UNIVERSITE Dr. YAHIA FARÈS DE MÉDÉA

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie de la Matière

Filière : Génie Civil

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil

Option : structure

THÈME :

EFFET DE L'AGENT DE VISCOSITE SUR LES MORTIERS AUTOPLAÇANTS (MAP) A DIFFERENTS TYPES DE SABLE

Etudié par :
M^elle KHERROUB Ghania
M^elle ZIANE DJahida

Encadré par :

Pr.E.H.kadri

Dr.O. BOUKENDAKDJI.

Co-encadré :

M^elle dj.BOUKHELKHAL

Juin 2015

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu DIEU Miséricordieux qui m'a donné la force et la volonté d'achever ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur : Mr. **BOUKENDAKJI OTHMANE** pour ses conseils et son aide précieuse.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du département de génie civil qui nous ont offert tout ce savoir.

Nos gratitudes à tous les membres de jury qui nous ont font l'honneur de juger notre travail.

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à l'élaboration de ce projet surtout : **BOUKELKEL Djamila.**

On leur dit merci de tout notre cœur

Djahida et GHania

DEDICACE

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde après mon DIEU pour leurs sacrifices :

A Mes chers parents que dieu les gardes et préser

A Ma chère grande mère

A Mon chère grande père que je la souhaite une longue vie.

A Mes sœur : Djamila, Fatima, Ritadj.

A Mes frères : Omar, Mohamed.

A toute la famille KHERROUB.

Je remercie réalisation de ce modeste travail.

A Mes amies : Ouhiba, Sabrina, Fatima, Salima, Samia, mimi

A mon binôme et mon ami et sa famille (djahida) qui est m'aide infiniment.

A Mon promoteur Mr. O. BOUKENDAKDJI

AMa Co-promoteur BOUKHELKHAL Djamila, ingénieure de laboratoire pour son aide et son conseil.

Ames collègues2année master structure et matériaux de construction (promotion2015).

GHANIA KHERROUB

الإهداء

"وما توفيقي إلا بالله عليه توكلت واليه أنيب"

أحمدك ربي حمدا يليق بجلا ل وجهك وعظيم سلطانك والصلاة والسلام عليك يا سيدي رسول الله:

اهدي ثمرة جهدي إلى التي أوصاني بهاالله و رسوله عليه الصلاة والسلام فقال:أمك ثم أمك ثم أمك ثم أبوك...

إلى الحنونة التي حمتني وربتني وتعلمت منها معني الصبر اليكي أنت أمي الحبيبة "ذهبية" ولا تسعني أي عبارات لكي أعبر لها عن مدى مفخرتي بكي .

إلى لطالما حلمت أن أنادي عليه فأجده أمامي إلي المرحوم أبي "سعيد" رحمه الله .

وإلى اخوتي كمال .الحسين وسيدعلي وأختي نورة

إلى أعزاء:ميمي .سميرة.رزيقة .زهرة

نادو.حنان.وردة.فيفي.صبرينة.فطيمة.إيمان.حياة.

وإلى جدتي الزهرة وجدي الشيخ وخالي وخالاتي وأولادهم

إلى البراعم أسماء.ميدو.والمرحوم "بكر" والمرحومة"ايمان".

فايز.آية.ياسين.آلاء.روان.مروان.دعاء.لبنى.مريم.فطيمة.

إلى كل عائلة زيان .بيزيو.زاوي وزواني وبوجردة

وإلى صديقتي والمساهمة معي في انجاز هذا العمل "غنية"

إلى جميع زملاء الدراسة والى كل من ساهم في انجاز هذا العمل وأذكر بالأخص بوقلقال جميلة.

إلى كل خريجي جامعة يحي فارس بالمدية فرع هندسة مدنية دفعة 2015

زيان جهيدة

Résumé

Les bétons autoplaçants (BAP) sont connus comme étant des bétons très fluides, homogènes, qui se mettent en place sans vibration. Ces bétons sont élaborés selon une formulation spécifique : fort dosage en sable et en éléments fins, emploi de superplastifiant et éventuellement d'un agent colloïdal qui permet d'assurer l'homogénéité du mélange.

La formulation la plus connue est celle d'OKAMURA. Les BAP sont caractérisés par une fluidité importante et surtout par une diminution de la ségrégation et du ressuage.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'agent de viscosité sur l'ouvrabilité et les résistances mécaniques à compression des mortiers autoplaçants.

Pour cela on utilisera des mélanges à différents sables 0/5(sable de dune –sable corrigé -sable de concassage-sable normalisé), et avec des rapports E/C et de superplastifiant variables et on fera varier le taux en agent de viscosité.

Les résultats expérimentaux sur les propriétés rhéologiques (à l'état frais), ont montré que les mortiers (de sable corrigé) préparés avec l'agent de viscosité colloïdal, E/C=0.40 ont assuré une bonne ouvrabilité par rapport aux autres sables.

Tandis que du point de vue mécanique (à l'état durci), les bonnes résistances sont obtenus avec les mortiers à base de sable corrigé contenant l'agent colloïdale, qui est Considéré plus efficace comme rétenteur d'eau qui joue un grand rôle sur l'empêchement de mouvement de l'eau libre et la même chose pour le sable concassé mais son mortier donne une ségrégation légère.

Les mots clés

Mortier autoplaçant, agent de viscosité, Superplastifiant, sable, Ouvrabilité, résistance à la compression.

ملـخـص

الخرسانة المرصوصة ذاتيا معروفة كونها عالية المرونة أو السيولة، منسجمة، وتأخذ مكانها فقط بدون اهتزاز. هذا النوع من الخرسانة يحضر بطريقة خاصة: نسبة عالية من كمية الرمل والمواد العالية، استعمال مواد كيميائية (الملدنات الممتازة) تساعد على تماسك وليونة الخرسانة، التي تضمن تجانس الخليط. طريقة الخلط الأكثر شهرة هي طريقة أوكامورا. تمتاز الخرسانة المرصوصة ذاتيا بليونة عالية وخاصة نقص في الإفرازات المائية.

هدف هذا العمل هو دراسة تأثير عامل لدن اللزوجة على استجابة الخرسانة الريولوجية والخرسانة الصلبة مقاومة الانضغاط بالنسبة لخليط الرمل المضغوط. سوف نستخدم مختلف أنواع الرمل 5/0 (الكثبان الرملية-الرمل المصحح – الرمل الناتج عن تكسير الحجارة -الرمل الموصوف بالعادي) وتغير في الماء/إسمنت، والملدنات وتغير في عامل اللزوجة.

أظهرت النتائج التجريبية أن خليط الرمل المصحح المحضر بعامل اللزوجة كلوا يدال ، الما ء/إسمنت بقيمة 0.4 المتوصل إليها احسن ريولوجية بالنسبة للرمال الاخرى إلا أنه من ناحية دراسة الخصائص الميكانيكية ، سجلت نتائج ميكانيكية أحسن بالنسبة لخليط الرمل المصحح المحضر بكلوا يدال، من حيث حبس حركة المياه و امتصاصها ونفس الشيء بالنسبة للرمل الناتج عن تكسير الحجارة لكنه غير متجانس.

الكلمات المفتاحية

الخرسانة المرصوصة ذاتيا-عامل اللزوجة-الملدنات الممتازة المساعدة على المرونة-الرمل لين -مقاومة الانضغاط

ABSTRACT

Self-Compacting Concretes (SCC) are known as being very fluid, homogeneous concretes and get in place without vibration.

These concretes are elaborated according to a specific formulation: strong dosage in sand and in fine elements, use of superplasticizers and possibly of a colloidal agent that permits to inssure the homogeneity of the mixture.

The most known formulation is the one of OKAMURA. SCCs are characterized by an important fluidity and especially by a reduction of segregation and bleeding.

The objective of this work is to study the effect of the viscosity agent on the workability and the mechanical resistances of self-compacting mortars.

To do so, we have used different sands 0/5(Dune sands - Corrected Sands – Crushed Sands – normalized Sands) with variable W/C ratios and variable percentages of superplasticizers along with variation of quantities of the viscosity agent.

Experimental results have shown for fresh mortars, that mortars made with corrected sands with W/C=0, 4 and the colloidal viscosity agent, have given better workability than those with other types of sands. Wheras as far as compressive strength is concerned, corrected sand mortars with colloidal agents are the best, and are known as being good free water keepers. Same result is given with crushed sand mortars with small segregation.

The Key Word

Self-Compacting Mortar, Viscosity Agent, Sand, Workability, Compressive Strength.

