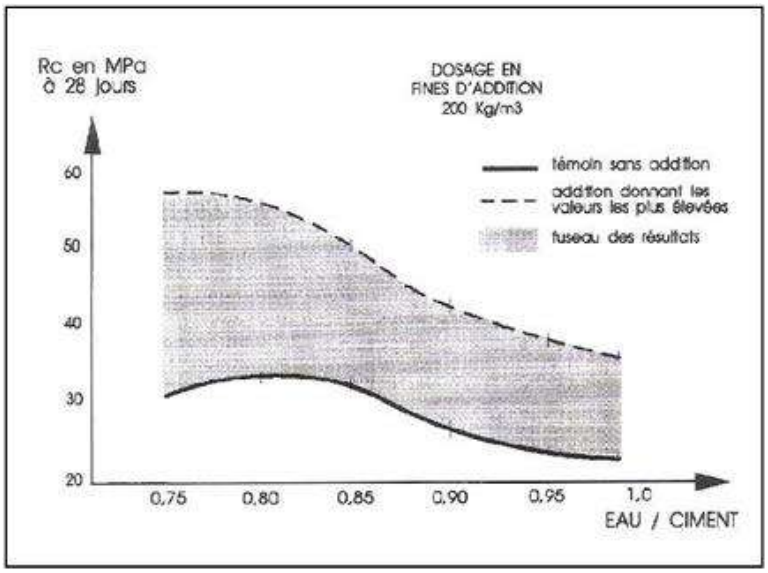


Figure 1.5-Influence de la nature de l'addition sur la résistance[12]

- **Dimension maximale**

Pour une même valeur du rapport Eau/Ciment, on constate que l'effet du diamètre maximal D_{max} des plus gros granulats est peu important en tout état de cause, le béton est très maniable dans le cas d'un 0/20…[12]

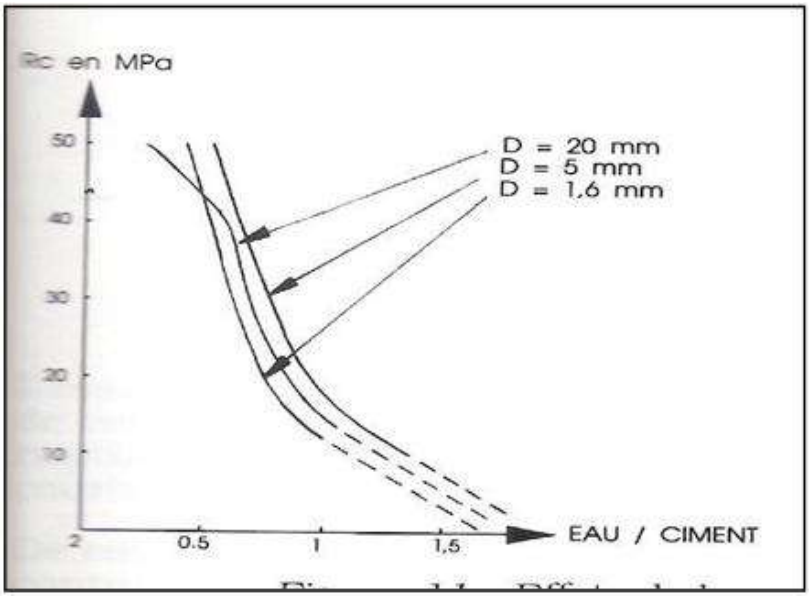


Figure 1.6-Effets de la granularité sur la résistance[Sablocrete, 1994]

1.6.4 DURABILITE DES BETONS DE SABLE

La durabilité d'un béton est reliée à ses capacités d'échange avec le milieu extérieur. De ce fait, il est évident que les paramètres : porosité, organisation géométrique des pores et

perméabilité sont des paramètres physiques de premier ordre de la durabilité. D'une façon générale, les bétons de sable sont plus poreux que les bétons ordinaires (Fig. 1.7). Leurs pores sont plus nombreux, plus petits et davantage monodimensionnels. Les paramètres: porosité, organisation géométrique des pores et perméabilité sont des paramètres physiques de premier ordre de la durabilité. Cette distribution poreuse particulière contribue pour une bonne part à leur bon comportement vis à vis des essais de durabilité La perméabilité à l'eau de béton de sable est plus faible qu'un béton ordinaire (2,5x10-12 contre 1x10-10 m/s) ; quant à la perméabilité à l'air, elle conduit à des résultats inférieurs ou comparables pour des bétons de sable optimisés. La profondeur de carbonatation en ambiance naturelle pourrait être importante du fait de la faible dimension des pores

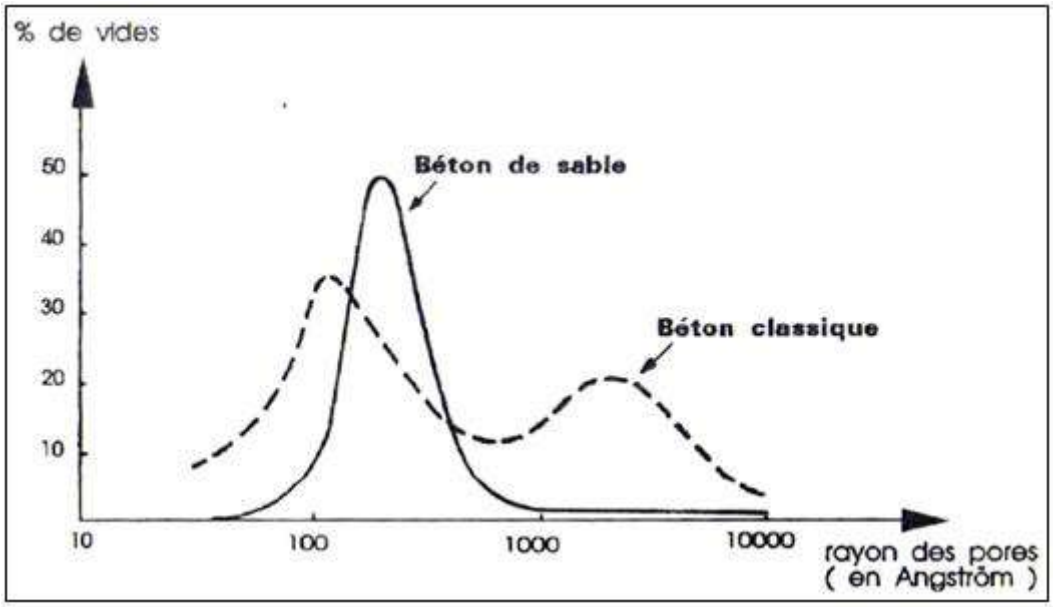


Fig.1.7. Courbe de distribution de la porosité en fonction des rayons des pores

1.6.5 RETRAIT

Le retrait est un phénomène de raccourcissement qui accompagne la prise du ciment, le durcissement sous l'eau diminue beaucoup les effets du retrait c'est pourquoi il convient de tenir les pièces humides en les arrosant pendant leur durcissement ou le béton très jeune qui peut se fissurerait facilement sous l'effet du retrait… [13].

1.6.5.1 RESISTANCE AU GEL ET AU DEGEL

La tenue au gel des bétons de sable formulés correctement est excellente. En effet, par comparaison à une étude menée sur un large éventail de formulations de bétons traditionnels, les bétons de sable à formulation et performance équivalentes résistent mieux

au gel que les bétons traditionnels correspondants. Certains bétons de sable, même sans ajout d'entraîneur d'air, présentent une résistance au gel équivalent aux bétons classiques les plus performants de ce point de vue. Cette bonne tenue aux cycles gel- dégel, quand elle ne résulte pas d'une formulation visant, soit une très faible porosité, soit une porosité bien répartie par l'emploi d'entraîneur d'air, s'explique par la microstructure particulière des bétons de sable, qui est en général, caractérisée par une bonne répartition de micropores.

1.7 DOMAINE D'UTILISATION DES BETONS DE SABLE

Le béton de sable est un nouveau matériau créé pour remplacer le béton classique dans certains éléments de structure. Les principaux domaines d'utilisation des bétons de sablesont :

- Travaux avec du béton injecté.
- Travaux avec un fort cadrage.
- Pilots de béton armé sur place.
- Certains travaux de fondations pour les constructions.
- Travaux pour terrasses.
- Tuyaux de canalisation en béton simple ou armé.
- Panneaux préfabriqués pour murs intérieurs et extérieurs portants, …etc [6, 14].

1.7.1.1 FONDATIONS PROFONDES

Le béton utilisé dans le bétonnage des pieux profonds doit présenter des spécificités par rapport au béton traditionnel utilisé dans les fondations superficielles. Ainsi, des règles et recommandations énoncent les caractéristiques fondamentales suivantes des bétons pour pieux exécutés en place

1.7.1.2 BATIMENT

Presque toutes les applications en bâtiment sont réalisables en béton de sable, il est surtout utilisé pour son ouvrabilité excellente et son esthétique [39]. 2.7.3 La préfabrication Le béton de sable est plus adapté à la préfabrication, on constate que les performances recherchées en préfabrication sont réunies dans le béton de sable (facilité en moulage, la

montée en résistance, démoulage rapide, aspect de surface exceptionnel) Toiture à plis. Ces éléments préfabriqués ont une épaisseur de 5 cm, une hauteur de 2 m et une longueur pouvant atteindre 32m

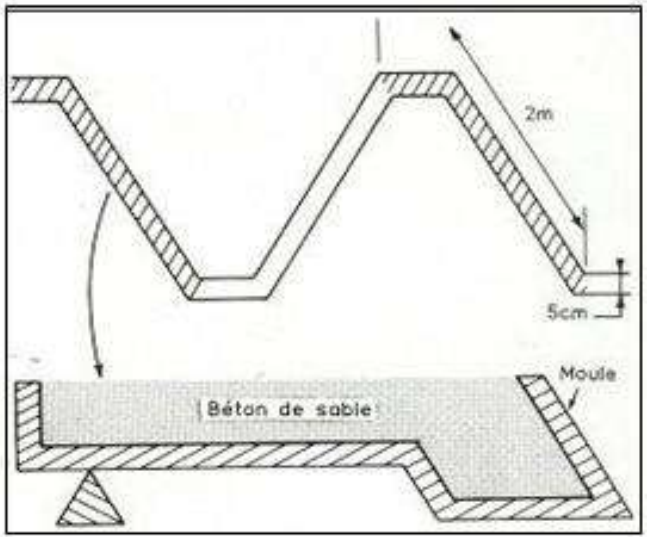


Fig. 1.8 Moulage d'un élément préfabriqué en béton

1.7.1.3 OMBRELLES D'ETANCHEITE

La finition du métro de Leningrad en Russie est assurée par la mise en place d'une ombrelle d'étanchéité (Fig.1.19) ; il s'agit d'une voûte à caractère autoporteur constituée de plusieurs éléments (généralement trois) assemblés sur place et réalisés dans une usine de préfabrication

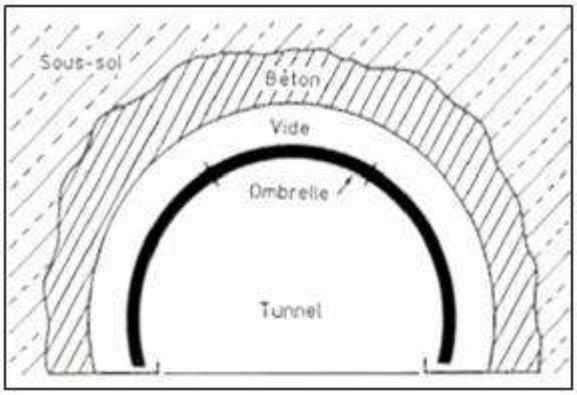


Fig. 1.9 Ombrelles d'étanchéité en place

1.7.1.4 ROUTES, CHAUSSE ET DALLAGE :

Dans le domaine des routes et autoroutes (Fig.1.10), dans les aérodromes et en bâtiment, les BS peuvent être utilisés dans la réalisation des structures de chaussées pour améliorer

leur résistance à l'usure et dans la production des équipements de voirie extrudés (ex : caniveaux, bordures, séparateurs, etc.)

L'utilisation de BS dans ces domaines se trouve en premier lieu justifiée par l'économie sur le coût des matériaux, la facilité de mise en œuvre et la qualité esthétique des produits. Dans le cas des structures de chaussées ou des dallages utilisant le BS, une étude de dimensionnement est nécessaire. Les calculs doivent être réalisés en respectant les normes et les règles en vigueur, notamment celles des performances mécaniques.

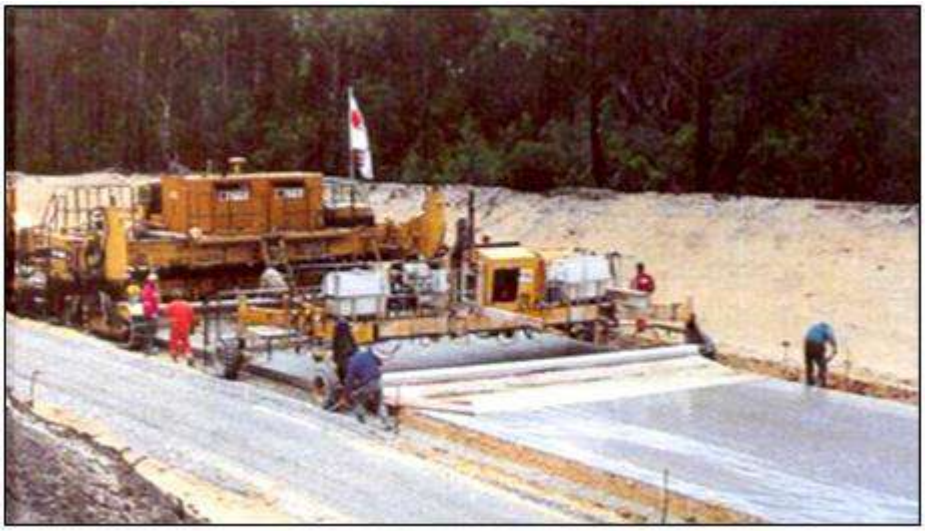


Fig.1.10. Déroulement d'un film polyane (cure)

1.7.1.5 AUTRES APPLICATIONS :

L'utilisation du BS peut s'étaler aux applications spéciales telles que : les ouvrages d'art, l'enrochement artificiel et les accessoires de VRD (Voiries, Routes et Divers). Le BS peut constituer une réponse technique et économique avantageuse pour certains domaines d'ouvrages d'art privilégiant les qualités de maniabilité et d'esthétique. La réalisation des ouvrages d'art nécessite des bétons de hautes performances et très hautes performances. Formuler un BS de hautes performances est évidemment contrarié par l'absence partielle ou totale de gravillons. Mais on peut optimiser le squelette granulaire des granulats du BS par l'utilisation des éléments fins, qui limitent en même temps le rapport eau/ciment sans affecter d'une manière considérable la maniabilité [14]. Dans le domaine de préfabrication d'accessoires de VRD, le BS est plus convenable notamment dans la préfabrication de tuyaux , de regards et tout accessoires utilisés dans les canalisations étanches d'assainissement destinés à l'évacuation des eaux usées ou des eaux pluviales . Toutefois, il existe encore d'autres applications qui pourraient trouver intérêt à utiliser le BS tels que : les travaux souterrains (tunnels, galeries, collecteurs,..), les barrages et les travaux

portuaires [39]. Cependant, presque toutes les applications du béton traditionnel sont également réalisables en BS. Seuls les critères technico-économiques font la différence de choix.

1.7.2 INCONVENIENTS DES BETONS DE SABLE

Les bétons de sable sont très utilisés malgré leurs inconvénients, par exemple :

- La grande teneur en grains fins donne une grande surface spécifique, cela conduit à la difficulté d'assurer une bonne enveloppe de pâte de ciment pour les grains de sable, donc ledosage en ciment augmente.
- Les grains très fins du sable peuvent abaisser l'activité du ciment ; donc la résistancemécanique du béton va diminuer.
- Augmentation de l'absorption capillaire à cause de la grande surface spécifique du ciment ; par conséquent l'imperméabilité du béton durci va diminuer et le retrait va augmenter…[15].

1.8 CONCLUSION

Le béton est l'un des matériaux de construction les plus utilisés dans le monde, il fait partie de notre cadre de vie. Il a mérité sa place par ces performances, sa souplesse d'emploi ainsi que par la diversité qu' il permet dans les formes, les couleurs et les aspects.

Le béton est un matériau très endemande et son utilisation ne cessera de croître au cours des années à venir. A fin d'assurer la croissance de ce matériau de construction indispensable, l'approche du développement durable doit être intégrée à la production du ciment et du béton.

Cette approche consiste à optimiser l'utilisation des ajouts cimentaires des résidus industriels, afin de remplacer le ciment dans le béton, et d'utiliser les matériaux recyclés pour la réalisation des bétons, ce qui permettra d'augmenter la production de ce dernier à un coût compétitif, et protéger la nature des stocks grandissants des résidus industriels.

L'objectif principal de cette thèse rentre dans ce contexte, ils' inscrit dans le thème très général de la recherche de l'amélioration des caractéristiques des matériaux locaux et la valorisation des déchets et sous produits industriels, tout en étudiant et en élaborant un liant hydraulique à base d'un sous produit industriel (le laitier granulé) sans clinker (liant basique), et de déterminer l'influence de l'utilisation des granulats du laitier cristallisé sur le comportement du béton ordinaire et du béton basique. Alors nous cherchons à améliorer

quelques aspects de la durabilité des bétons, en proposant des traitements simples et rentables et en fin d'expliquer les comportements observés.

La méthodologie adoptée pour ce travail est la suivante : recherche bibliographique (partie A), expérimentation en laboratoire, et interprétation des résultats (partie B). en final des recommandations et conclusions récapitulatives ont été présentées. [16]

PARTIER 02 : RECYCLAGE ET BETON RECYCLE

1.9 INTRODUCTION

La valorisation des déchets est généralement considérée comme une solution préférable à l'élimination des déchets. 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 tartinabilité. L'approche globale du déchet permettra d'en définir son devenir, à savoir quel type de valorisation choisir [17]. Dans ce chapitre, nous décrivons le contexte de la gestion des différents types de recyclage et les principales techniques de traitement ou d'élimination à travers le monde ; ainsi la réutilisation des déchets dans le domaine des génies civil.

1.10 NECESSITE DU RECYCLAGE

Avec la société de consommation, l'ère du « jetable » fait loi. Au cours du XX ème siècle, depuis la révolution industrielle, l'humanité consomme, gaspille les ressources naturelles et pollue l'environnement avec de nombreux déchets dont les déchets de construction et de démolition, dont le béton, qui représentent 48 % des déchets totaux en UE [18]. Il devient donc essentiel de se préoccuper du devenir du béton lorsqu'il est en fin de vie [19] car ce matériau est souvent considéré comme inerte et mis en décharge sans valorisation [20] Si le principe du recyclage remonte à l'époque des romains [19] les premiers essais sur le recyclage des bétons remontent aux années 1970 au Japon et aux Etats Unis et en 1980 pour la France. La valorisation des bétons déconstruits impose un procédé de traitement où il faut les débarrasser de leurs ferrailles, les broyer, les concasser et enfin très souvent les transformer en graves utilisables dans les Travaux Publics [21] .Constituant une grande part des déchets de construction et de démolition, le béton déconstruit est un gisement potentiel de granulats pour bétons hydrauliques [20, 22]. Le coût environnemental de la non valorisation des déchets rend économiquement viable les opérations de recyclage qui permettent d'économiser les ressources naturelles de matériaux granulaires pour espérer maintenir dans le futur un prix raisonnable des granulats pour la construction [22, 23]. Le projet national de Recherche et Développement, RECYBETON vise donc à accroître la réutilisation de tous les produits issus du béton déconstruit tant comme granulats que comme liant hydraulique [22]. Les « bétons recyclés » sont des bétons qui incorporent des granulats recyclés. Ceux-ci se caractérisent notamment par des capacités d'absorption

d’eau élevées [22] modifiant leurs propriétés et la fissuration au très jeune âge du béton [23].

1.11 L'HISTOIRE DU RECYCLAGE

D’une façon simple et récapitulative on résume l’histoire du recyclage comme suite [24]. :

a. 3000 avant JC : Les premiers objets en métal usagés sont fondus pour en fabriquer de nouveaux.
b. 500 avant JC : Athènes invente la première décharge municipale, et impose à ses citoyens d’y déposer leurs déchets.
c. 105 : La chinois Tsai Lun, ministre de l’agriculture de la dynastie Han, invente le principe de fabrication de papier à partir de vieux chiffons de lin.
d. 1031 : Au Japon, du papier neuf est fabriqué à partir de papier recyclé pour la première fois de l’histoire de l’humanité.
e. 1690 : La première entreprise de recyclage de papier, The Rittenhouse Mill, voit le jour à Philadelphie.
f. 1884 : Le préfet de la seine Eugène Poubelle impose aux parisiens l’usage d’un récipient clos – qui portera son nom - pour déposer les ordures ménagères et faciliter leur collecte.
g. 1940 :Nylon, élastiques, piles usagées et ferrailles diverses sont recyclées en Europe et aux Etats-Unis pour participer à l’effort de guerre.
h. 1970 : Le sigle du recyclage – également appelé ruban de Möbius – devient le logo universel des matériaux recyclables.
i. 1973 : Le premier centre de recyclage de matières plastique est créé à Conshohocken, aux Etats-Unis.

f. 2016 :L'industrie du recyclage génère un volume d'affaires de 160 milliards de dollars dans le monde et emploie environ 1,5 million de personnes.

1.12 RECYCLAGE DES DECHETS

1.12.1 DEFINITION

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets industriels et ménagers qui : permet la réintroduction dans le cycle de production de la production de matériaux qui : se

réconcilier. Le recyclage a deux conséquences écologiques principales : réduire le volume déchets et protection des ressources naturelles.

C'est une des activités économiques de la société de consommation. Certains procédés sont simples et bon marché mais, à l'inverse, d'autres sont complexes, coûteux et peu rentables. Dans ce domaine, les objectifs de l'écologie et ceux des consommateurs se rejoignent mais parfois divergent ; c'est alors le législateur qui intervient. Ainsi, en particulier depuis les années 70, le recyclage est une activité importante de l'économie et des conditions de vie des pays développés [25]. Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dite des trois R :

a- Réduire :

Qui regroupe tout ce qui concerne la réduction de la production de déchets,

b- Réutiliser :

Qui regroupe les procédés permettant de donner à un produit usagé un nouvel usage.

c- Recycler :

Qui désigne le procédé de traitement des déchets par recyclage [25].

1.13 LES TYPES DE RECYCLAGE (LES PROCEDES)

Il existe trois grandes familles de recyclage : chimique, mécanique et organique.

Le recyclage dit « chimique » utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.

Le recyclage dit « mécanique » est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple pour broyer.

Le recyclage dit« organique » consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz [25].

1.14 LES BETONS A BASE DE GRANULATS RECYCLES

Les bétons recyclés ont pour particularité l'intégration de granulats issus de la démolition d'ouvrages en béton et du recyclage des matériaux qui en sont issus en tant que granulats à béton. Cette spécificité conduit à décrire le référentiel normatif spécifique des granulats et des bétons recyclés puis à passer en revue l'impact des gravillons recyclés sur les

caractéristiques des bétons produits à l'état durci et à l'état frais. Enfin, le chapitre se termine en abordant l'effet de cure interne des gravillons recyclés.

1.15 PROPRIETES DES BETONS RECYCLES DURCIS

D'une manière générale, de nombreux auteurs ont démontré que l'insertion de granulats recyclés, en jouant sur le taux de substitution de 0 à 100 % ou bien sur la qualité des recyclés, va modifier les propriétés des bétons recyclés à l'état frais et à l'état durci. En effet, les performances du béton recyclé dépendent de la qualité et de la quantité de pâte ancienne [26, 27]; les modifications portent sur les caractéristiques du béton obtenu à l'état frais (affaissement), à l'état durci (masses volumiques, résistance mécanique) ou encore les caractéristiques microstructurales [28-33] .

1.16 LA DURABILITE DES BETONS RECYCLES

En termes de pénétration des chlorures et de carbonatation, les performances des bétons recyclés sont inférieures aux bétons témoins à base de gravillons naturels. Plus le taux de recyclés augmente plus les caractéristiques se dégradent [34-38]. Par ailleurs, les bétons recyclés ont des performances inférieures en terme de résistances aux sulfates [39].

1.17 CONCLUSION

L'enjeu de cette étude n'est pas de subvenir à un manque actuel de granulats naturels mais plutôt de contribuer à la diminution de l'épuisement des ressources naturelles pour l'avenir [40].