RESUME

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

PREMIÈRE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : ÉLÉMENTS DE BIBLIOGRAPHIE SUR LES BETON AUTOPLAÇANTS

I.1.Historique ……..…..03

I.1.1. avantages techniques…….....03

I.1.2. avantages socio-économiques…….….03

I.2. Définition ……..04

I.3.Constituants du Béton Autoplaçant……..…….04

I. 3.1. Ciment ……..……..…...05

I.3.2. Granulats ……..…….....05

I.3.3. Eau……..06

I.3.4.Les adjuvant…….....06

I.3.4.1.Les superplastifiants……...06

I.3.4.2.Les agents de viscosité……...06

I.3.5.Les additions…….…06

I.4. Propriétés du Béton (BAP) à l'état frais……..…….....07

I.4.1. Capacité au remplissage ……...……..……...07

I.4.2. Résistance à la ségrégation …….……..…07

I.4.3. Capacité de passage ……...……..….07

I .5.Propriétés Mécaniques d'un BAP à l'état durci……...….08

I.5.1. Résistance mécanique ……..……...08

I.5.1.1.Résistance à la compression……08

I.5.1.2.Résistance à la traction..... 08

I.6.Formulation des Béton autoplaçants par la méthode générale……..….09

I.7. CONCLUSION ……..…10

CHAPITREII : PROPRIETE DU SABLE

II.1. INTRODUCTION 11

II.2.Définition d'un sable (selon la norme NA 523-1990) 11

II.3.origine et formation géologique 12

II.4.Composition minéralogique.....12

II.5.Composition chimique 12

II.6.Caractéristiques granulométriques.....13

II.7.Classification…… 13

II.7.1.Selon l'origine.....13

II.7.1.1 Les sables détritiques 13

II.7.1.2. Les sables éoliens ……14

II.7.2.Selon la provenance…….14

II.7.3.Selon la grosseur des grains.....14

II.7.4. Selon la masse volumique.....14

II.8. Propriétés des sable 14

II.8.1.Propriétés mécaniques.....14

II.8.1.1. Résistance des sables 14

II.8.1.2. la dureté des sables.....15

II.8.2.Propriétés physiques……...15

II.8.2.1. La masse volumique……..15

II.8.2.2. La densité.....17

II.8.2.3.porosité.....17

II.8.2.4. L'humidité des sable…….....18

II.8.2.5. La teneur en eau 19

II.8.2.6.Granulométrie d'un sable 19

II.8.2.7.module de finesse 20

II.8.2.8.Equivalent de sable 20

II.8.3. Propriétés physico-chimiques 21

II.8.3.1. L'absorption d'eau 21

II.8.3.2. La perméabilité 21

II.8.4. Propriétés thermiques 22

II.9. Les différents types de sable.....22

II.9.1.Sable normalise.....22

II.9.2.Sable de dunes 23

II.9.3. Sable de mer 24

II.9.4.Les sables d'oued.....24

II.9.5. Sable de concassage.....25

II.10.CONCLUSION 26

CHAPITRE III : MODE D'ACTION DES SUPERPLASTIFIANTS ET LES AGENTS DE VISCOSITE SUR L'OUVRABILITE DES BAP

III.1. INTRODUCTION 27

III.2 S**uperplastifiante** 27

III.2.1. propriétés des superplastifiants 27

III.2.2.Classification des superplastifiants.....27

III.2.3. L'emploi de superplastifiants.....28

III.2.4. Mode d'action des superplastifiants 28

1. Adsorption 29

2. Effet stérique ……..…….....29
3. Modification de la morphologie de certains hydrates ……..……...29
4. Adsorption sur les sites actifs ……...…….29
III.2.5. Adsorption des superplastifiants sur les grains de ciment …… ……..…30
1. Cas des polysulfonates (PS).....31
2. Cas des polycarboxylates.....32
III.2.6 Compatibilite ciment/superplastifiant…….……..……..……33
III.3. Les agent de viscosité ……..…….……...34
III.3.1. Propriétés des agents de viscosité…….……...…..…..34
III.3.2. Mode d'action des agents de viscosite……..…….…… 34
a. Adsorption ……..…….……34
b.Association…….…..…..……..……34
C. Chevauchement.....35
III.2.3.3. Effet des agents colloïdaux sur les BAP..... 35
III.3.3.1. Sur la stabilité ……..……35
III.3.3.2. Sur les propriétés rhéologiques des bétons …….…36
III.3.3. 3.Sur les propriétés mécanique…….……..…37
III.3.4. CONCLUSION…….…..……..…38

DEUXIÈME PARTIE: ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE IV: CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX ET MÉTHODES D'ESSAIS

IV.1. INTRODUCTION 39
IV.2. Caractérisation des matériaux utilises.....39
IV.2.1. Ciment 39
IV.2.2. Sables 40
IV.2.2.1.Le sable normalisé……...……40
IV.2.2.2 .sable de dune …….……41
IV.2.2.3. Le sable de concassage …….……..……41

IV.2.2.4. Le sable de corrigé ……41

IV.2.3.Eau de gâchage..... 42

IV.2.4. Les adjuvants chimiques 42

a. Le superplastifiant (PC).....42

b. Les agents de viscosités 43

IV.3.Formulation des mortiers autoplaçant……44

IV.3.1. Les variables étudiées……..…..……44

IV.4. Malaxage du mortier……45

IV.5.Méthodes d'essais.....46

IV.5.1. Les Essais……..……46

a-Masse volumique absolue……..…..……. 46

b- Equivalent de sable…….…..……47

c- Taux d'absorption des granulats……..48

d-Granulométrie……...……48

IV.5.1.2 Essais effectués sur mortier…….……..50

IV.5.1.2.1. A l'état frais……...……50

A. Essais d'étalement au mini-cône……...……50

A.1. Matériel nécessaire…….……50

A.2. Mode opératoire…….…….……50

B. Essai d'entonnoir en (V-funnel)……51

B.1 Matériel nécessaire ……..……51

B.2 Mode opératoire……..……..……51

IV.5.1.2.2. A l'état durci……..……..…..……52

A. Essai de traction…….…….……52

B. Essai de compression…….……53

IV.6. CONCLUSION……..……55

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1. Résultats expérimentaux à l'état frais.....56

V.1.1. INTRODUCTION…….....56

V.1.2.Les différentes types mortier témoin avec E/C=0.4.……..56

V.1.2.1Sable normalisé……..….56

V.1.2.2sable de Hassi Bahbah…….……58

V.1.2.3sable concassé…….……..….59

V.1.2.4sable corrigé…….……..…60

V.1.3.Les différentes types mortiers témoins avec E/C=0.45…..…..…62

V.1.3.1.sable normalisé…….……..…....62

V.1.3.2.sable de Hassi Bahbah…….……..…..64

V.1.3.3.Sable concassé…….……65

V.1.3.4.Sable corrigé…….……..…66

V.1.3.5. Sable Hassi Bahbah avec plusieurs valeurs d'E/C…..……...68

V.1.4. Comparaison des différents mortiers à l'état frais (Mortier témoin)…….…….69

V.1.4.1.sable normalisé.…….……..…..69

V.1.4.2. Sable Hassi Bahbah…….……....70

V.1.4.3. Sable concassé ……....……..71

V.1.4.4sable corrigé…….…..….72

V.1.5 Effet de l'agent de viscosité (MEDACOL BSE) sur les déférents types des sables avec E/C=0.4…….……73

V.1.5.1sable normalisé…….……..…..73

V.1.5.2.Sable concassé……..…….…....75

V.1.5.3Sable corrigé…….……....76

V.1.6 Effet de l'agent de viscosité (MEDACOL BSE) sur les déférents types des sables avec E/C=0.45…….……..77

V.1.6.1.Sable normalisé…….……77

V.1.6.2.Sable concassé……..……..….80

V.1.6.3.sable corrigé…….……...81

V.2. Résultats expérimentaux à l'état durci (résistance à la compression)……..……..83

V.2.1.Les différentes types mortier témoin avec E/C=0.4et E/C=0.45……83

V.2.1.1. Sable normalisé…….…...83

V.2.1.2. Sable de Hassi Bahbah ……..…… 84

V.2.1.3. Sable concassé…….86

V.2.1.4.sable corrigé……...……87

V.2.1.5. Comparaison du différents mortiers à l'état durci (Mortier témoin)..……89

V.2.2.Les différentes types mortier plus l'agent MEDACOL-BSE avec E/C varie….……..91

V.2.2.1. Sable normalisé……..……91

V.2.2.2. Sable concassé…….……..……93

V.2.2.3. Sable de Hassi Bahbah …….……..…..95

V.2.2.4. Sable corrigé …….....96

V.3. CONCLUSION……..…….99

CONCLUSION GENERALE……100

Liste de tableau

Chapitre II

Tableau. II.1. les familles des granulats…….……..…11

Tableau. II.2. représente les classés des sables selon la grosseur des grains.…….....12

Tableau. II.3. Composition chimique des différents sables ……...……13

Tableau. II.4. Valeurs préconisées pour l'équivalent de sable ……....21

Tableau II.5.Répartition des classes granulaires du sable normalisé (Selon la norme CEN EN 1961**)** ……22

Chapitre IV

Tableau IV.1.L'Analyse chimique et composition du ciment El Mâtin.....39

Tableau IV.2. Essai physiques sur ciment.....40

Tableau IV.3.Propriétés physiques d'identification des sables utilisés.....42

Chapitre V

Etat frais :

Tableau V.1. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable normalisé…..56

Tableau V.2 . Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable Hassi Bahbah

…….…..58

Tableau V.3. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable concassé..….59

Tableau V.4. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable **corrigé**..……...60

Tableau V.5. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable normalisé.….62

Tableau V.6. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable Hassi Bahbah

……..….....64

Tableau V.7. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable concassé…..65

Tableau V.8. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable corrigé…...…66

Tableau V.9. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable Hassi bahbah..68

Tableau V.10. Les étalements et les temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE, par rapport aux mortiers témoins(MNR)….……73

Tableau V.11. Les étalements et les temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE, par rapport aux mortiers témoins(MMG)…….……75

Tableau V.12. Les étalements et les temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE, par rapport aux mortiers témoins (MCR)……..……..76

Tableau V.13. Les étalements et les temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE……..……..77

Tableau V.14. Les étalements et les temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOLBSE, par rapport aux mortiers témoins(MMG)……..……80

Tableau V.15. Compositions et résultats des étalements et temps d'écoulement pour le mortier témoins avec E/C=0.45pour sable corrige réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOLBSE……...……..…...……...…….81

Etat durci :

Tableau V.16. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable normalisé…….……83

Tableau V.17. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable de Hassi Bahbah…..….84

Tableau V.18. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable concassé……..…86

Tableau V.19. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable corrigé avec variation de l'E/C……..……87

Tableau V.20. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable normalisé (E/C=0.4)…….. 91

Tableau V.21. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable normalisé (E/C=0.45)…….……92

Tableau V.22. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable concassé……..……94

Tableau V.23. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable de Hassi Bahbah avec variation de l'E/C…….……96

Tableau V.24. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable corrigé…….……97

Liste des Figures

Chapitre I

Figure I.1. Composition d'un béton ordinaire (BO) et d'un BAP.....05

Chapitre II

FigureII.1. Volume réel d'un matériau (Volume hachuré = Volume réelle)…….……16

FigureII.2. Volume absolu d'un matériau (Volume hachuré =Volume absolu(sans pore))…….….16

Figure II.3. Volume apparent d'un matériau 17

Figure II.4 . Courbe granulométrique d'un sable.....19

Figure II.5. Sable normalise CEN 1.....…23

Figure II.6. Courbe granulométrique du sable normalise selon la norme…….….23

Figure II.7.Représente le sable de dune……24

Figure II.8. représente le sable de mère…….24

Figure II.9. représente le sable d'oued.....25

Figure II.10. représente le sable de concassage.....26

Chapitre III

Figure III.2 . Grains de ciment défloculés en présence du superplastifiant ……..29

Figure III.3. Effet du superplastifiant sur les grains de ciment par le phénomène de dispersion…….30

Figure III.4. Adsorption d'un polymère à la surface d'une particule ……....31

Figure III.5 . Répulsion électrostatique entre deux particules de ciment**……**31

Figure III.6. Représentation schématique du phénomène de répulsion stérique **……**32

Figure III.7. Particules de ciment recouvertes de polymères à fort encombrement stérique ……...33

Chapitre IV

Figure IV.1. ciment portland compose " matine "....40
Figure IV.2. Sable nor**m**alisé....40
Figure. IV.3. Sable de Hassi Bahbah....41
Figure IV.4 Sable de MONT GORNO....41
Figure IV.5 le superplastifiant MEDAFLOW 145....42
Figure IV.6. Agent de viscosité (LE MEDACOL BSE)……43
Figure IV.7. Malaxeur à mortier....46
Figure IV.8.Séquence de malaxage du mortier....46
Figure IV.9. Les éprouvettes de mesure....47
Figure IV.10. Procédure de mesure de l'équivalent de sable....48
Figure IV.11. Les différents repères de l'essai d'équivalent de sable....48
Figure IV.12. Séries de tamis....49

Figure IV.13 Granulométrie de déférant sable utilisé....49
Figure IV.14. Essai d'étalement du mortier....50
Figure IV.15. Essai d'entonnoir en V (V-funnel) pour mortier....51
Figure IV.16. Confection des éprouvettes 52
Figure IV.17.Essai de traction par flexion... 52
Figure IV.18. Essai de compression....53
Figure IV.19.diagramme des essais réalisés sur mortier....54
Figure IV.20. diagramme des essais réalisés sur le béton à l'état durci....55

Chapitre V

Etat frais :

Figure V.1. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé……57

Figure V.2. Variation du temps d'écoulement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé……..57

Figure V.3. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçants à base du sable Hassi Bahbah ……58

Figure V.4. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base de sable concassé……..…..59

Figure V.5. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base de sable corrigé…….…..60

Figure V.6. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MCR) en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant……...61

Figure V.7. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçants à des différents sables……..……61

Figure V.8. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MCR), en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant …….…….62

Figure V.9. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé…….…….……...63

Figure V.10. Variation du temps d'écoulement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers à base du sable normalisé …….…63

Figure V.11. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable de Hassi Bahbah……...64

Figure V.12. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé……65

Figure V.13. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé…….……..66

Figure V.14. Variation du temps d'écoulement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers à base du sable corrigé …….……..….67

Figure V.15. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base des déférents sables…….…67

Figure V.16. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable Hassi bahbah…….……68

Figure V.17. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en SP en fonction d'augmentation du Sp et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base du sable normalisé …….…69

Figure V.18. Evolution du temps d'écoulement sur les deux mortiers témoins en SP à la fonction d'augmentation en SP et en rapport deE/C (0,4 à 0,45) à base du sable normalisé……...…..70
Figure V.19. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en SP à la fonction d'augmentation du SP et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base du sable Hassi bahbah……....70
Figure V.20. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en SP à la fonction d'augmentation du Sp et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base du sable concassé…….....….71
Figure V.21. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en SP à la fonction d'augmentation du sp et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base du sable corrigé……...…72
Figure V.22. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MNR), en fonction d'augmentation du dosage de la viscosité (MEDACOL BSE) et en fonction d'augmentation en dosages du SP……..73
Figure V.23. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MNR), en fonction d'augmentation en dosage du viscosité (MEDACOLBSE), et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant……..…....74
Figure V.24. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MMG), en fonction d'augmentation en dosage de la viscosité (MEDACOLBSE) et à la fonction d'augmentation en dosages du SP……...…75
Figure V.25. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MCR), à la fonction d'augmentation en dosage de la viscosité (MEDACOLBSE) et en fonction d'augmentation en dosages du SP……...76
Figure V.26. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers (SCR), en fonction d'augmentation en dosagede la viscosité (MEDACOL BSE), et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant……..**.....**77
Figure V.27. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MNR), En fonction d'augmentation en dosage de la viscosité (MEDACOL BSE) et en fonction d'augmentation en dosages du SP……...78
Figure V.28. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers normalisé en fonction d'augmentation en dosage de la viscosité (MEDACOLBSE), et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.…….……79

Figure V.29. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MMG), au fonction d'augmentation en dosage de la viscosité (MEDACOLBSE) et au fonction d'augmentation en dosages du SP……..…...…80

Figure V.30. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MCR), à la fonction d'augmentation en dosage de la viscosité (MEDACOLBSE) et à la fonction d'augmentation en dosages du SP…….……..81

Figure V.31. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MCR), au fonction d'augmentation en dosage du viscosité (MEDACOLBSE), et au fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.……...…….……..82

Etat durci :

Figure V.32. Variation du Résistance à la Compression à7jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé……...…83

Figure V.33. Variation du Résistance à la Compression à28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplasant à base du sable normalisé…….…..…….84

Figure V.34. Variation du Résistance à la compression à7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplasant à base du sable de Hassi Bahbah…….…....85

Figure V.35. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable de Hassi Bahbah…….…....85

Figure V.36. Variation du Résistance à la compression à 7jours en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé…….……86

Figure V.37. Variation du Résistance à la Compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé……..…..…..87

Figure V.38. Variation du Résistance à la compression à 7jours en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplasant à base du sable corrigé…….…...88

Figure V.39. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé……..……..88

Figure V.40. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplasant à base du différent sable……..89

Figure V.41. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du différente sable……89

Figure V.42. Variation du Résistance à la compression à 28 j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du différent sable…….....……..90

Figure V.43. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du différente sable…….....90

Figure V.44. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0.4…….91

Figure V.45. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0.4……..…..92

Figure V.46. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0.4……...…..93

Figure V.47. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0.45…….…..93

Figure V.48. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé avec E/C=0.4…….….94

Figure V.49. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé avec E/C=0.45…….....95

Figure V.50. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé avec E/C=0.4……..95

Figure V.51. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplasant à base du sable concassé avec E/C=0.45…….……96

Figure V.52. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable de hassi bahbah avec variation de l'E/C……..……97

Figure V.53. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé avec E/C=0.40…..….……98

Figure V.54. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé avec E/C=0.45……...….98

Figure V.55. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé avec E/C=0.40……...…99

Figure V.56. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplasant à base du sable corrigé avec E/C=0.45……..…..…99

Notations et Symboles

BAP	Béton autoplaçant
BO :	Béton ordinaire
CaO	la chaux
Si_2O_3 :	la silice
Al2O3	L'alumine
Fe_2O_3	l'oxyde de fer
MgO	la magnésie
K_2O	les alcalins
SO3 :	Sulfates
G :	Gravier
G_{lim}	Volume absolu 1 m^3 de gros granulats
A	La quantité d'air
S	Le volume de fins agrégats
D	Fluidité du mortier
d	Diamètre de la galette
d0	Base de cône
T	Viscosité du mortier
t	Temps d'écoulement
LCPC	laboratoire central des ponts et chaussée
d/D	Classe granulaire
SI	le système international
ρ	La masse volumique
M	la masse sèche
V	volume d'un corps
D	la masse de l'échantillon séché au four
B	la masse du récipient rempli d'eau
A	la masse du récipient contenant l'échantillon et complété avec de l'eau
P	La porosité
W	La teneur en eau
E :	poids d'eau dans le matériau
P_s	poids du matériau sec
P_h :	poids matériau humide

ES	l’équivalent de sable
ESP	L'équivalent de sable à piston
ESV	L'équivalent de sable à vue
H_2' - H_2	Hauteur du sable propre seulement
H_1	Hauteur du sable propre avec des éléments fins
Ab= AG	**L'absorption d'eau**
PMS	Le polymère de mélamine sulfonate
PNS :	Le polymère de naphtalène sulfonate
LS :	Les lignosulfonates modifiés
C_3A :	Aluminates tricalciques
PS :	**polysulfonates**
PC	**polycarboxylates**
POE	polyoxyéthylène
HPMC	l’hydroq de propylène méthyle cellulose Dosage en eau
E/C	Le rapport eau/ciment
$CP - CEM\ II/A$ 42.5 NA	Le ciment portland composé classe II/A avec résistance 42.5
	Norme Algérienne
$C3S$	Silicates tricalciques (alite)
S	Le sable S/M
S/M	Le rapport sable/mortier
SP/C	Le rapport superplastifiant/ciment
$\rho\ abs$	Masse volumique absolue
c	Compacité
$\rho\ app$	Masse volumique apparent
Cu	Le coefficient d’uniformité
Cc	Le coefficient de courbure
Mf	Le module de finesse
σt	La contrainte de flexion
M	Moment de flexion entre les deux points
I	Moment d’inertie de la section transversale
v	La distance de la fibre inférieure la plus éloignée
σ_c	La contrainte de compression
fc28	La contrainte de compression

F_C	La charge de rupture.
RC	Résistance à la compression
Rtf	Résistance à la Traction par flexion

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

A. Généralités

Le béton est actuellement l'un des matériaux de construction les plus utilisés à travers le monde. La simplicité de sa fabrication et de sa mise en place, son faible prix de revient et les performances mécaniques et de durabilité qu'il assure ont légitimé son utilisation pour réaliser des ouvrages les plus divers, notamment des bâtiments, des immeubles d'habitation, des ponts, des routes, des barrages, des centrales thermiques et nucléaires, etc.

Actuellement, il existe plusieurs types de bétons tels que : Béton Autoplaçant (BAP), Béton à Hautes Performances (BHP), Béton à Très Hautes Performances (BTHP), Béton de Fibres (BF) et Béton de Poudres Réactives (BPR) ; alors on parlera des bétons et non plus du béton, dont chacun est approprié à certains types d'ouvrages selon les exigences.Les premiers BAP ont été confectionnés avec des ajouts de fluidifiants réduisant ainsi le rapport eau sur ciment (E/C) du béton. Les plastifiants ou les superplastifiants confèrent au béton une grande fluidité, puisqu'ils s'adsorbent à la surface des particules de ciment et agissent par effets stérique et électrostatique pour disperser ces particules. Cette fonction diminue d'une part le phénomène de floculation du ciment au contact de l'eau, et augmente d'autre part la proportion d'eau libre dans la suspension **[1].**

Dans un premier temps intéressons-nous aux recherches actuelles sur les Bétons Autoplaçants, et on constate qu'un des principaux points critiques est également le comportement rhéologique lors de la mise en place. La maîtrise de ce comportement pose des problèmes pointus de composition car il faut jouer sur des paramètres antinomiques de viscosité et de fluidité pour éviter les écueils que sont soit la ségrégation des granulats soit le blocage du béton dans les grilles d'armatures [2].

Le béton autoplaçant (BAP) se caractérise par une mise en place ne nécessitant aucune vibration, une grande déformabilité et une capacité de remplir des sections densément ferraillées avec des formes complexes.

Le béton autoplaçant (BAP) est un béton doit être capable à passer à travers les armatures les plus serrées avec, cependant, une vitesse dépendante de la viscosité du mélange. Pour remplir cette condition, le béton doit être très fluide, c'est-à-dire très déformable.

Seulement, la fluidité n'est pas la seule propriété recherchée, car il faut bien s'assurer de l'homogénéité de l'ensemble pâte-granulats. De façon corollaire, le mélange du BAP doit être très cohésif et très stable lors de la mise en place et cela jusqu'à son durcissement. Ceci implique que le BAP doit présenter le minimum de tassement et de sédimentation des particules solides et éviter de présenter un ressuage trop fort, car cela génère une hétérogénéité des propriétés mécaniques, telle qu'une chute d'adhérence des armatures en partie supérieure des levées par rapport à celles situées en zone inférieure lors du coulage.