La valorisation de ces granulats issus du recyclage présente un intérêt d'ordre économique, techniques environnemental. Le réemploi de ces matériaux dans la fabrication des mortiers contribuerait à la prolongation de la durée de vie des carrières existantes et au même temps à l'élimination des déchets dans les décharges [41]. Par ailleurs, ces granulats recyclés pouvant se substituer aux granulats naturels, ceci permet de résoudre dans l'avenir le manque de granulats naturels. Néanmoins, il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur les propriétés de ces déchets (granulats recyclés) destinés pour bétons ou mortiers en fonction de leur origine, ce qui facilitera leur valorisation.

CHAPITRE 02 : MATERIAUX ET ESSAIS

2 CHAPITRE 02 : MATERIAUX ET ESSAIS

2.1 INTRODUCTION

Ce chapitre a pour but de définir et de justifier nos choix de base en ce qui concerne les compositions étudiées. Cette partie est consacrée à la présentation des propriétés matériaux sélectionnés pour la mise en œuvre des bétons de réparation et des supports, ainsi que la procédure de malaxage et également le processus de formulation des bétons réalisés et de leur composition.

2.2 CIMENT

Un seul type de ciment a été utilisé au cours de cette étude. Il s'agit d'un ciment portland composé CEM II/A 42.5, avec une résistance minimale à la compression à 28 jours de 42,5 MPa, une masse spécifique de 3,1 g/cm et une surface spécifique de Blaine (SSB) de 30 cm^2/g produit par la cimenterie de CHLEF qui présente des performances mécaniques etcaractéristiques physico-chimiques conformes à la norme NA 442 [42].

Le ciment de CHLEF 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 traitementthermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°C. En présence d'eau a lieu laréaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique)constitué principalement de microcristaux de silicates de calcium hydratés. L'addition utiliserpour ce type de ciment est le calcaire (10%). Le tableau 4.2 résume la composition chimiqueet le tableau 4.3 représente la composition minéralogique du ciment utilisé. Les caractéristiques physico-mécaniques du ciment utilisé sont représentées dans le tableau 4.4.L'analyse chimique du ciment menée par rayon X met en évidence l'existence des éléments de la composition minéralogique (Fig. 4.11). Néanmoins, cette analyse à un aspect qualitatifet non quantitatif. Cette analyse confirme l'existence des C_3S, C_2S, C_3A et C_4AF.

Tableau. 2.1. Composition chimique du ciment utilisé

Oxydes	S_iO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	Mgo	Na_2O	SO_3	Cao_{libre}	R.insol	P.F
Teneurs(%)	21.89	6.15	3.95	58.76	0.67	1.13	0.57	1.62	0.45	5.19	4.67

Tableau. 2.2. Composition minéralogique du ciment utilisé

Minéraux	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	CaO libre	Gypse	Phase d'ajout
Teneurs(%)	45	18	11	8	1	5	12

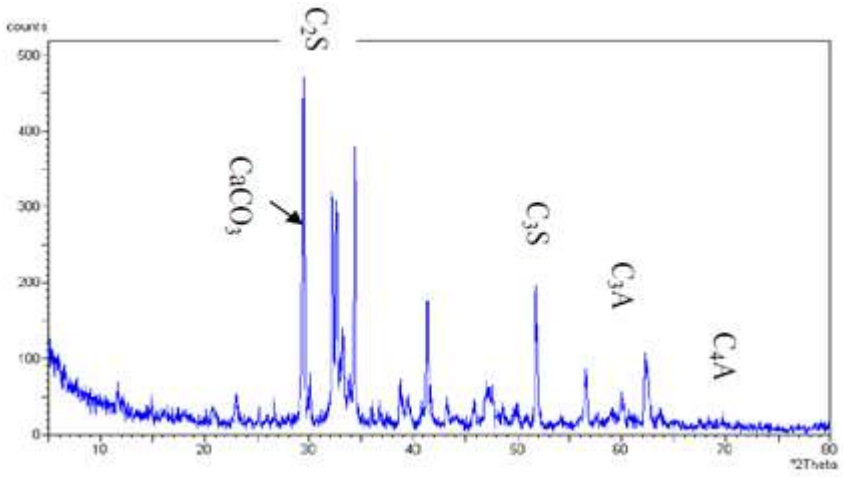


Fig.2.1 Diagramme de DRX appliqué sur le CEM II/A 42.5 CHLEF

2.3 ADJUVANT

L'adjuvant utilisé est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la nouvelle génération d'adjuvants. Il est conçu à base de poly carboxylates d'éther modifiés et son utilisation dans le béton permet l'obtention d'un long maintien d'ouvrabilité.

Le **MEDAFLOW 145** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité, d'un ph égale a 06 de densité 1.65 plus ou moins 0.015 et 0.03 à 2 percent du poids de ciment

soit 0.33 a 1.8 litres pour 100 kg de ciment le dosage optimale doit être déterminer sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

Le **MEDAFLOW 145** est introduit dans l'eau de gâchage. Il recommandé d'ajouter l'adjuvant de le béton après que 60 % de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

2.4 SABLE

2.4.1 SABLE NATUREL

Le sable utilisé pour le compte de cette étude et le sable d'Oued Souf du sud Algerien (Fig2.3) dont les caractéristiques sont résumé dans ce qui suit.



Fig.2.3 Sable d'Oued-Souf

2.4.2 CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUE

D'après l'analyse faite au laboratoire central de l'ENGOA, on a obtenu les résultats des passants cumulés sable d'Oued-Souf, représentés dans le tableau (2.1).

Tableau 2.3 : Résultat de l'analyse granulométrique de sable Oued-Souf

Tamis (mm)	Sable d'Oued-Souf			
	Poids Refus (g)	Refus (%)	Passant (%)	Module de finesse
6.3	2.5	0.25	99.75	2.07
5	5.0	05	99.50	
2 .5	20.1	2.01	97.99	
1.25	89.5	8 .95	91.05	
0.63	323.4	32.34	67.66	
0.3	692.4	69.24	30.76	
0.16	937.0	93.70	6.30	
0.08	993.2	99.32	0.68	
F.T	997	99.7	-	

2.4.3 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Les différents résultats obtenus lors des essais de principales caractéristiques physiques de sable Oued-Souf, sont présentées dans le tableau (2.2).

Tableau 2.4 : résultats des principales caractéristiques physiques de sable Oued-Souf.

Caractéristiques physiques	Equivalent de sable (%)	Masse volumique absolue (g/cm^3)
Sable d'Oued-Souf	82.06	2.66

Les résultats obtenus sur le tableau (II.14) montrent que : Les essais nous ont donné, un équivalent de sable de 82.06 %. Le sable d'Oued-Souf est un sable très propre, l'absence presque totale de fines argileuses. Qui répond aux exigences de la norme française [XP P 18-598].

2.4.4 SABLE RECYCLE DE BETON ORDINAIRE

Un sable recycle (0/5) (SBTR) produits par le concassage (moyennant un concasseur à mâchoire) d'anciennes éprouvettes (16x32cm) en béton naturel utilisé dans les anciens travaux de recherche au laboratoire. Les caractéristiques physiques et la granulométrie du sable SBTR ont présentées respectivement dans le tableau et la figure suivants.

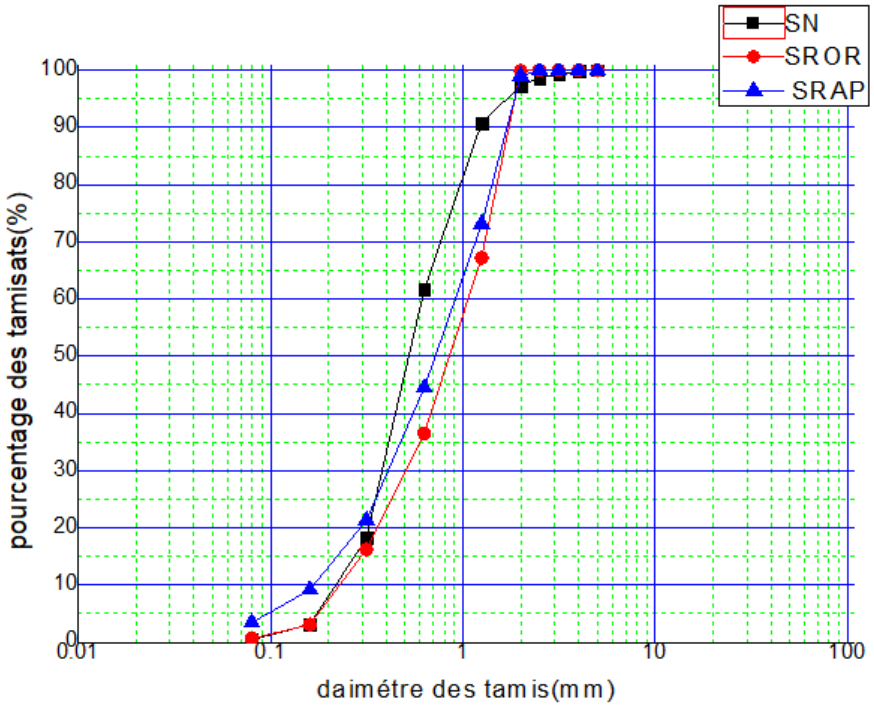
2.4.5 SABLE RECYCLE DE BETON AUTOPLAÇANT

Un sable recycle (0/5) (SBAP) produits par le concassage (moyennant un concasseur à mâchoire) d'anciennes éprouvettes (16x32cm) en béton naturel utilisé dans les anciens

travaux de recherche au laboratoire. Les caractéristiques physiques et la granulométrie du sable SBAP ont présentées respectivement dans le tableau et la figure suivants.

Tableau. 2.5 Caractéristiques physiques des sables utilisés

Caractéristiques	SN	SBTR	SBAP	Normes
Module definesse	2,27	2,56	2,5	NF EN 933-1[34]
Masse volumiqueabsolue (Kg/ m3)	2,6	2,5	2,45	NF EN1097-6 [35]
Masse volumiqueapparente (Kg/m3)	1,57	1,27	1,25	NF EN1097-3 [36]
Equivalent desable (%)	87,2	91,03	80	NF EN933-8 [37]
Coefficientd'absorption d'eau (%)	0,65	8	7	NF EN1097-6 [36]



Rem : SBTR=SROR et SBAP=SRAP

Fig 2.3 Courbe granulométriques des sables utilisés

2.5 L'ANALYSE CHIMIQUE

l'analyse chimique des sables utilisés, menée par rayon X, révéle que le sable concassé est riche en calcite ($CaCO_3$) . pour les sables dunaires et de carriére, la silice (Quartz)(SiO_2) est l'élément le plus prépondérant ans la composition chimique de ces derniers (Fig 2.3 à 2.8)