Une bonne stabilité liée, entre autres, à la viscosité du mortier et de son seuil de cisaillement nécessite soit l'ajout d'un agent de viscosité afin d'améliorer la cohésion de l'ensemble, soit d'augmenter la teneur en matière cimentaire et de réduire la teneur en eau libre. Aussi une bonne stabilité peut être liée à une optimisation de la compacité granulaire. et d'autre part, le risque de nuire à la capacité de remplissage, propriété très recherchée pour ce genre de béton.

En fonction de ces différentes tendances de recherche récentes sur les bétons, une problématique de recherche innovante et intéressant certains industriels, notamment dans la préfabrication est apparue.

B.Objectifs

Le premier objectif de cette étude sera l'effet de l'agent de viscosité sur l'ouvrabilité et les résistances mécaniques des mortiers autoplaçants.

Le deuxième objectif dans cette étude sera de comparerces effets sur des mélanges à différents types de sables 0/5(sable de dune –sable corrige -sable de concassé-sable normalisé, et avec des rapports E/C et de superplastifiants variable et on fera varier le taux en agent de viscosité.

C.Plan de Travail

Le mémoire synthétisant notre étude est présenté en deux parties :

La première partie C'est l'étude bibliographique comportant trois chapitres :

- Le premier chapitre concernant les propriétés principales des bétons autoplaçants
- Le deuxième chapitre est consacré à différents type de sable
- Le troisième chapitre concernant le mode d'action de superplastifiants et des agents de viscosité sur l'ouvrabilité des BAP.

- La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale :

- Le quatrième chapitre a été consacré aux caractéristiques des matériaux utilisés et les formulations qui ont été adoptées pour réaliser le travail expérimental dans le cadre de cette étude. Ensuite, nous exposons aussi les différents essais caractérisant le mortier à l'état frais.
- Le chapitre Cinq est consacré à l'analyse et la discussion des résultats des différents essais réalisés.

Enfin une conclusion générale ainsi que des recommandations sont données pour de futurs travaux

PREMIÈRE PARTIE ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

ELEMENTS DE BIBLIOGRAPHIE SUR LES BETON AUTOPLAÇANTS

I.1.Historique et Développement

Le béton autoplaçant BAP est désormais connu comme un béton très fluide, homogène, qui se met en place sous le seul effet de la gravité. Son développement a commencé au Japon à la fin des années 1980 pour des raisons économiques (réduction de la main d'œuvre, rapidité de mise en place) et s'est progressivement répandu dans le reste du monde. En effet, la qualité de matériau autoplaçant confère au béton plusieurs avantages techniques et socio-économiques par rapport au béton ordinaire **[3]:**

I.1.1. Avantages techniques

Avec l'apparition des BAP, les opérations traditionnelles de coulage, d'étalement, de talochage et de surfaçage se réduisent à une étape de coulage suivie d'un débullage dans le cas des applications horizontales. Pour les opérations verticales, les divers déplacements sur les banches, à travers trappes et échelles, sont réduits de manière significative. On peut résumer les avantages techniques dans les points suivants :

- Facilité et rapidité dans la mise en œuvre du béton (coulage en un seul point, augmentation du débit de béton pompé).
- Bétonnage en milieux fortement ferraillés.
- Amélioration de la qualité des parements et de l'enrobage des aciers.
- Réalisation d'éléments de forme plus complexe.

I.1.2. Avantages socio-économiques

Nous avons vu que la fluidité des BAP est telle qu'il n'est plus nécessaire de les vibrer pour les mettre en œuvre. La suppression de la phase de vibration est particulièrement bénéfique pour les personnes chargées de la mise en place, puisque cela implique :

- une diminution du bruit sur site
- une diminution de la pénibilité des tâches
- une réduction des risques d'accident
- Réduction du coût de la main d'œuvre.
- Absence de systèmes de vibration (intérieurs ou extérieurs) réduisant ainsi les coûts et les nuisances sonores dans et au voisinage du chantier.

- Réduction du temps de bétonnage et des besoins de ragréage.

Toutefois, certains points restent à surveiller dans l'utilisation du béton autoplaçant :

- Augmentation du coût des matières premières, par la présence des nouveaux adjuvants, et des différentes additions minérales.
- Compatibilité des matériaux.

1.2. Définition

Les bétons autoplaçants (BAP), sont encore à l'heure actuelle qualifiés de « nouveaux bétons » car leur utilisation reste modeste bien qu'ils possèdent un fort potentiel de développement **[4].**

La fluidité des bétons autoplaçants est due à une qualité de fine élevée et à l'utilisation des superplastifiants. Ces adjuvants spécifiques issus de téchnologie moléculaire récente permettent de réduire de manière importante le volume d'eau, tout en conférant au béton autoplaçant une importante fluidité, ils assurent aussi le maintien de l'ouvrabilité du béton durant un temps déterminé. Une nouvelle famille d'adjuvants, appelés agents de viscosité, entre également parfois dans la formulation des BAP qui vont donner une viscosité à la pâte **[5].**

L'utilisation du béton autoplaçant dans un chantier est une réponse adaptée à plus d'un titre : réponse téchnique (densité d'armature, remplissage des coffrages complexes), réponse esthétique (qualité de parement, uniformité de teinte) et réponse économique, qu'il s'agisse de délais à respecter ou d'amélioration des conditions de travail. Cette dernière réponse apportée à différentes contraintes de chantier fait du béton autoplaçant un béton considéré comme un béton universel, un béton pour tous **[6].**

I.3.Constituants du Béton Autoplaçant

Les BAP sont des bétons à quatre composants : les granulats, le liant, l'eau et les ajouts. Les granulats et le ciment utilisés pour un BAP sont les mêmes que ceux utilisés pour la fabrication d'un béton ordinaire. Ce qui particularise la composition des BAP, c'est la proportion des différents constituants et non pas leurs propriétés. En plus des granulats, la formulation d'un BAP se distingue par la présence d'un ajout chimique et /ou minéral. **[7,8]** Les constituants de base d'un béton ordinaire sont le ciment, l'eau et les granulats. Les différents constituants proposés pour composer les bétons autoplaçants, en plus du ciment

et de l'eau dosés de manière à obtenir une résistance mécanique donnée, sont : Les granulats, les fines, le superplastifiant et parfois l'agent de viscosité.

La figure I.1 présente la comparaison entre la composition d'un béton fluide autoplacant et d'un béton ordinaire.

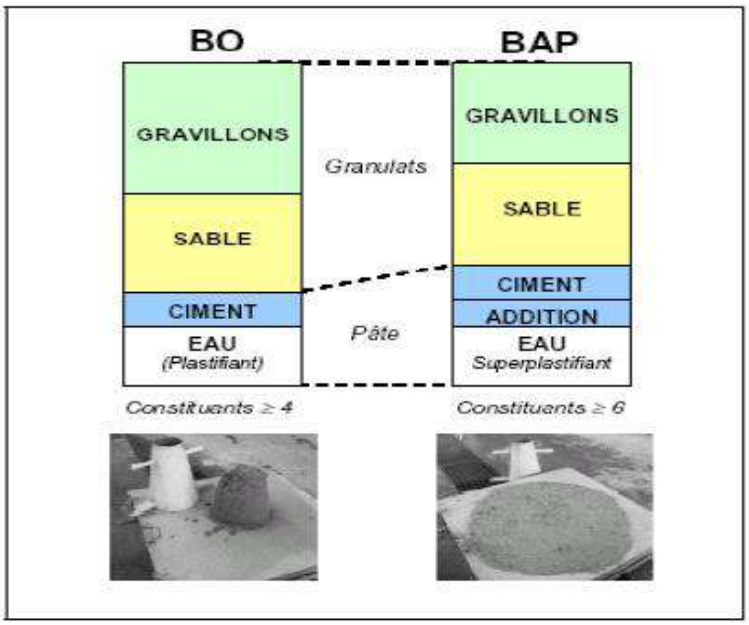


Figure I.1. Composition d'un béton ordinaire (BO) et d'un BAP.

Aspect à l'état frais d'un BO et d'un BAP

I.3.1. Ciment

Le ciment est un liant hydraulique, matière inorganique. Il se présente sous l'aspect de poudre fine qui, gâchée avec de l'eau forme une pâte faisant prise et durcit par suite de réaction et processus d'hydratation. Après durcissement, le ciment conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau [**9].** Le ciment est composé de silicate et d'aluminate de calcium, ces composants résultent eux même de combinaison de différents oxydes à savoir: la chaux Cao, la silice Si_2O_3, l'alumine Al_2O_3 et l'oxyde de fer Fe_2O_3. Ces derniers se trouvent dans la nature sous forme de minéraux constitués principalement de calcaire et d'argile. Les matières premières contiennent aussi d'autres éléments tels que la magnésie Mgo, les sulfates, les sulfures, les alcalins K_2O et Na_2O avec des Taux très limités **[10].**

I.3.2. Granulats

Les granulats (sable et gravier) constituent le squelette du béton. Ils sont définis comme un ensemble de grains minéraux de dimensions comprises entre 0 et 125 mm **[6].**

dont l'origine peut être naturelle, artificielle ou provenant de recyclage. Ces matériaux sont quelque fois encore appelés "agrégats".

I.3.3. Eau

L'eau utilisée pour la formulation du béton ne doit pas présenter un excès d'impuretés qui peuvent détériorer les propriétés des bétons (résistance, corrosion des armatures, etc.). Une partie de l'eau ajoutée au béton est mobilisée par les granulats (absorption, adsorption), alors qu'une deuxième partie est consommée par l'hydratation, et une troisième partie reste libre dans la matrice du béton. Cette dernière est principalement responsable de la fluidité du béton.

I.3.4. Les adjuvants

Les adjuvants sont des produits chimiques qui ajoutés au béton en faible quantité lors du malaxage ou avant leur mise en œuvre permet d'améliorer certaines propriétés ou qualités souhaitées soit sur le béton frais . Il n'a ni pour mission ni pour effet de faire un bon béton à partir d'un mauvais dosage ou d'une mise en œuvre défectueuse.

I.3.4.1.Les Superplastifiants

Les superplastifiants permettent d'obtenir des bétons très fluides en réduisant les frottements entre grains de ciment et en libérant une certaine quantité d'eau. Ces fluidifiants sont identiques à ceux employés pour les autres types de béton, à savoir des polymères de type polycarboxylate, polyacrylate/polyacrylate ester acrylique **[11]**

I.3.4.2. Les agents de viscosité

En général les agents de viscosité utilisés sont des polysaccharides hydrosolubles [12]. Khayat **[12]** ont fixé 3 catégories générales pour les agents de viscosité:
Les polymères naturels, semi-synthétiques et synthétiques. Les agents de viscosité possèdent un rôle très important pour maintenir la stabilité des mélanges cimentaires. Ils assurent une cohésion entre les différentes phases d'un mélange, augmentant ainsi la résistance à la ségrégation des mélanges, et empêchent les mouvements libres d'eau, réduisant le ressuage.

I.3.5.Les additions

Les additions sont des matériaux en fines particules qui peuvent être ajoutés en quantités limitées pour influencer certaines propriétés ou obtenir des propriétés particulières. Ils sont à prendre en compte dans la composition volumétrique. Les chercheurs peuvent distinguer les additions à caractère hydraulique latent (Ex: cendre volantes…). Ces additions doivent bien sûr être sans danger pour le béton.

I.4. Propriétés du Béton Autoplaçant à l'état frais

Les propriétés générales d'un béton autoplaçant frais sont : la fluidité et l'homogénéité. Ces propriétés sont étudiées sur plusieurs aspects, et peuvent se diviser en trois critères mesurables par des tests empiriques ces critères sont : la capacité au remplissage, la résistance à la ségrégation, et la capacité de passage **[13]**.

I.4.1.capacité au remplissage

Le remplissage du béton, ou la déformabilité, est un critère qui découle directement de sa fluidité. Le béton autoplaçant est capable de remplir les vides et les espaces difficiles dans un milieu confiné, et sans sollicitations (vibrations externe ou interne). Le remplissage est observé sous deux aspects : la capacité de remplissage et la vitesse de remplissage. Le premier aspect est lié à la capacité de déformation du béton, il traduit le pourcentage rempli ou la distance atteinte dans l'espace. Le second est lié à la vitesse de déformation, il traduit ainsi la vitesse d'écoulement du béton. Le test d'étalement au cône d'Abrams donne des indications sur les deux aspects **[14]**, puisque le diamètre final atteint par la galette de béton correspond à la capacité de déformation, et le temps de passage à un certain diamètre correspond à la vitesse de la déformation du béton.

I.4.2. Résistance à la ségrégation

La ségrégation d'un mélange correspond à l'absence d'homogénéité dans la distribution des constituants ce qui provoque généralement une séparation de phases solides et liquides ou bien une séparation des phases solides en fonction de leurs dimensions **[14]**. La ségrégation peut donc se manifester dans un béton de façons différentes, comme la séparation entre la pâte et les sables, qui peut conduire à un blocage en zones confinées, et une répartition non homogène de l'air occlus.

I.4.3. Capacité de passage

Le béton autoplaçant doit réunir à la fois la fluidité (la capacité de remplissage) et la résistance à la ségrégation pour produire un bon écoulement sur un chantier. Cependant, dans les milieux confinés et les zones fortement ferraillées, il faut que le béton puisse s'écouler dans les espaces étroits et entre les armatures. En effet, le blocage des granulats est provoqué d'une part par la quantité importante de granulats dans le béton (plus de gravier, plus de risques de blocages), et d'autre part par la taille des plus gros granulats par rapport à l'ouverture entre armatures ou dans un confinement.

I.5. Propriétés mécaniques d'un BAP à l'état durci

De nombreux travaux ont montré que les déformations des bétons sont sensibles à la proportion de granulats qui entre dans leur composition **[15].** Plus précisément, le béton peut être représenté comme une combinaison de deux phases : la pâte de ciment durcie et les granulats.

I.5.1. Résistance mécanique

Les résistances mécaniques ont été longtemps considérées comme les qualités essentielles pour un béton tout comme le BAP car elles généralement une image globale de la qualité d'un béton puisqu'elles sont directement reliées à la structure de la pâte de ciment hydraté. C'est la meilleure optimisation qui nous permet d'avoir un meilleur BAP avec des résistances qui peuvent aller de 60 à 100 MPa à 28 jours.

L'évolution des résistances à la compression des BAP semble être voisine aux bétons ordinaires. Aux très jeunes âges, les résistances des BAP peuvent être affectées lorsque ces bétons contiennent des quantités importantes de superplastifiants car un dosage trop élevé pouvant conduire à un retard de prise considérable.

I.5.1.1.Résistance à la compression

Un béton Autoplaçant avec un rapport E/L similaire, aura généralement une résistance légèrement plus élevée en comparaison à celle du béton ordinaire à cause du manque de vibration donnant une meilleure interface entre les agrégats et la pâte durcie **[16]**.

I.5.1.2.Résistance à la traction

Pour une résistance à la compression donnée d'un BAP, la résistance à la traction peut être assumée à être la même que celle d'un béton ordinaire comme le volume de pâte (ciment + fines + eau) n'a aucun effet significatif sur la résistance à la traction **[17].**

Selon Klug **[16]** la résistance à la traction des BAP est nettement supérieure à celle des bétons vibrés, elle peut aller jusqu'à 40% ce qui implique qu'il y a nécessité de revoir la section minimale de ferraillage.

Dans leur article sur les BAP légers à haute résistance, Choi et **[18]** ont trouvé une relation entre la résistance à la compression et la résistance à la traction comparable à celle donnée par les règlements de Béton Armé. La relation proposée est :

$f_s = 0.076 f_{ck} + 0.5582$ .....

I.6. Formulation des Bétons Autoplacants par la méthode générale

Cette formulation proposée en 1993 par l'équipe du professeur OKAMURA **[19]** émane de l'idée selon laquelle seul un ciment portland à faible chaleur d'hydratation ou un ciment portland riche en bélite est susceptible de générer des matériaux poudreux. Fort de ce principe, on peut donc s'attendre, une fois l'autocompactibilité obtenue, à ce que le béton durci atteigne lui aussi les performances recherchées. Pour tenir compte des variations qui peuvent se produire dans le processus de fabrication (quantité des matières, erreurs de pesages, etc.), on fixe au préalable une exigence d'autocompactibilité légèrement plus sévère que la valeur théoriquement nécessaire. La formulation comporte en fait cinq étapes **[19]** :

La quantité d'air (A) est choisie en fonction de la résistance au gel-dégel. Avec G_{lim} qui est le volume absolu d'un m^3 de gros agrégats, le volume de gros agrégats (G) est, évalué selon la formule :

$$G=\frac{50}{100} G_{lim}(1-A) \qquad \textbf{(1.2)}$$

Le volume de fins agrégats (S) représente 40% du volume de mortier, soit :

$$\mathbf{S=\frac{40}{100}\frac{(1-A-G)}{1-K_{sf}}} \qquad \textbf{(1.3)}$$

où K_{sf} représente le taux de fines particules (<0.09mm) dans le sable.

Le rapport volumique Eau/Poudres est déterminé par deux tests sur mortier. Le premier est un test d'écoulement avec un petit cône, le second est une mesure du temps de passage à travers un entonnoir.

La fluidité du mortier est donnée par :

$$D=\frac{d^2-d_0^2}{d_0^2} \qquad (1.4)$$

où d est le diamètre de la galette et d_0 la base du cône.

La viscosité du mortier est donnée par :

$$T=\frac{10}{t} \qquad (1.5)$$

avec **t** le temps d'écoulement à l'entonnoir exprimé en secondes.

L'obtention simultanée d'un paramètre d'écoulement de 5 et d'un paramètre de temps de passage de 1 conditionne la formulation Okamura.

Le dosage en superplastifiant est évalué par rapport à la masse de poudre et à la teneur en eau, à l'aide des tests sur mortier. Cependant, le dosage pour le béton devra être ajusté (énergie de malaxage différente, etc.) en fonction de tests spécifiques. De manière semblable aux deux tests appliqués sur le mortier, l'essai d'étalement et l'essai d'entonnoir, adaptés au béton évaluent ses aptitudes à la déformation. L'étalement doit se situer entre 65 et 85 cm, et le temps de passage doit être compris entre 10 et 15 secondes **[19]**.

Ces tests sur béton permettent de dissocier l'action d'un ajout d'eau de celle d'un ajout de superplastifiant. L'eau abaisse considérablement la cohésion du mélange et diminue le temps d'écoulement dans l'entonnoir, sans améliorer sensiblement l'étalement. Le superplastifiant diminue légèrement le temps d'écoulement en entonnoir et améliore nettement l'étalement.

I.7. CONCLUSION

Dans cette revue bibliographique, nous avons surtout axé notre recherche sur les bétons autoplaçants qui sont considérés comme bétons fluides par excellence.

Il s'avère ainsi que les principales propriétés d'ouvrabilité d'un BAP sont le remplissage, la résistance à la ségrégation et la capacité de passage dans les milieux confinés et fortement ferraillés. Un béton est qualifié d'autoplaçant lorsque ces trois critères sont vérifiés.

La formulation des BAP, reste actuellement une des difficultés majeures à son développement et utilisation.

CHAPITRE II

PROPRIETE DU SABLE

II.1. Introduction

Les granulats pour béton sont définis par La norme Française XP P.18.540 **[20]** comme un ensemble des grains de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, destinés à la confection des bétons hydrauliques, mortier des couches de fondation, aussi les granulats constituent le squelette du béton.

Les granulats sont désignés par d/D dont lequel d et D représente respectivement la plus petite et la plus grande dimension des granulats. On distingue les familles des granulats suivantes :

Tableau II.1 : les familles des granulats

le nom des familles des granulats	diamètre
-Fillers 0/D	D<2mm avec au moins 70% de passants à 0.063mm.
-Sablons 0/D	D≤1 mm avec au moins 70% de passants à 0.063mm.
-Sables 0/D	1 < D≤ 6.3mm.
-Graves 0/D	ou D≥6.3mm.
-Gravillons d/D	d ≥1 mm et D≤125mm.
-Ballastes d/D	d ≥25 mm et D≤50mm **[21].**

II.2.Définition d'un sable (selon la norme NA 523-1990)

D'une manière générale, on appelle sable, le mélange meuble de grains de diamètre variant de 0 à 6.3mm de provenance naturelle ou artificielle **[22].** Le sable constitue l'agrégat essentiel dans la composition des mortiers, bétons et des matériaux préfabriqués ou il assure la continuité granulaire entre le ciment et le gravier d'une part et une meilleure cohésion du béton d'autre part, de plus il participe à la résistance à l'écrasement **[23].**

Le tableau suivant représente les classés des sables selon la grosseur des grains, on distingue :

Tableau. II.2 : représente les classes des sables selon la grosseur des grains

NOM	SABLE FINS	Sable moyens	Sable grossiers
DIMENTION DES GRAINS	0.08mmà0.315mm	0.315mmà1.25mm	1.25mmà6.3mm

II.3.Origine et formation géologique

Le sable provient de l'érosion et de l'altération de roches riches en quartz (granites, gneiss) sous l'action de processus physiques (vent, eaux courantes) ou chimiques (action dissolvante de l'eau). Les grains de sable qui se forment sont généralement gros et anguleux, difficilement transportables par le vent et les cours d'eau. Les plus gros grains de sable se retrouvent ainsi le long des cours d'eau, aux bords des mers, ou dans les régions désertiques.