- Beton autoplacant trans

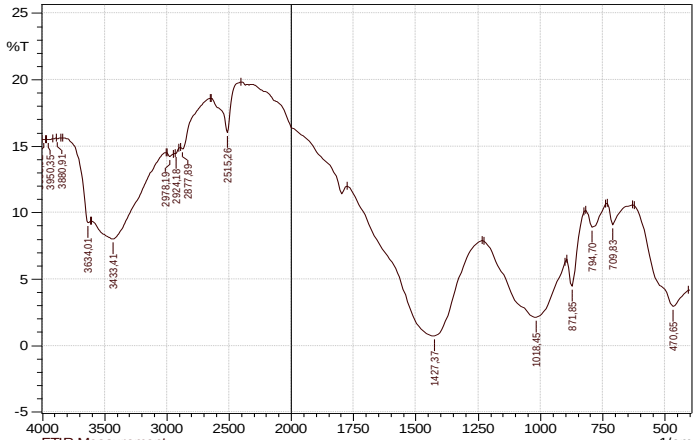


Fig 2.4. Analyse chimique beton autoplacant trans

- Béton autoplacant abs

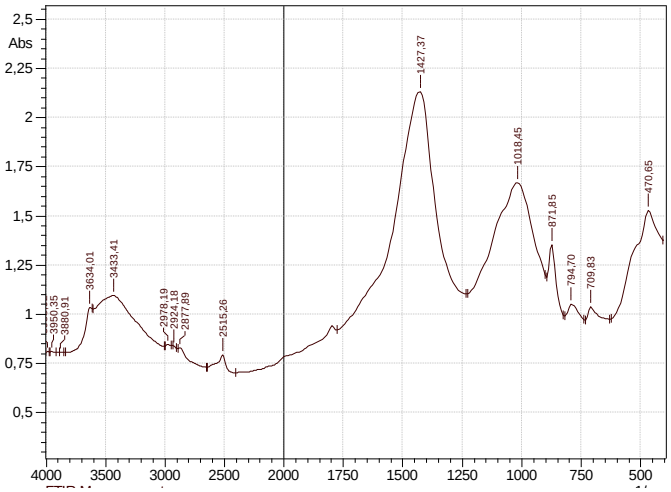


Fig 2.5. analyse chimique Béton autoplacant abs

- Béton ordinaire trans

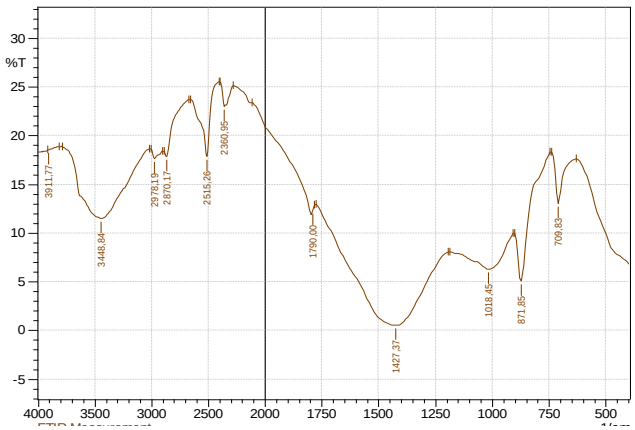


Fig 2.6. analyse chimique beton ordinaire trans

- Béton ordinaire abs

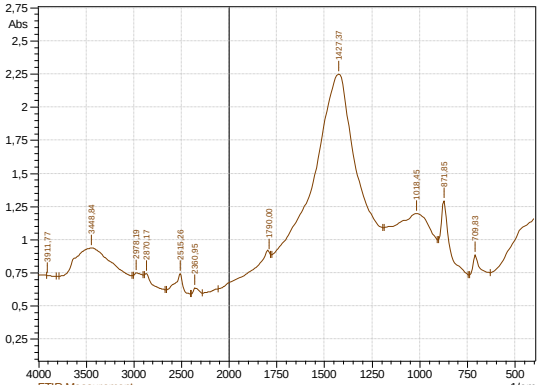


Fig 2.7. analyse chimique Béton ordinaire abs

- Sable trans

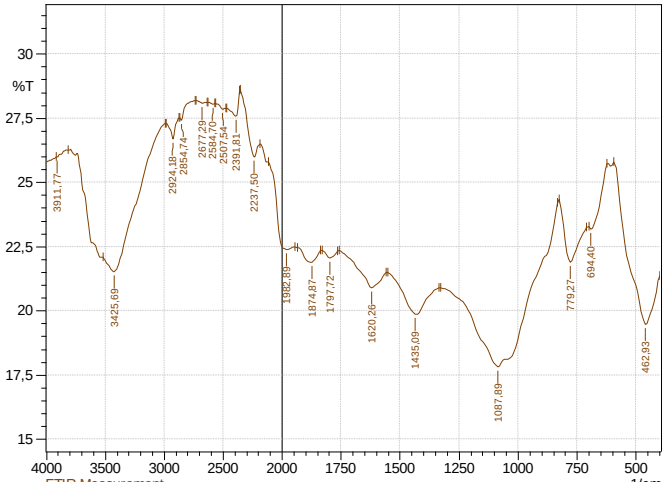


Fig 2.8. analyse chimique Sable trans

- Sable abs

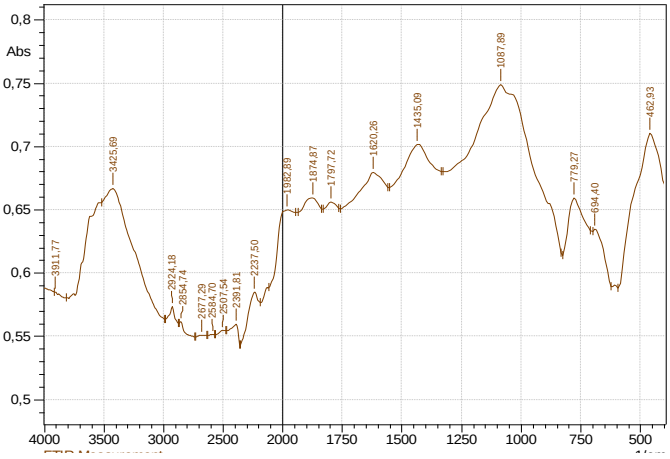


Fig 2.9. Analyse chimique Sable abs

2.6 L'EAU DE GACHAGE

L'eau utilisée est celle de distribution, dont la température est comprise entre 18 et 20° C. Nous supposons qu'elle répond à toutes les prescriptions de la norme NF EN 1008 (2003) en matière de béton.

2.7 FILLER CALCAIRE

Il s'agit de roches calcaires broyées, disponibles dans la majorité des carrières Algériennes. Le filler calcaire provient de la carrière géante (ENG) Oum Settas, El Khroub à Constantine,il contient une haute teneur en calcaire, riche en Calcium avec un pourcentage supérieur à98% de $CaCO_3$. Le diamètre statistique moyen de ces grains est de l'ordre de 23µm (**Figure 2.9)**. Les différentes caractéristiques physiques et chimiques du filler calcaire utilisé sont présentées par les **Tableaux 2.4 et 2.5**, à partir des fiches techniques élaborées par le laboratoire de la carrière**.**

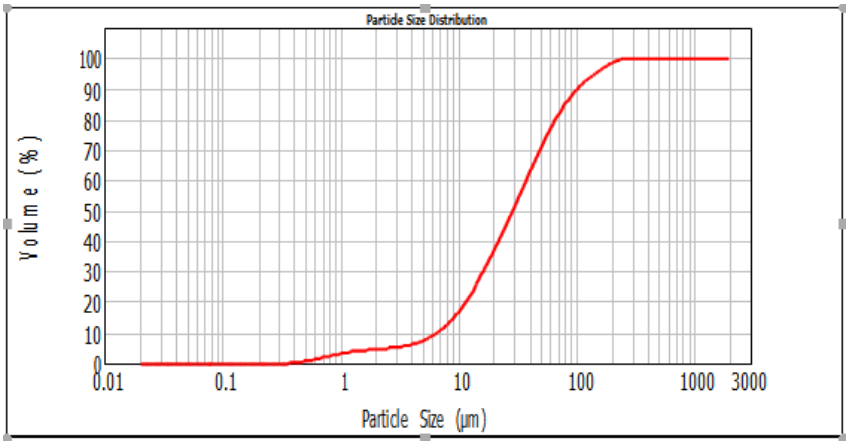


Figure 2.10. Répartition granulaire du filler calcaire [?]

2.8 FORMULATION DES BETONS DE SABLE

L'ouvrabilité et la résistance à la compression sont en général les deux propriétés essentielles des bétons a viser pour les différentes méthodes de formulation. Les bétons de sable font partie des bétons dont la formulation reste empirique et délicate à réaliser. Différentes approches ont été étudiées, où la prise de l'ouvrabilité comme critère de formulation demeurait très complexe. Il est bien connu que les bétons de sable sont confectionnés avec des sables dont la surface spécifique est importante. Ce qui engendre

un besoin supplémentaire d'eau et de ciment qui influence négativement sur le coût, sur la résistance à la compression et sur le retrait. Il est donc judicieux de remplacer par l'ajout des adjuvants.

2.8.1 FORMLATION DE BETON DE SABLE A BASE DE GRANULAT RECYCLES

le béton de sable à base de granulat recycles et obtenu par substitution massique (25; 50;75 et 100%) du sable avec les sables de autoplacant (SBAP) et béton recyclé (SBTR). la nomenclature des différents béton réalisés est représentée dans le tableau 2.4.

Tableau 2.6 : Nomenclature des bétons de sable réalisés

Sable	0%	25%	50%	75%	100%
SBTR	BST	BSBTR25	BSBTR50	BSBTR75	BSBTR100
SBAP	BST	BSBAP25	BSBAP50	BSBAP75	BSBAP100

La composition de chaque mélange et pour chaque type de béton est codifié et mentionnée dans le tableau 2.7 et 2.8 suivant.

Tableau.2.7 Compositions des bétons de sable à base de béton autoplacant

	BT	BSBAP			
		25%	**50%**	**75%**	**100%**
Sable (kg/m^3)	1400	1050	700	350	0
Ciment (kg/m^3)	350	350	350	350	350
Filler calcaire (kg/m^3)	200	200	200	200	200
Eau ($litre/m^3$)	230	254.5	279	303.5	328
Super plastifiant(%)	1	1	1	1.2	1.2

Tableau.2.8 Compositions des bétons de sable à base de béton ordinaire

	BT	BSBTR			
		25%	**50%**	**75%**	**100%**
Sable (kg/m^3)	1400	1050	700	350	0
Ciment (kg/m^3)	350	350	350	350	350
Filler calcaire (kg/m^3)	200	200	200	200	200
Eau ($litre/m^3$)	230	258	286	314	342
Super plastifiant(%)	1	1	1	1.3	1.5

2.9 MALAXAGE ET CONSERVATION DES EPROUVETTES EN BETON

Le malaxage des bétons de sable se fait en deux malaxeurs en fonction de la nature et du nombre des éprouvettes à réaliser. S'il s'agit des éprouvettes de 4×4×16 cm, on utilise un malaxeur à mortier d'une capacité de 5 L. Le but recherché est de répartir, le plus régulièrement possible, chaque constituant afin d'assurer un mélange homogène et d'obtenir ainsi les mêmes propriétés. Le malaxage de chaque mélange se fait de la manière suivante :

- ✓ on verse les gros grains (le sable);
- ✓ puis en verse les fines (le calcaire) et le ciment;
- ✓ on malaxe pendant 2 minutes;
- ✓ on verse de l'eau et la moitié de la quantité d'adjuvant et on continue le malaxage
- ✓ pendant 2 minutes;

on verse le reste de l'eau et de l'adjuvant et on mélange pendant 1 minute.

2.10 ESSAIS REALISES SUR BETON DE SABLE FRAIS

Les différents essais réalisés sur béton sont résumés comme suit (Fig 2.10):

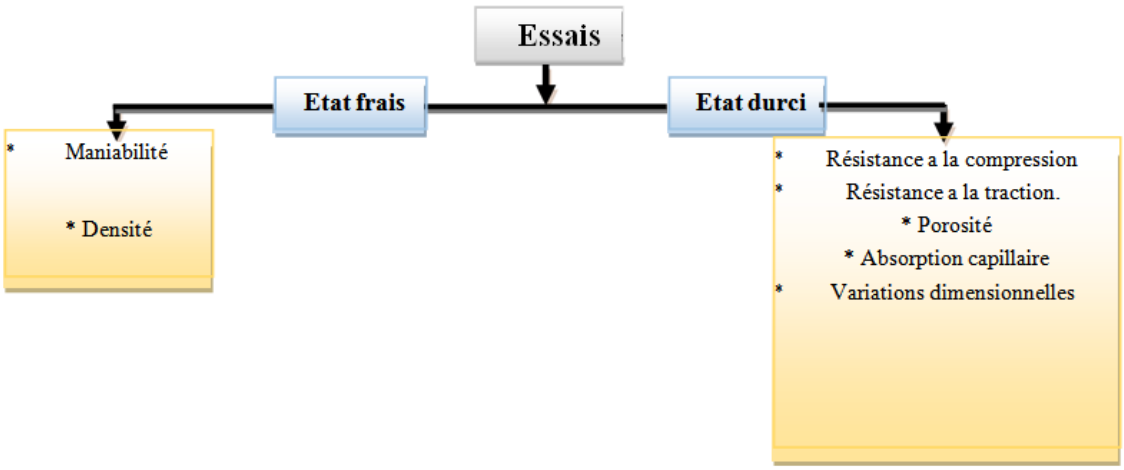


Figure 2.11 Essais réalisés sur béton

2.10.1 LA MANIABILITE

Elle nous permis d'apprécier qu'est l'objet des essais définis par la norme NF P 18 - 452 [44]. La consistance est caractérisée par le temps que met le béton de sable pour s'écouler sous l'effet d'une vibration. L'appareil utilisé est appelé Maniabilimètre LCL (B). Après la mesure de la maniabilité (temps d'écoulement), toutes les compositions de béton ont été ajustées pour avoir une maniabilité constante pour tous les mélanges.