En milieu fluvial, les grains s'usent peu et restent donc gros et anguleux. En milieu continental, l'usure des grains de sable par le vent et l'eau entraîne une modification de leur forme, au cours des temps géologiques : les grains de sable usés deviennent émoussés et luisants (milieu littoral), ou ronds et mats (milieu éolien). En s'arrondissant, les grains deviennent plus petits. Les sables peuvent également se consolider, se cimenter ultérieurement pour donner naissance à des grès (grès quartzeux, grès calcaire). **[24]**

II.4.Composition Minéralogique

Les sables sont principalement constitués de quartz (silice), avec de faibles proportions de mica, de feldspath et de magnétite. La couleur du sable est d'autant plus claire que la teneur en silice est élevée. Les sables sont toujours définis en fonction des constituants majoritaires : on parle ainsi de sable quartzeux, feldspathique, ferrugineux, micacé, calcaire, ou encore de sable coquillier. Toutefois, dans le langage courant, le sable est généralement associé au sable quartzeux. **[24]**

II.5.Composition chimique

Le sable est un matériau qui contient différents éléments chimiques suivants :

(SiO_2 – Al_2O_3 – Fe_2O_3 – CaO – K_2O – SO_3), chaque élément a un pourcentage précis et varie d'un sable à l'autre.

D'après certaines recherches qui ont été faites par un chercheur, il a déduit les valeurs suivantes de chaque élément chimique :

Tableau .II.3.composition chimique des différents sables [25]

Constituant	Sable concassé (%)	Sable de mer (%)	Sable de dune (%)	Sable d'oued (%)
SiO_2	2.50	46.48	94.19	**83.65**
Al_2O_3	2.63	3.68	1.95	**4.50**
Fe_2O_3	0.58	0.29	0.41	**0.53**
CaO	70.69	50.00	2.59	**5.17**
K_2O	/	/	1.14	**2.28**
SO_3	**Traces**	**Traces**	**Traces**	**Traces**

Les résultats trouvés montrent que les sables d'oued et des dunes contiennent des quantités importantes de silice, elle est de 94.19 % pour celui du sable des dunes et 83.65 % pour le sable d'oued, ces sables sont siliceux. En ce qui concerne le sable de mer et de concassage les pourcentages de silice sont respectivement de 46.48 % et 2.50 %, alors que celui du calcaire il est de 50.00 % pour le sable de mer et de 70.69 % pour le sable concassé, ces sables sont de nature calcaire. Les sulfates pour tous les sables sont à l'état de traces. **[25]**

II.6.Caractéristiques Granulométrique

Le sable est une arénite, c'est-à-dire une roche détritique non consolidée, dont le diamètre des grains est compris entre 0,0625 et 2 mm. Les sables peuvent être très fins (diamètre des grains de 0,0625 à 0,125 mm), fins (de 0,125 à 0,25 mm), moyens (de 0,25 à 0,5 mm), grossiers (de 0,5 à 1 mm), ou très grossiers (de 1 à 2 mm).

En dehors de cette gamme de taille, on parle de Lutites (silt, argile) lorsque la taille des grains est inférieure à celle des sables très fins, et de Rudites (graviers, galets, blocs) lorsque le diamètre des grains est supérieur à celui des sables grossiers. **[26]**

II.7.CLASSIFICATION

II.7.1.Selon l'origine

II.7.1.1 Les sables détritiques

Les sables détritiques (issus de roches préexistantes) sont dits « terrigènes » lorsqu'ils sont formés par altération météorique (pluie, neige) ou par érosion de roches grenues (granite, gneiss, etc.). Dans ce cas, ils sont transportés par les cours d'eau. Ces sables peuvent également provenir des éruptions explosives qui émettent des sables volcaniques (autrement dit des cendres).

II.7.1.2. Les sables éoliens

Les sables éoliens s'accumulent en bordure des régions côtières (dune du Pilat dans le bassin d'Arcachon, par exemple) et dans des zones désertiques (les ergs du Sahara, par exemple) sous l'effet du vent. Les sables bioclastiques, appelés aussi sables coquilliers, proviennent quant à eux de la fragmentation puis de l'accumulation de squelettes ou coquilles d'organismes marins (mollusques, coraux, etc.). Les sables coquilliers recouvrent les plages de couleur très claire que l'on rencontre sous les tropiques. **[24]**

II.7.2.Selon la nature

- Sables roulés (naturel).
- Sables concassés (artificiel). **[27]**

II.7.3.Selon la grosseur des grains

- Fines < 0,08 mm
- Sable fin : 0.08 à 0.315mm
- Sable moyen : 0.315 à 1,25mm
- Sable grossier : 1,25 à 5mm [**27]**

II.7.4. Selon la masse volumique

- Sable léger : masse volumique < 2000Kg/m^3.
- Sable courant : masse volumique compris entre 2000 et 3000 Kg/m^3.
- Sable lourd : masse volumique >3000 Kg/m^3. **[27]**

II.8. PROPRIETES DES SABLES

II.8.1.Propriétés mécaniques

II.8.1.1. Résistance des sables

La résistance à la compression du béton ne peut excéder de manière significative celle de la plupart des granulats qu'il contient : cependant, il n'est pas facile d'établir la résistance propre de chaque granulat, car il est difficile de soumettre chaque granulat à un essai de résistance au broyage. L'information requise est normalement obtenue par des essais indirects : résistance à l'usure d'un ensemble de granulats, effort nécessaire pour compacter un ensemble de granulats et performance des granulats dans le béton.

En général, la résistance et l'élasticité du granulat dépendent de leur composition minéralogique, de leur texture et de leur structure. Ainsi, une faible résistance peut être due à la faible résistance des constituants des grains ou, bien que les grains soient résistants, au fait qu'ils soient mal cimentés entre eux. **[7]**

II.8.1.2. la dureté des sables

Elle est définie comme étant la résistance d'un échantillon de roche à se briser sous un choc. Quoique cet essai permettre d'écarter les roches ayant subi des phénomènes météoriques, il n'est pas utilisé.

La présence d'impuretés autour des grains peut également compromettre l'adhérence, avec de plus un risque de réaction délétère. La présence d'excès d'argile ou de pyrite est susceptible de provoquer des gonflements à long terme dans le béton, les dégradations les plus redoutées sont celle qui est provoquées par l'alcali réaction. Certains sables contenant une fraction significative de silice soluble et réactive (généralement amorphe) sont susceptibles, dans un environnement riche en alcalin, de provoquer à leur périphérie la formation de gels gonflants la propension des sables à engendrer ce type de phénomène s'apprécie dans divers essais, qui permettent de distinguer les catégories suivantes : sables non réactifs, potentiellement réactifs avec effet de pessimum et réactifs.

Des sables non gélifs sont indispensables pour formuler des bétons devant résister à des environnements comportant des phases de gel modéré ou sévère. **[28]**

II.8.2.Propriétés physiques

II.8.2.1. La masse volumique

Dans le système international (SI), la masse volumique d'un matériau est numériquement égale à sa densité quoique la densité soit un rapport alors que la masse volumique est exprimée en Kg/l. Quoi qu'il en soit, dans la pratique, il est plus commode d'exprimer la masse volumique en Kg/m^3.

La masse volumique ″ ρ ″ est définie comme le rapport de la masse sèche ″M″ d'un corps par unité de volume ″V ″, elle est donnée par la formule suivante :

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Et s'exprime en : t/m^3 ; Kg/dm^3 ; g/cm^3.

On distingue trois masses volumiques : la masse volumique réelle, la masse volumique absolue et la masse volumique apparente. Elles sont calculées d'après les normes NA 451 et NF P 18-558.

a) La masse volumique réelle

La masse volumique réelle d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau déduction faite des vides entre particules. La déduction ne concerne pas les vides compris dans le matériau mais seulement ceux entre les particules. **[29]**

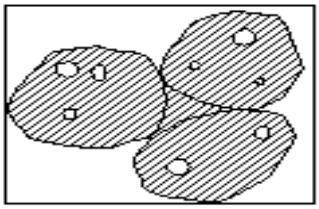


Figure. II.1. Volume réel d'un matériau (Volume hachuré = Volume réelle)

b) La masse volumique absolue

La masse volumique absolue d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau, déduction faite de tous les vides, aussi bien des vides entre les grains, que des vides à l'intérieur des grains. **[29]**

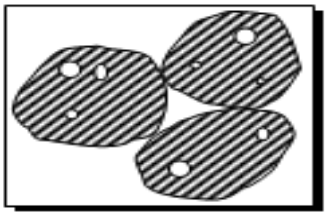


Figure. II.2. Volume absolu d'un matériau (Volume hachuré = Volume absolu (sans pore)

c) la masse volumique apparente

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules. La masse volumique apparente d'un matériau pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau

compacté ou non compacté. Il faut donc préciser: masse volumique apparente à l'état compacté ou masse volumique apparente à l'état non compacté.

La connaissance de la masse et du volume permet le calcul :

- Du dosage volumétrique de composants.
- Du volume des matériaux pulvérulents à transporter, et des dimensions des silos et entrepôts destinés au stockage de ces matériaux.

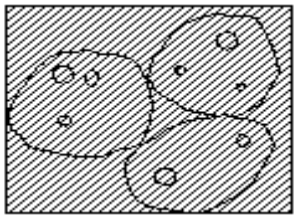


Figure. II.3.Volume apparent d'un matériau (Volume hachuré = Volume du récipient)

II.8.2.2. La densité

Les sables contiennent généralement des pores, communicants ou non le terme densité doit être défini avec précision. Il y a en effet plusieurs types de densité.

a- La densité absolue

qui correspond au volume de matériau solide excluant tous les pores et peut, par conséquent, être définie comme le rapport de la masse de solide à la masse d'un volume égale d'eau distillée sans gaz, tous deux étant pris à une température donnée. Ainsi, afin d'éliminer l'effet des pores non communicants totalement fermés, le matériau doit être pulvérisé. L'essai est à la fois laborieux et délicat. Heureusement, ceci n'est habituellement pas nécessaire pour ce qui concerne le domaine du béton.

Si le volume du matériau inclut les pores non communicants, mais non pas les pores capillaires, la densité résultante est précédée du mot "**apparente**".