2.10.2 LA DENSITE

La densité du béton de sable a été mesurée selon la norme NF EN 12350-6 [45].

2.10.3 ESSAIS REALISES SUR BETON DE SABLE DURCI :

Les essais de caractérisation sur béton de sable durci sont résumés dans le tableau 2.7 suivant :

Tableau. 2.9. Essais sur bétons de sable durcis

Essais	**Appareil**	**Dimension (cm)**
Traction	Presse hydraulique	4x4x16
Compression		
Retrait Gonflement	Déformètre	4x4x16
Variation massiques	Balance	
Capacité d'absorption d'eau	Essai d'absorption	demi-prisme d'éprouvette 4x4x16
Porosité	Dessiccateur	

2.10.4 ESSAIS DE TRACTION PAR FLEXION

Selon la norme [46], c'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points) (Fig. 2.11), une éprouvette prismatique de côté a et de longueur L. Dans cette étude, l'éssai est effectué sur des éprouvettes prismatiques de dimensions 4x4x16cm à 7, 28 et 90 jours.



Fig.2.12. Dispositif de l'essai de traction par flexion

2.10.5 ESSAIS DE COMPRESSION

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme NF EN 196-1 [106] par compression axiale pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques de dimensions 4×4×16 cm (Fig. 4.21), à l'âge de 7, 28 et 90 jours, à l'aide d'une presse hydraulique de capacité maximale de 2000 KN conforme à la norme NF P 18-412 [47].



Fig.2.13. Diapositif de l'essai de résistance à la compression

2.11 ESSAIS SUR L'APPROCHE DE DURABILITE

2.11.1 POROSITE ET MICROSTRUCTURE:

À la fin de la cure, les demi-prismes d'éprouvette 4x4x16cm sont séchés dans une étuve ventilée à 40 ± 5 °C jusqu'à poids constant ; elles sont ensuite prolongé dans l'eau, jusqu'à poids constant (Fig.2.12). L'échantillon est passé ensuite à imbibition sous vide, et après saturation une pesée sous eau (Meau) et une autre dans l'air (Mair) sont réalisées. Ensuite,

l'échantillon est séché dans une étuve ventilée à 105 ± 5 °C jusqu'à poids constant et à nouveau, une mesure de masse (Msec) est réalisée selon la recommandation l'AFPC-AFREM.



Fig.2.14. Mesure de la porosité accessible à l'eau

2.11.2 ABSORPTION CAPILLAIRE

Dans cet essai, on prend un morceau d'éprouvette de béton de sable déjà utilisé puis sécher. On d'eau) (comme mentionné dans la figure. 2.14), et pendant chaque intervalle du temps (15 min, 30 min ,1 h, 2h ,4h et 24h) on repese le morceau (m1). La différence du poids entre m1 et m0 (m1- m0), est le poids d'eau absorbé (NBN NE 13057) [48].

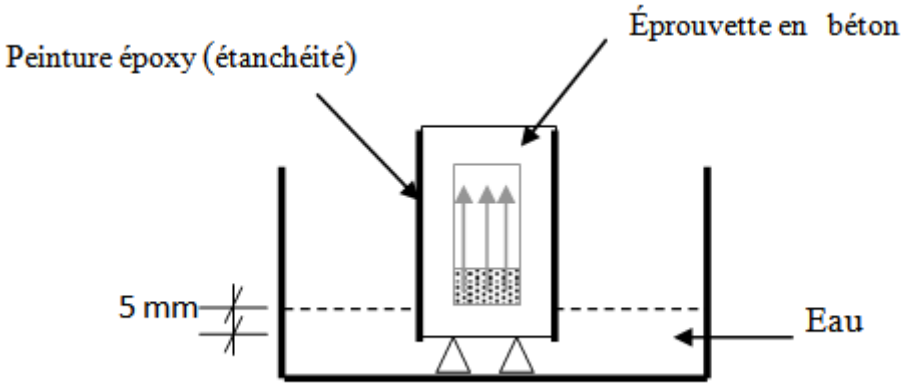


Fig. 2.15. Absorption d'eau par succion capillaire

CHAPITRE 03 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3 CHAPITRE 03 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.1 INTRODUCTION

Les résultats des différents essais réalisés sur les bétons de sable à base de sable recyclé à l'état frais et durci sont rassemblés ci-après et les valeurs données sont les moyennes arithmétiques des trois résultats d'essais.

3.2 BETON FRAIS

3.2.1 LA MANIABILITE

La maniabilité des bétons de sable réalisés, est basée souvent sur la mesure du temps d'écoulement à l'aide d'un maniabilimètre . Les résultats trouvés sont résumés sur les figures 3.1 et 3.2.

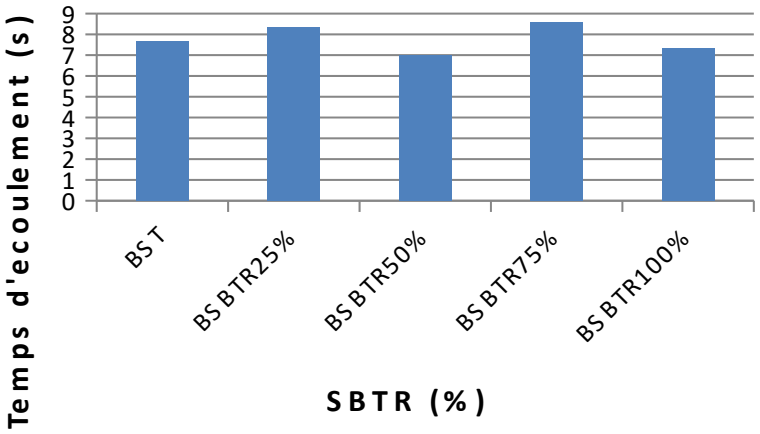


Fig. 3.1 : Temps d'écoulement des BSBTR

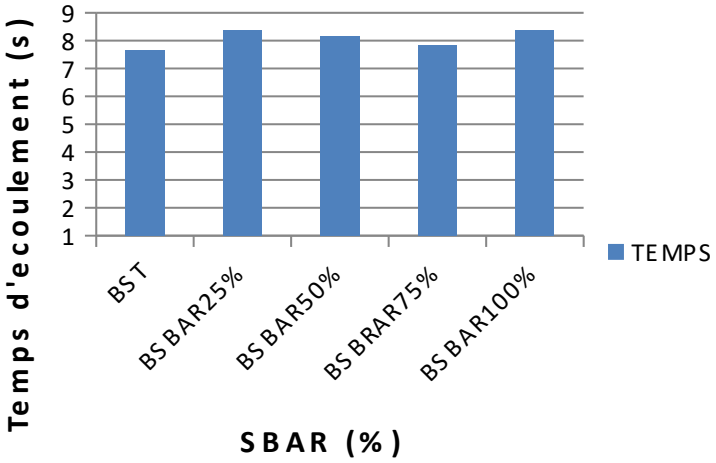


Fig. 3.2 : Temps d'écoulement des BSBAP

D'après les figures ci-dessus, on remarque que la maniabilité de béton de sable à base de béton recyclé est plus élevée que le BS avec SBTR. Les résultats obtenus montrent aussi que la maniabilité augmentée en fonction du pourcentage de béton recyclé. Pour un pourcentage de 100% de béton recyclé, 8.4 secondes sont nécessaire à l'écoulement de ce béton alors que 7.6 seconde sont suffisante pour un BS avec 25% de SBAR.

3.3 LA DENSITE

La densité des différents béton réalisé est résumé dans les figures 3.3 et 3.4 suivantes.

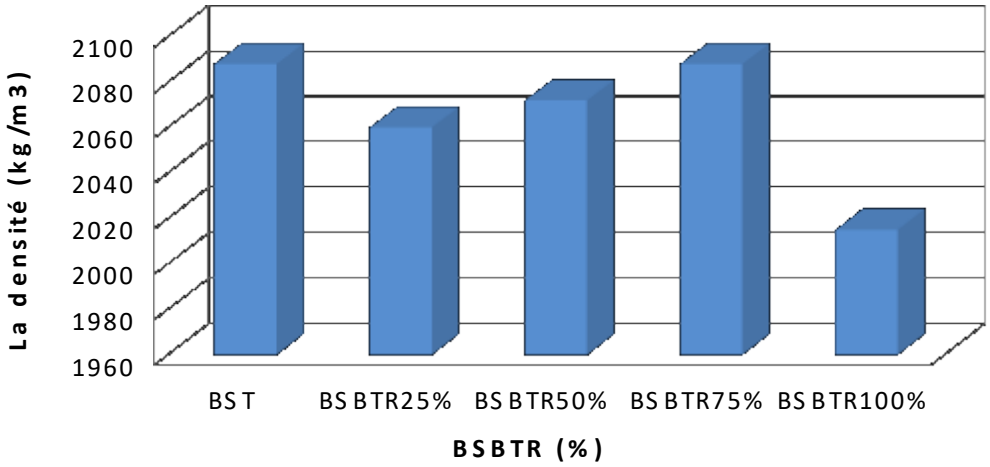


Fig. 3.3: La densité des BSBTR

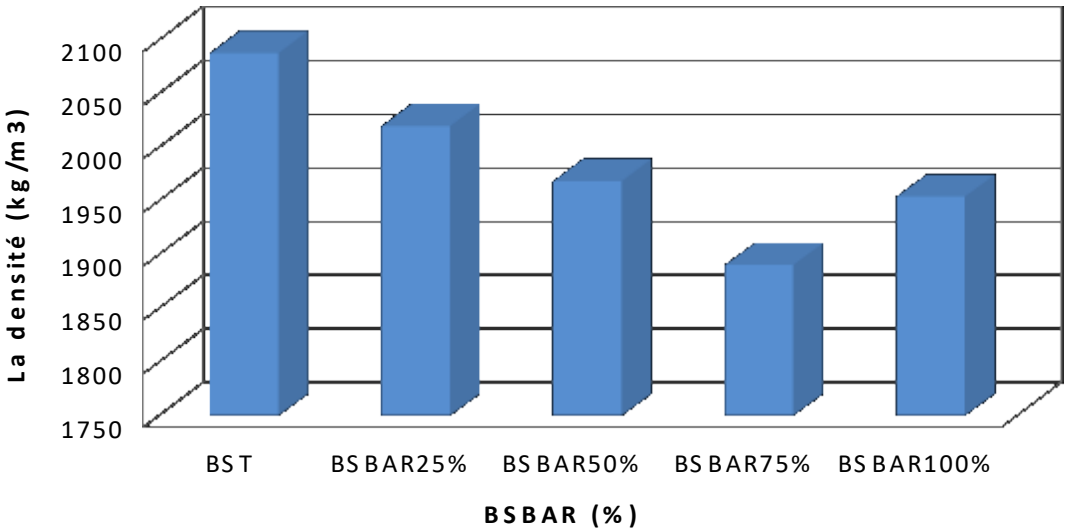


Fig. 3.4: La densité des BSBAP

la figure précédentes montre que la substitution du sable par influe les sables recyclés (béton ordinaire ; béton autoplaçant) négativement sur la densité de béton e sable se résultat est logique et attendu car la densité de granulats recyclé est plus faible que le sable naturel .

la densité de mortier est diminuée d'une façon considérable en fonction du pourcentage de substitution du sable par les granulats recyclés (béton ordinaire, autoplaçant).

3.4 BETON DURCI

De la mémé façon que le béton de sable frais, les résultats des différents essais réalisé par les bétons de sable durcis sont la moyenne de trois mesures prises sur des éprouvette 4x4x16 cm^2.

3.4.1 RESISTANCE A LA COMPRESSION

Les essais de résistances en compression de béton de sable du granulat recyclé sont présentés dans les figures suivant

3.4.2 INFLUENCE DU DOSAGE DE GR SUR RESISTANCE A LA COMPRESSION

Les figures ci-dessus illustrent l'évolution de la résistance à la compression des BS à base des différents BS recyclés utilisés.

- **BSBAP en fonction de SR**

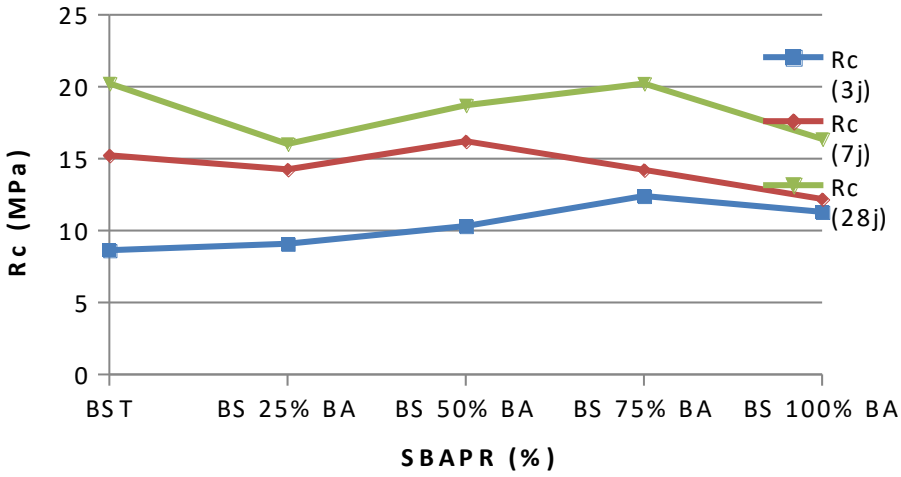


Fig. 3.5: la résistance a la compression des BS à base des béton autoplaçant

la figure présenter l'effet de béton recyclé sur la résistance e la compression e béton autoplaçant ages 3-7 et 28 j, on observer que la compression e béton recyclés de 25% dans le 3-7 est diminue et dans 28 j augmenté

la compression de béton recyclé diminué dans (3-7-28 j) a le pourcentage de béton recyclé 75% et 100%

- **BSBTR en fonction de SR**

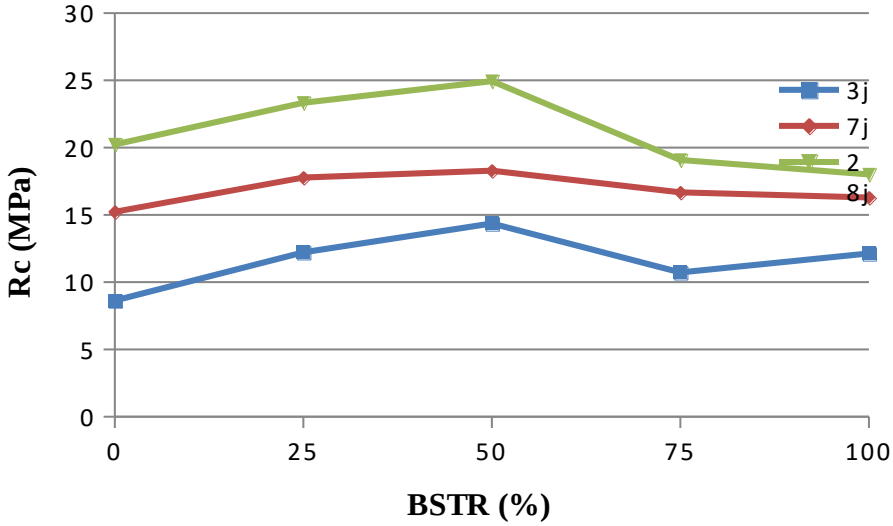


Fig. 3.6. La résistance à la compression des BSBTR en fonction de SR

La figure ci-dessus présente l'effet de béton recyclé sur la résistance a la compression de béton de sable aux différents âges : 3, 7 et 28 jours. D'après la figure 3.6 en remarque que le BS avec 50 % de BSTR donnent le meilleur résultat de la compression.

- **BSBAP en fonction du temps**

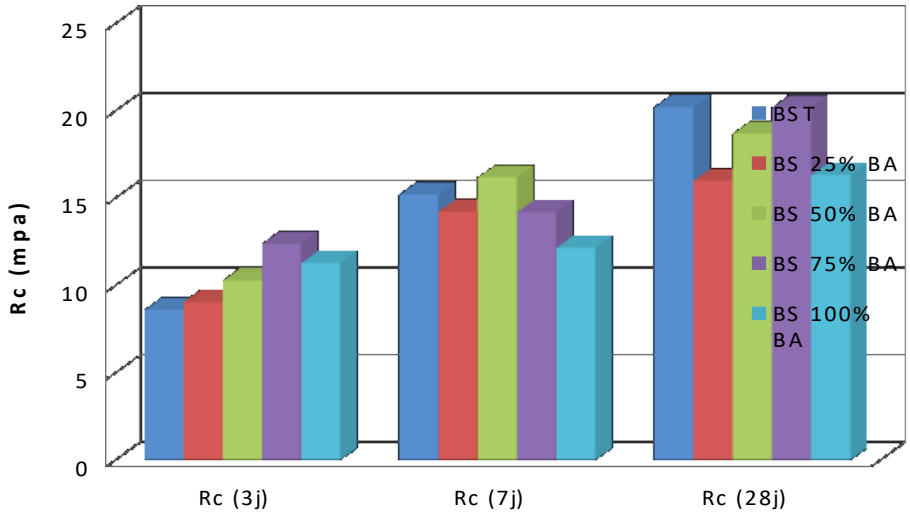


Fig. 3.7: la résistance à la compression des BSBAP en fonction de temps

ce figure ci-dessus répresente la résistance a la compression de BS à base de béton autoplaçant recyclé en fonction de temps on remarque la Rc elle est faible dans le premiere 3j e BAPR 25% (7j 28j) regulierment avec l'age est ne presentent aucun chute.

- **BSBTR en fonction du temps**

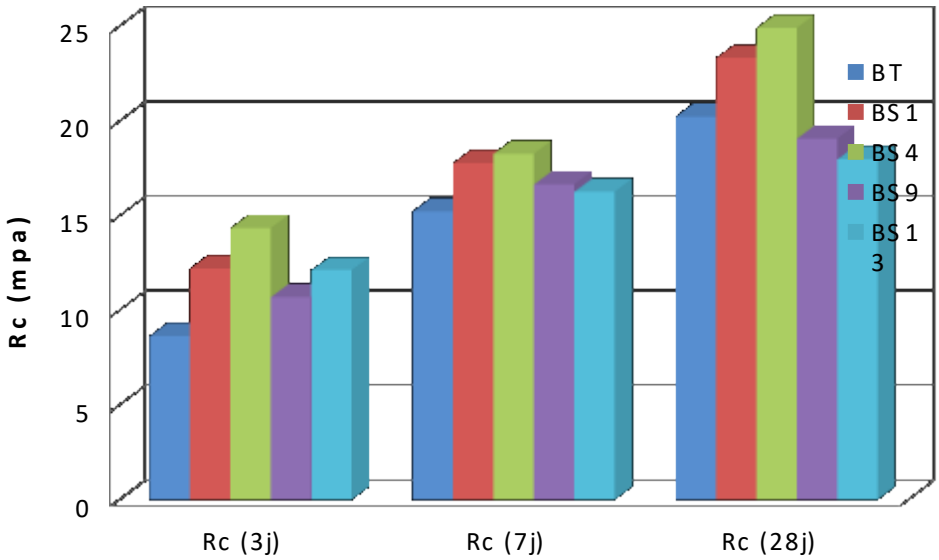


Fig. 3.8: la résistance à la compression des BSBTR en fonction de temps

la figure ci-dessus représente la résistance a la compression de béton BS à base de béton recyclé en fonction de temps, d'après la figure 3 en remarque que la résistance de tout type de béton augmentant régulièrement avec l'Age est présentent aucun chut on constant aussi la résistance de 3j -7j-28j

3.4.3 RESISTANCE A LATRACTION

Comme pour la compression, les essais de résistances à la traction par flexion du béton de sable a base des différents sables recyclé sont présentés dans les figures suivant.

- **BSBAP**

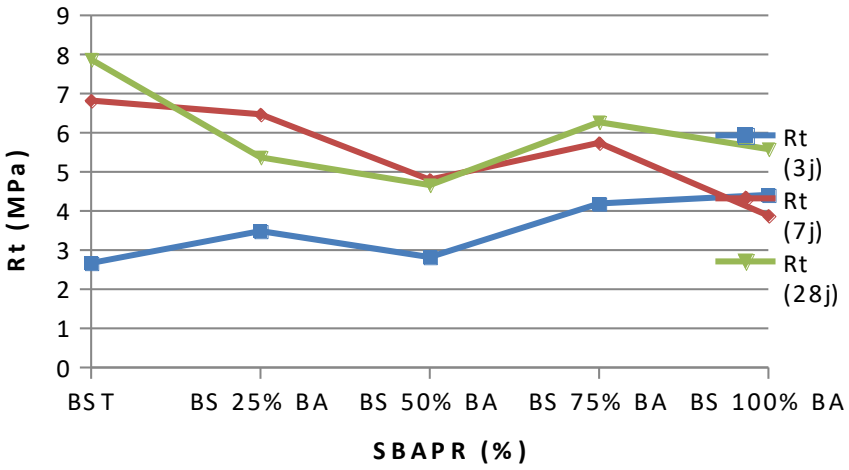


Fig. 3.9: La résistance de traction par flexion des BSBAP

la figure présente l'effet de béton recyclé par la résistance de traction par flexion de béton autoplaçant différents âges 3, 7 et 28 jours. On constate une chute de RT en fonction du pourcentage de la substitution en SBAP mais à partir de 50 une amélioration nette est soulignée avec un optimum de RT enregistré a 75%.

- **BSBTR**

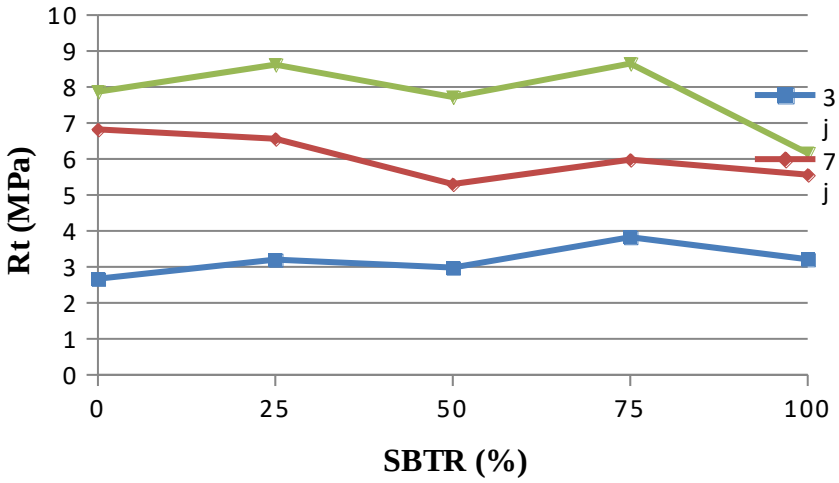


Fig. 3.10: La résistance de traction par flexion des BSBTR

De la figure 3.10 on peut juger que 25% de SBTR sont tolérables pour avoir un optimum de BSBTR et ceci en dépits des résultats trouvés a 75% qui semble inexplicables.

.