La densité apparente est alors le rapport de la masse granulats séchés dans un four de 100 à 110°C pendant 24 heures sur la masse d'eau qui occupe un volume égal à celui du solide incluant les pores non communicants. La deuxième masse (l'eau) est déterminée en utilisant un récipient d'eau qui peut être rempli avec précision d'un volume d'eau donné. La densité apparente est donnée par la relation :

$$\frac{D}{(B-A+D)}$$

Tel que:

"D": la masse de l'échantillon séché au four.

"B" : la masse du récipient rempli d'eau

"A" : la masse du récipient contenant l'échantillon et complété avec de l'eau.

B-(A-D) : la masse d'eau qui occupe le même volume que le solide. **[7]**

II.8.2.3.porosité

Certains pores sont complètement à l'intérieur des sables; d'autres débouchent à la surface. La pâte de ciment, en raison de sa viscosité, ne peut pénétrer à une grande profondeur comme elle le fait dans le plus gros pore; c'est alors le volume global des grains qui est considéré comme solide pour béton. Quoi qu'il en soit, l'eau peut pénétrer dans les pores; la quantité et le taux de pénétration dépendant de leur taille, de leur communication entre eux et de leur volume total. Puisque les granulats représentent environ les trois quarts du volume du béton, il est clair que leur porosité contribue à la porosité globale du béton. **[7]**

La porosité "P" d'un granulat est donnée par la relation **:** $\boxed{P = \frac{v}{V}.100(\%)}$

Tel que : $''v''$ est le volume des vides contenus dans l'unité de volume $''V''$.

II.8.2.4. L'humidité des sables

Les granulats exposés à la pluie peuvent amasser une quantité considérable d'eau à leur surface et mise à part la surface des tas de stockage, ils peuvent conserver cette humidité pendant longtemps. Ceci est particulièrement vrai pour les granulats fin: leur humidité libre ou de surface, en plus de celle continue dans les granulats en condition saturée et superficiellement sèche, doit être prise en considération dans la formulation des bétons, les granulats concassés contiennent rarement plus de 1% d'humidité de surface, mais les granulats fins peuvent en contenir jusqu'à 10%. L'humidité de surface est exprimée en pourcentage de la masse des granulats saturés et superficiellement secs: on parle alors l'humidité des granulats.

Comme l'humidité varie avec la température et qu'elle change aussi d'un endroit à l'autre du ta du stockage, l'humidité des granulats doit être déterminée fréquemment selon plusieurs méthodes.

En laboratoire, le pourcentage d'humidité peut être déterminé au moyen d'un pycnomètre. La densité apparente du granulat sur une base saturée et superficiellement sèche"S", doit être connue. Ensuite, si "B" est la masse du pycnomètre plein d'eau,"C" la masse de l'échantillon

$$\boxed{\left[\frac{C}{A-B}\left(\frac{S-1}{S}\right)-1\right]\times 100}$$

humide et "A" la masse du pycnomètre avec l'échantillon et complété avec de l'eau. Le pourcentage d'humidité du granulat est :

L'essai est long et demande une grande attention puisque tout l'air doit être expulsé de l'échantillon, mais donne de bons résultats. Cette méthode est décrite dans la norme BS 8 12 (France). **[7]**

II.8.2.5. La teneur en eau

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec.

$$W = \frac{E}{P_s} = \frac{Ph - P_s}{P_s}$$

E = Poids d'eau dans le matériau.

P_s = Poids du matériau sec.

P_h = Poids matériau humide

Si W est exprimé en % :

$$W\% = 100\,\frac{Ph - P_s}{P_s}$$

II.8.2.6.Granulométrie d'un sable

Il est indispensable de connaître dans un sable la grosseur des grains dont il se compose et leur proportion dans un volume de sable déterminé. Cette analyse porte le nom : analyse granulométrique. L'analyse granulométrique est définit par la norme Algérienne NA 2607-1990 **[30].**

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers.Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous forme graphique (Voir Figure 1.1).

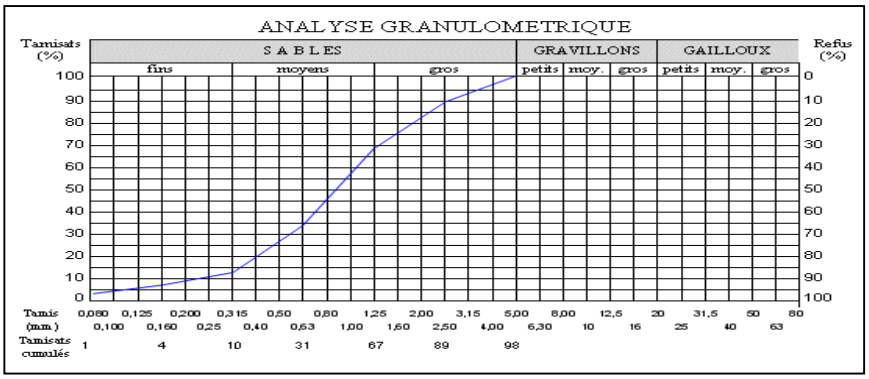


Figure II.4 : courbe granulométrique d'un sable

II.8.2.7.Module de finesse

Le module de finesse d'un granulat est égal au 1/100 de la somme des refus, exprimés en pourcentages sur les différents tamis de la série suivante **[24]** :

0.16 - 0.315 – 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5 – 10 – 20 – 40 – 80mm.

Les tamis concernés pour les sables sont :

0.16 - 0.315 – 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5mm

Le module de finesse est une caractéristique importante pour les sables. Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse d'environ [2.2 à 2.8].

II.8.2.8.Equivalent de sable

Cet essai est défini par la norme Algérienne NA.455/1990 **[31],** qui a pour but de déterminer "L'Equivalent de sable" de certains sols ou granulats. Cette norme fixe la méthode de détermination de cette caractéristique. Le but de l'essai est d'évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons, il s'agit de déceler la

présence d'éléments fins dans un sable. Par définition, l'équivalent de sable d'une mesure d'essai est:

- **ESP** = $\frac{H'2}{H1}$x100 (à piston) ;
- **ESV** = $\frac{H2}{H1}$x100 (à vue) ; sachant que :

H'2=H2 : hauteur du sable propre seulement.

H1 : hauteur du sable propre avec des éléments fins.

Tableau II.4 : valeurs préconisées pour l'équivalent de sable [24]

ES à vue	ES piston	Nature et qualité du sable
ES < 65	ES < 60	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour les bétons de qualité
65≤ES<75	60≤ ES<70	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour béton de qualité Courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait.
75≤ES<85	70≤ ES<80	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité
ES ≥ 85	ES ≥ 80	Sable très propre : l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

II.8.3. Propriétés physico-chimiques

II.8.3.1. L'absorption d'eau

L'absorption de l'eau par les sables est déterminée en mesurant l'augmentation de masse d'un échantillon séché au four après avoir été immergé dans l'eau pendant 24 heures et séché superficiellement. Le rapport entre l'augmentation de la masse et la masse de l'échantillon sec, exprimé en pourcentage, est définit comme étant l'absorption.

Le coefficient d'absorption d'eau des granulats est donné par la relation : **[7]**

$$Ab = \frac{(Ma - Ms)}{Ms}.100\%$$

II.8.3.2. La perméabilité

L'eau de pluie descend dans le sol par les pores qu'il présente et humecte ainsi les particules du sol. La perméabilité est la plus ou moins grande facilité que présente le sol à laisser l'eau descendre vers les couches inférieures. Cette propriété est donc bien en relation avec l'importance des espaces lacunaires. Elle s'exprime en cm/heure. Un sable très fin ayant un pourcentage en micropores élevé, aura une vitesse de filtration faible, d'où l'importance du choix des matériaux lorsqu'il s'agit de sable de bunkers. **[32]**

II.8.4. Propriétés thermiques

Trois propriétés thermiques des sables sont importantes en ce qui concerne la performance du béton. Il s'agit du coefficient de dilatation thermique, de la chaleur spécifique et de la conductivité. Les deux dernières sont importantes pour les bétons de masse ou lorsqu'une isolation est requise, mais pas pour les bétons de structures ordinaires.

Le coefficient de dilatation thermique des sables influence la valeur du coefficient de dilatation thermique du béton renfermant ce granulat. Plus le coefficient de dilatation thermique du granulat est élevé, plus celui du béton le sera également, bien que ce dernier dépende de s teneur en granulats et des proportions du mélange en général. **[7]**

II.9. LES DIFFERENTS TYPES DE SABLE

II.9.1.Sable normalisé

Le sable normalisé est un sable naturel, siliceux (le plus quartzeux possible en particulier dans sa partie fine), propre, à grains arrondis et secs. Il est constitué par un mélange de sable avec un appoint de sable fin quartzeux. **[25]**

Tableau II.5.Répartition des classes granulaires du sable normalisé (Selon la norme CEN EN 1961) [25]

Tamis (mm)	Refus cumulés (%)
0.08	99±2
0.16	87±5
0.5	67±5
1.00	33±5
1.60	7±5
2.00	0

La norme CEN EN 196-1 fixe le taux de silice dans le sable normalisé d'une valeur qui est supérieur ou égale à 98 %.

Le module de finsse est compris entre 2.2 et 2.6 pour la norme CEN EN 196-1, et le module de finesse moyen est égal à 2.4. **[25]**



Figure. II.5. SABLE NORMALISE CEN 1

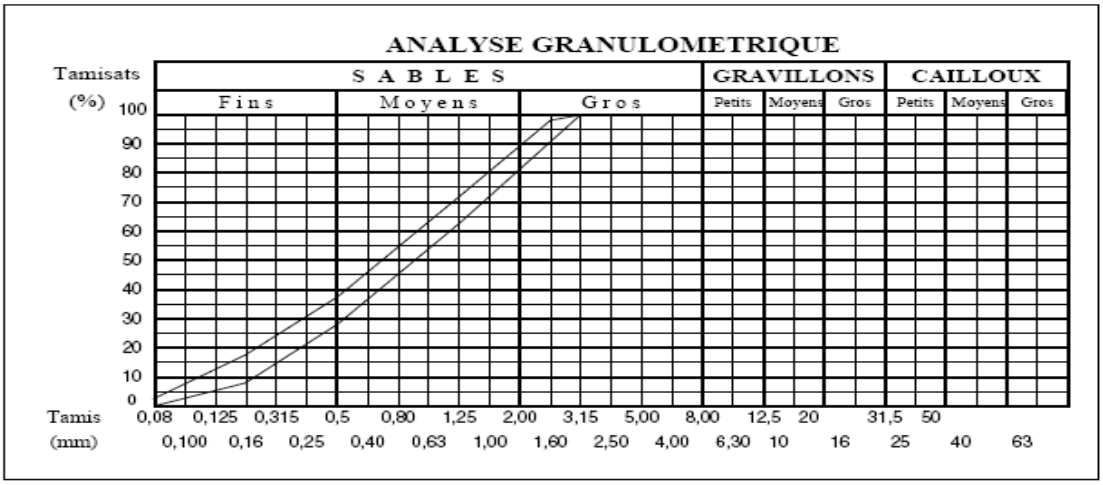


Fig. II.6.Courbe granulométrique du sable normalisé selon la norme (CEN EN 196-1) [33]

II.9.2.Sable de dunes

Les sables des dunes sont les formations détritiques les plus répandus dans le sud de l'Algérie, leur couleur est jaune orangée, ou rouge suivant leur degré d'altération occupent la majeure partie du sud Algérien (SAHARA).