- **BSBAP en fonction du temps**

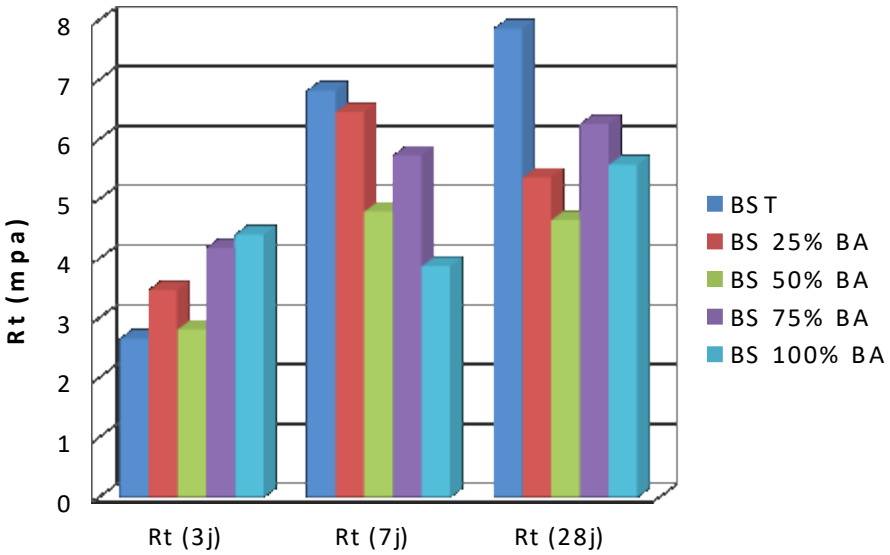


Fig. 3.11: la résistance de traction par flexion des BSBAP fonction de temps

D'après la figure ci-dessus en remarque que les résistance par flexion augmentant en fonction d'âge quel que soit le type de béton ceci est de développement d'hydrations de ciment en fonction de temps la meilleur résistance observer concevant u béton autoplaçant recyclé de l' age 28 j

- **BSBTR en fonction du temps**

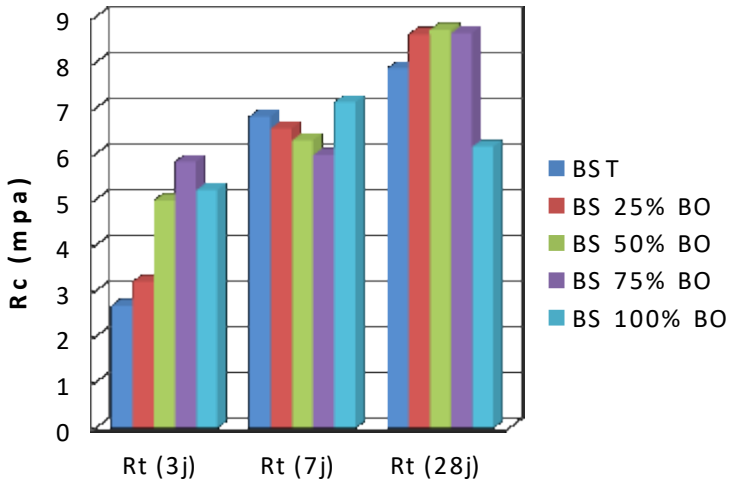


Fig. 3.12: la résistance de traction par flexion des BS à base de béton recyclés en fonction de temps

D'aprés la figure ci-dessus en remarque que les résistances de traction par flexion augmentant en fonction de l'age quel que soit le type de béton ceci est du development de l'hydratation de ciment en fonction de temps la meilleur résistance observée corespand au béton (BS) (de 7.8 de l'age 28j) la résistance traction elle est augmente

3.4.4 POROSITE

Les résultas d'essais de porosité des différents BS réalisés sont illustrés sur les figures suivantes.

- **BSBTR**

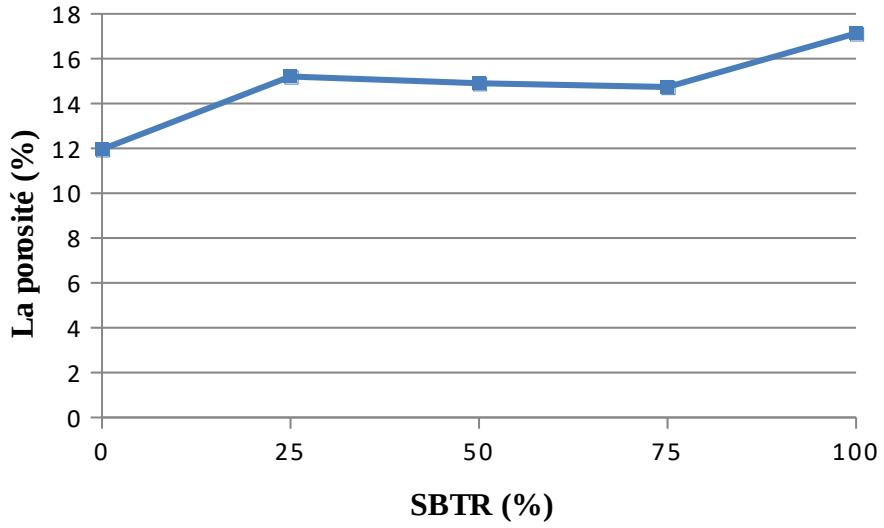


Fig. 3.13: la porosité des BSBTR

D'aprés les figures ci-dessus on remarque que la porosité des bétons de sable à base de béton recyclé est plus élevée que celle BT les résultats obtenus montrent aussi que la porosité est augmentée en fonction d'augmentation du pourcentage de béton recyclé le graphe montre que la porosité s'evolue en amplifiant le pourcentage de béton recyclé pour un pourcentage de 100% de béton recyclé révèle 30, 20 % alors que 25 % béton recyclé on 21.38 % dont différence est importante

❖ **BSBAP**

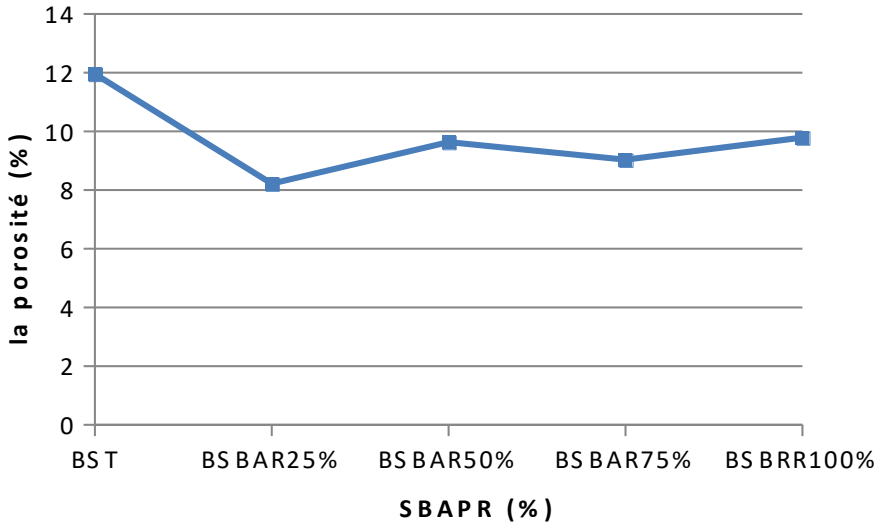


Fig. 3.14: la porosité des BSPAB

D'après les figures ci-dessus en remarque chute de la porosité du BSBAP qui se stabilise juste après 25% en SBAP. Cesi est confirmé a travers les résultats trouvés sur la résistance mécanique du même produit.

3.4.5 RELATION RESISTANCE POROSITE DU BS

Afin d'expliquer d'avantage les résultats précédentes trouvés, les figures suivantes résument la relation entre la resistance mécanique du BS avec sa porosité respective.

❖ **BSBTR**

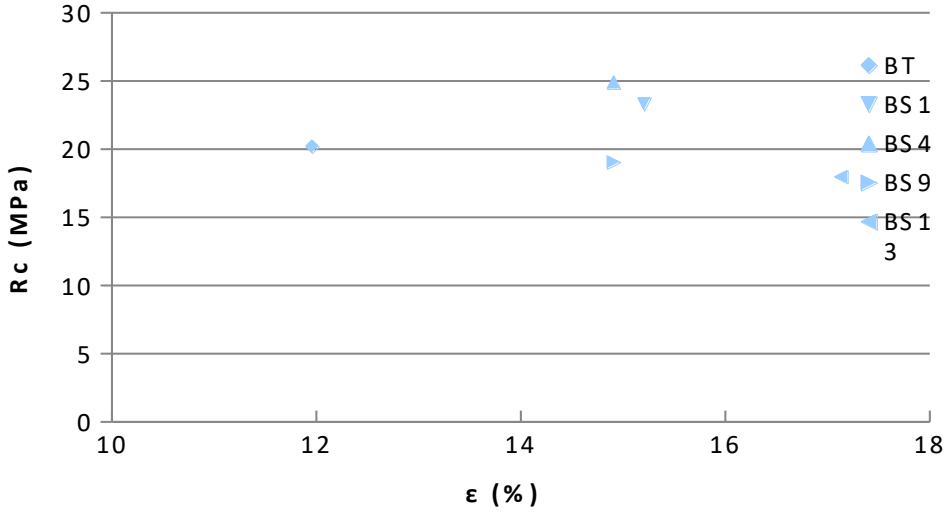


Fig. 3.15: la résistance a la compression des BSBTR en fonction de la porosité

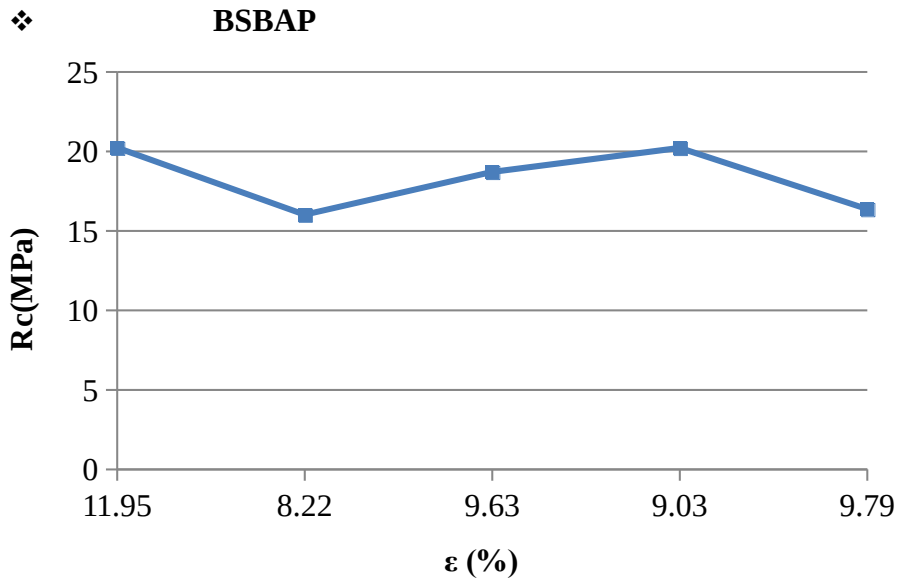


Fig. 3.16: la résistance a la compression des BS à base de autoplaçant recyclé en fonction de la porosité

3.5 ABSORPTION CAPILLAIRE

Les résultats 'absorption d'eau par capillarité des différents bétons de sable realisé son illustrées dans les figures 3.17 et 3.18 suivant :

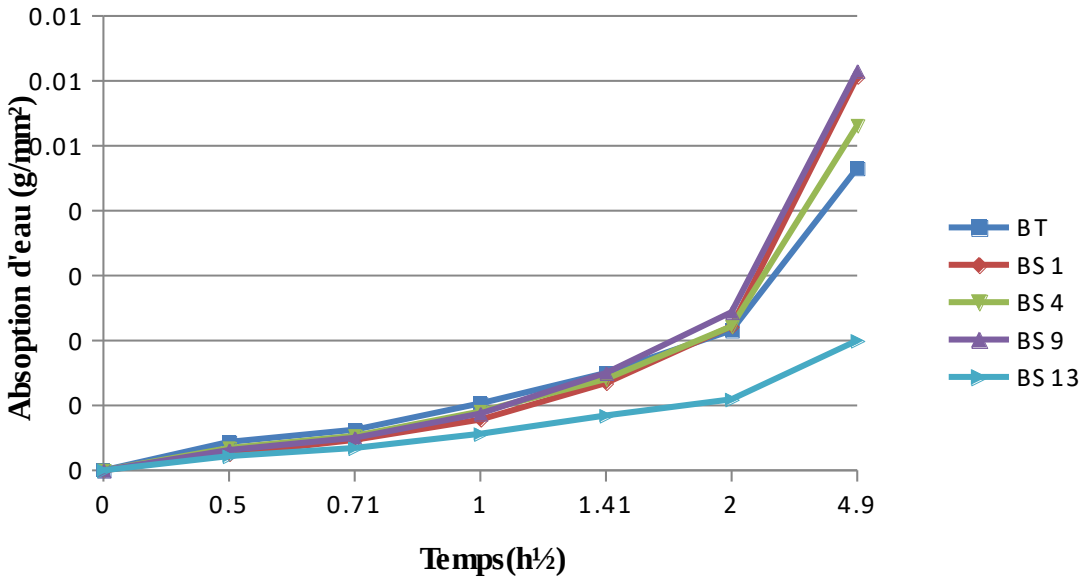


Fig. 3.17: absorption d'eau des BSBTR

D'aprés la figure 3.17 en remarque une augmentation de l'absorption des béton a base de béton recyclé (BS1 , BS4 , BS9) par rapport au béton témoin que (BS13) que diminue par rapport BT . cette augmentation est du l'augmentation de la porosité des bétons.

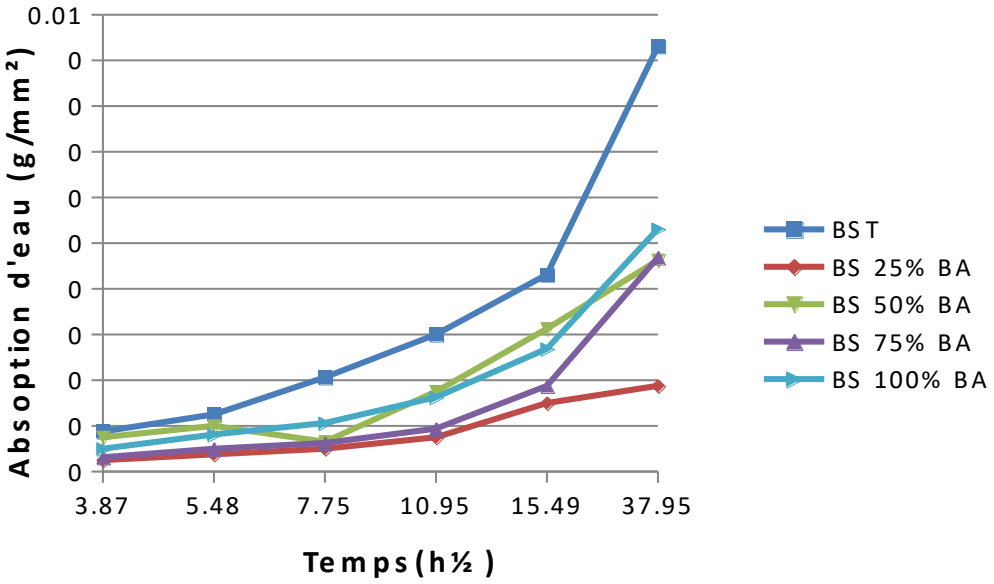


Fig. 3.18: absorption d'eau des BBSBAP

D'aprés la figure 3.18 en remarque que une augmentation de béton autoplaçant (BS50% BA, BS75% BA , BS100% BA) par rapport au béton témoin sauf que (BS 25% BA) qui diminue par raport BT , cette augmentation est due a l'augmentation de la porosité des bétons.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif principal de ce travail s'inscrit dans un thème de recherche très général pour améliorer les propriétés des matériaux locaux et la valorisation des déchets et sous-produits industriels dans le béton en générale et dans le béton de sable en particulier. A travers le travail expérimental réalisé en laboratoire et l'interprétation des résultats trouvés, les principales conclusions a retenir peuvent êtres résumés comme suite :

- ✓ Le matériel de production d'agrégats recyclés n'est pas très différents de celui de la production d'agrégats naturels. Le concasseur produit une bonne distribution de forme de grain d'agrégats recyclés comparables avec celle des agrégats naturels.
- ✓ La confection, la mise en œuvre et l'aspect des bétons de sable recyclés sont très comparables à ceux du béton de sable à base de sable naturels.
- ✓ Comme pour la compression, la résistance à la flexion des bétons recyclés chute au cours du temps et en fonction du pourcentage de substitution en sable recyclés.
- ✓ Une amélioration favorablement sur la maniabilité que sur la résistance a été observé sur les mélanges de bétons conçu avec les agrégats de démolition avec un dosage de 1% du (super plastifiant MEDAFLAW 145- GRANITEX).
- ✓ L'adjuvant fluidifiant influe favorablement sur les propriétés physiques et mécaniques des bétons recyclés.

RECOMMANDATIONS

Les observations et les analyses que nous avons effectuées dans le cadre de cette recherche pourraient mener à des développements futurs dans le domaine du recyclage des granulats recycles .pour cela on recommande les étudiants d'approfondir dans ces recherches et surtout d'étudier :

- L'effet des granulats recyclés employés dans cette étude sur la durabilité du béton de sable ;
- L'effet d'autre type de granulats recyclés le comportement du béton de sable ;
- L'influence des gros et fin granulats recyclés sur d'autre type de béton ;
- La rhéologie du béton de sable avec ces types de granulats recyclé ;
- Etude technicoéconomique de bloc de béton de sable à bse de sable recyclé.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] : Yagoub, Mohamed (2009) *Evaluation De La Qualite Du Beton De Fibres In Situ Cas De Beton Autoplaçant Avec Des Fibres Mixtes.* Masters Thesis, Universite Mohamed Khider - Biskra Algerie.

[2] : Gadri, Karima (2007) *Contribution A L'etude D'un Beton De Sable Avec Fibres Et Resine Destine Pour La Reparation Mince Des Structures.* Masters Thesis, Université Mohamed Khider - Biskra Algerie.

[3] : Melais.F <<effets de la nature fines d'ajouts et fibres>>, these présenter en vue de l'obtention du diplome de doctorat 3éme cycle, algérie 2016

[4] : Gadri, Karima (2007) *Contribution A L'etude D'un Beton De Sable Avec Fibres Et Resine Destine Pour La Reparation Mince Des Structures.* Masters Thesis, Université Mohamed Khider - Biskra Algerie.

[5] : abdoul.F <<etude de la posibilité d'utilisation de sable comme revetement de chausses>>, mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplome de master G.V , institut international d'ingenieur de l'eau de l'environement, algérie.

[6] : Achoura. D., «contribution à l'étude de la formulation et de la caractérisation des bétons de sable à base de laitiers de hauts fourneaux d'El-Hadjar», thèse de doctorat, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie, (2005).

[7] : Denis. A., Attar. A., Breysse. D., «effect of coarse aggregate on the workabilityof sandcrete», cement and concrete research, Vol 32, (2002).

[8] : Ndiaye. K.,« Optimisation des formulations des bétons de sable »,projet fin d'étude , université Cheikh Anta Diop, Thies, (1993),.

[9] : Achoura. D, Redjel. B., Jauberthie. R., «Durabilité des bétons de sable a base de laitier de haut fourneaux dans les milieux sulfatique»,1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries ENSET Oran (Algeria),October 12-14 (2009) .

[10] : Lawrence. P.,« sur l'activité des cendres volantes et des additions minérales chimiquement inertes dans les matériaux cimentaires », thèse de doctorat, Université Paul Sabatier,Toulouse III, France, (2000).

[11] : Rahmouni. Z., Belouadah. M., Tebbal. N.,«Influence des additions minérales sur les propriétés à l'état durci des bétons ordinaires à base de matériaux locaux »,XXXe Rencontres AUGC-IBPSA Chambéry, Savoie, 6-8 juin (2012).

[12] : « Sablocrete, béton de sable : caractéristiques et pratiques d'utilisation »,presses de l'école nationale des ponts et chaussées, France, (1994).
[13] : Benaissa. A.,« Déformation différée du béton de sable »thèse de doctorat degénie civil, université de bordeaux, France, (1992).
[14] : Ambroise. J., Pera. J.,«Relation entre les caractéristiques des fillers et les bétons de sable dans lesquels ils sont employés »,rapport de recherche, INSA de Lyon, France, (1992).
[15] : Ben Amara. D.,« Formulation et comportement d'un béton de sable de la région de Biskra renforce de fibre métallique »,mémoire de magister, Université de Annaba, Algérie, (2002).
[16] : ZEGHICHI, Leila (2006) *ETUDE DES BETONS BASIQUES A BASE DES DIFFERENTS GRANULATS.* thesis, Université Mohamed Khider Biskra.
[17] «Titre IV - Lutter contre les gaspillages et promouvoir l'économie circulaire - Ministère du Développement durable », sur developpement-durable.gouv.fr (consulté le 29 mai 2015).
[18] : Pepe, M. 2014. A conceptual model to design recycled aggregate concrete for structural applications1; thèse de doctorat.
[19] : Cudeville, A. 2011. Recycler le béton. Pour-la-science 408: 17–18.
[20] : DAO, D-T. 2012. (Multi-) recyclage du béton hydraulique. Thèse de doctorat.
[21] : Quebaud, M. 1996. Caractérisation des granulats recyclés. Etude de la composition et du comportement de bétons incluant ces granulats. Thèse de doctorat.
[22] : PN RECYBETON. 2011. RECYclage complet des BETONs. 54 p.
[23] : Hansen, TC. 1992. Recycling of demolished Concrete and Masonry. 159 p.
[24] : https://www.paprec.com › histoire-du-rec...
[25] : Les litrons de vin français dits « à étoile », normalisés, étaient acceptés indifféremment par n'importe quel fournisseur.« Litre 6 étoiles », sur www.abcduvin.com (consulté le 19 mars 2019).
[26] : Belin, P, Habert, G, Thiery, M, Roussel, N. 2013. Cement paste content and water absorption of recycled concrete coarse aggregates. Mater. Struct. 47: 1451–1465.
[27] : Butler, LJ, West, JS, Tighe, SL. 2014. Towards the classification of recycled concrete aggregates: influence of fundamental aggregate properties on recycled concrete performance. J. Sustain. Cem. Mater. 3: 140–163.
[28] : Yang, K-H, Chung, H-S, F.Ashour, A. 2008. Influence of type and replacement level of recycled aggregates on concrete properties. ACI Mater. J. 05-06: 289–296.

[29] : Domingo, a., Lázaro, C, Gayarre, FL, Serrano, M a., López-Colina, C. 2009. Long term deformations by creep and shrinkage in recycled aggregate concrete. Mater. Struct. 43: 1147–1160.
[30] : Chakradhara Rao, M, Bhattacharyya, SK, Barai, S V. 2010. Influence of field recycled coarse aggregate on properties of concrete. Mater. Struct. 44: 205–220.
[31] : Brito, J, Alves, F. 2010. Concrete with recycled aggregates: the Portuguese experimental research. Mater. Struct.
[32] : Malešev, M, Radonjanin, V, Marinković, S. 2010. Recycled Concrete as Aggregate for Structural Concrete Production. Sustainability 2: 1204–1225.
[33] : Kou, S, Poon, C, Etxeberria, M. 2011. Cement & Concrete Composites Influence of recycled aggregates on long term mechanical properties and pore size distribution of concrete. Cem. Concr. Compos.
[34] : Otsuki, N, ASCE, M, Miyazato, S, Yodsudjai, W. 2003. influence of recycled aggregate on interfacial transition zone, stength, chloride penetration and carbonatation of concrete. J. Mater. Civ. Eng. 15: 443–451.
[35] : Xiao, J, Li, W, Fan, Y, Huang, X. 2012. An overview of study on recycled aggregate concrete in China (1996–2011). Constr. Build. Mater. 31: 364–383.
[36] : Brito, J, Alves, F. 2010. Concrete with recycled aggregates: the Portuguese experimental research. Mater. Struct. 43: 35–51
[37] : Chakradhara Rao, M, Bhattacharyya, SK, Barai, S V. 2010. Influence of field recycled coarse aggregate on properties of concrete. Mater. Struct. 44: 205–220.
[38] : Bravo, M, de Brito, J, Pontes, J, Evangelista, L. 2015. Durability performance of concrete with recycled aggregates from construction and demolition waste plants. Constr. Build. Mater.
[39] : Hasaba, S, Mitsunori, K, Kazuyuki, T, Kunio, T. 1981. Drying shrinkage and durability of the concrete made of recycled concrete aggregates. Japan Concr. Inst. 3: 55–60.
[40] : « granulats recycles de substitution pour betonshydrauliques beton de demolition - dechets de briques - dechets de verre»chapitre 1 page 23 thèse de doctorat en sciences université des frères mentouri constantine 2017.
[41] : bourmatte nadjoua «granulats recyclés de substitution pour bétons hydrauliques » chapitre 1 page 18 université des frères mentouri constantine 2017.
[42] : Gadri, K (2008) Etude expérementale sur la compatibilité déformationelle des réparations en béton de sable , Université Mohamed Khider Biskra.

[43] : na 442, normes algérienne : "ciment - composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants", 1994, 2000.

[44] : NF P 18- 452, Normes AFNOR : « Béton- mesure du temps d'écoulement des bétons et des mortiers aux maniabilimètre », Mai 1988

[45] : NF EN 12350-6, 1999, « *Essai pour béton frais. Partie 6 : Masse volumique* », AFNOR

[46] : CEN EN 196-1, Normes AFNOR : « Méthodes d'essais des ciments – Partie 1 : détermination des résistances mécaniques (indice de classement P15- 471) », Aout 1995.

[47] : Norme Francaise, NF P 18-412 « Béton : Caractéristiques communes des machines hydrauliques pour essais de compression, flexion et traction des matériaux durs», Norme enregistrée, Déc. 1981.

[48] : NBN NE 13057, Normes Belge, « Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton-Méthodes d'essai-détermination de l'absorption capillaire», Octobre 1997, Mai 2002.