Les sables dunaires ont des teneurs importantes en quartz supérieur à 90 % et ils ont également une fraction sableuse de fines dominantes **[25].**



Figure. II.7 : représente le sable de dune

II.9.3. Sable de mer

Les sables de plage utilisés dans le domaine de la construction ont fait l'objet d'importants prélèvements et exploitation anarchique durant les dernières années, ce qui a engendré la dégradation et l'épuisement de plusieurs sablières causant ainsi un grave préjudice à l'équilibre de l'environnement à proximité des plages ce qui a fait apparaître deux décrets ministériels, approuvés en 1991 et 1999 par le ministère de l'équipement et du logement, interdisant l'exploitation de sable de mer et d'alluvions.



Figure. II.8 : représente le sable de mère.

II.9.4. sable d'oued

Les sables d'oued ont une fraction sableuse grossière nettement dominante ainsi qu'une fraction graveleuse. **[25]**



Figure. II.9: représente le sable de d'oued

II.9.5. Sable de concassage

Le sable de concassage est un matériau obtenu à partir de roches massives après des opérations de concassage et de criblage dans une carrière de production de gravillon. Une vue générale d'une station de concassage type est montrée sur la figure 2.1. Ces sables se caractérisent par la présence d'une certaine quantité de fines dans des proportions de 15% à 25%. Les résultats d'une étude préliminaire basée sur des éléments d'information recueillis auprès de certains services sous tutelle du ministère de l'habitat et de l'urbanisme, ont montré qu'il existe, à l'échelle nationale, plus de 750 unités d'extraction de granulats réparties comme suit :

-49 % unités à l'Est du pays.

-24 % unités à l'Ouest du pays.

-17 % unités au centre du pays.

-10% unités au sud du pays.

La consommation des granulats en Algérie est de l'ordre de 68.5 millions de tonnes par an dont le sable représente environ 25,8 millions de tonnes par an dans tous les domaines de la construction **[34].**



Figure. II.10: représente le sable de concassage

II.10.CONCLUSION

-Le sable est un élément naturel qui se forme des grains de quartz, de mica, de feldspath et de magnétite sous l'effet des vents et des eaux. Et généralement les sables sont de nature siliceux (le taux de la silice est le plus élevé que les autres éléments chimiques). Il est classé selon son origine, sa dimension et sa densité.

-Les propriétés : mécaniques, physiques, chimiques, physico chimiques et thermiques des sables permettent de le considérer comme un constituant de base qui a une influence considérable sur les caractéristiques des matériaux (mortier, béton) à court et à long terme. Et parmi ces caractéristiques on site les suivantes : la dureté des grains, la dimension, la forme, la densité, la propreté, la porosité, la perméabilité et le degré d'absorption d'eau.

-Ce chapitre nous a permis d'avoir une idée sur les sables les plus disponibles et qui entrent dans la confection des matériaux de construction dans notre pays (sable de dune, sable de mer, sable d'oued, le sable de concassage et un sable de référence qui est le sable normalisé.

CHAPITRE III

MODE D'ACTION DES SUPERPLASTIFIANTS ET LES AGENTS DE VISCOSITE SUR L'OUVRABILITE DES BAP

III.1. INTRODUCTION

Les bétons fluides à rhéologie adaptée représentent une nouvelle génération de bétons à hautes performances. Ces bétons possèdent un faible seuil de cisaillement et une viscosité plastique similaire à celui du béton conventionnel. Pour concevoir un tel matériau, l'utilisation des adjuvants chimiques est indispensable, notamment, des superplastifiants, des agents de viscosité et des agents entraîneurs d'air. De manière pragmatique, il s'avère nécessaire de comprendre les interactions entre différents types d'adjuvants et de développer une base de données qui sera d'une grande utilité dans la phase de conception des matériaux cimentaires à rhéologie adaptée.

III.2.LES SUPERPLASTIFIANTS

Ils permettent d'obtenir des bétons maniables et ouvrables par défloculation des grains de ciment. Â une consistance donnée ils offrent la possibilité de réduire la quantité d'eau nécessaire à la fabrication et la mise en place du béton, et par conséquent augmenter les caractéristiques mécaniques du béton.

III.2.1. Propriétés des superplastifiants

Chaque adjuvant est caractérise par une fonction principale, il peut également présenter une ou plusieurs fonctions secondaires. on ne doit pas perdre de vue que ces produits ne donnent que des moyens supplémentaires pour agir sur la qualité du béton en améliorant certaines de ses caractéristiques, ils ne peuvent en aucun cas apporter une solution valable a une mauvaise formulation de béton ou a une mise en œuvre déficiente.

avec les superplastifiants on peut baisser considérablement la teneur en eau tout en hydratant mieux le ciment disponible, ce qui se traduit par une augmentation des résistances finales.

l'utilisation des adjuvants permet de limiter les risques d'agressions chimiques, en Augmentant la compacité des bétons (faible perméabilité rendant la diffusion des ions difficile).

III.2.2Classification des superplastifiants

Il existe plusieurs générations de superplastifiants, correspondant à différents polymères ou différentes conformations de ces polymères, qui ont été élaborées au cours des dernières années. Bien que leurs modes d'action ne soient pas totalement compris, ils sont utilisés fréquemment dans l'industrie cimentaire. Leurs rôle est de fluidifier les matériaux cimentaires et par conséquent de pouvoir travailler à des concentrations massiques de ciment plus importantes. Ce point est important car les propriétés de résistance du matériau une fois durci en sont améliorées. De plus, certains ont un effet retard sur la prise du ciment qui a pour but

de maintenir une ouvrabilité suffisante pour sa mise en place. Pour les autres, cette propriété est obtenue en ajoutant des retardateurs de prise (produits d'origine chimique différente des superplastifiants).

Les superplastifiants sont regroupés de la manière suivante :

- ✓ Le polymère de mélamine sulfonate (PMS)
- ✓ Le polymère de naphtalène sulfonate (PNS)
- ✓ Les lignosulfonates modifiés (LS)

Les superplastifiants à base de polyacrylate, polycarboxylate ou de polyéthylène.

III.2.3. L'emploi de superplastifiants

Les superplastifiants permettent d'obtenir des bétons très fluides en réduisant les frottements entre grains de ciment et en libérant une certaine quantité d'eau.

Ces fluidifiants sont identiques à ceux employés pour les autres types de béton, à savoir des polymères de type polycarboxylate, polyacrylate/polyacrylate ester acrylique.

Cette adjuvantation ne doit pas être trop élevée (proche du dosage de saturation) sous peine d'augmenter la sensibilité du béton à des variations de teneur en eau vis-à-vis du problème de la ségrégation et du ressuage.

Les superplastifiants interagissent avec les particules du ciment et des fines en s'adsorbant à leur surface pour diminuer le phénomène de floculation au contact de l'eau. Ainsi, les particules sont dispersées par combinaison d'effets électrostatiques et stériques et la proportion d'eau libre est plus importante **[Baron96].**

III.2.4.Mode d'action des superplastifiants

Les superplastifiants sont habituellement des polymères anioniques. La neutralité de la charge est assurée par un contre-ion (cation, qui peut être Na ou Ca). La terminaison anionique SO_3^- (hydrophile) permet l'adsorption de la molécule organique sur les sites chargés positivement de la surface des grains de ciment.

Les superplastifiants fluidifient le mélange du béton par dispersion des particules de ciment qui ont tendance à rester agglomérées au contact de l'eau seule **[35, 36, 37]**

Le dosage en superplastifiant pour obtenir une pâte ayant une certaine fluidité augmente

avec la surface spécifique du ciment (liant) **[35, 36, 37].**

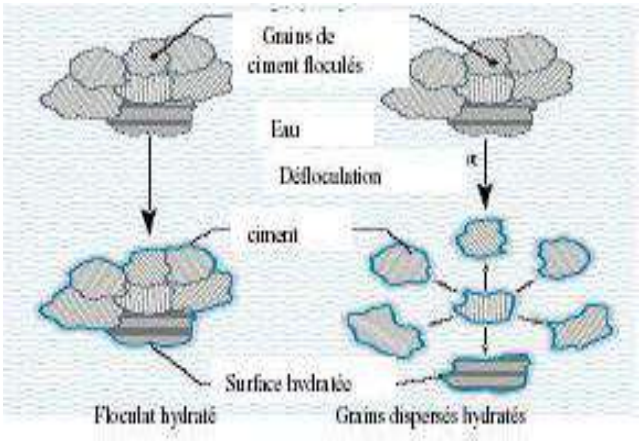


Figure III.1 : Grains de ciment défloculés en présence des superplastifiants [35]

Les modes d'action des superplastifiants sont les suivants **: [38,39] .**

1. Adsorption : les polymèress'adsorbent sur la surface des particules et ainsi changent leurs charges (potentiel zêta) en charge négative, ce qui crée les forces de répulsion entre les grains. La quantité de polymère adsorbée augmente avec sa masse molaire et la quantité des ions Ca^{++} dans la solution interstitielle. L'état d'adsorption et l'épaisseur de la couche formée dépendent du type de polymère et de sa masse molaire.

2. Effet stérique : les polymères attachés sur la surface des particules avec une partie de la chaîne agissent comme une barrière physique et empêchent les particules de ciment de se rapprocher dans la région des forces de Van der Waals des autres particules.

3. Modification de la morphologie de certains hydrates : certains hydrates changent de morphologie en présence de superplastifiant, par exemple l'ettringite cristallise en forme d'amas sphéroïdaux en présence de superplastifiant, ce qui diminue des forces de frottement entre les hydrates, et en forme des longues aiguilles en absence de superplastifiant**[40].**

4. Adsorption sur les sites actifs : En s'adsorbant sur les sites actifs des grains de ciment les superplastifiants interfèrent avec les réactions d'hydratation, ce qui empêche l'eau d'atteindre des grains (inhibition des sites réactifs). Alors l'eau reste libre et fait son action lubrifiante. Avant la période dormante c'est bénéfique car la période d'ouvrabilité est ainsi prolongée, mais pendant et après la période dormante ce n'est pas désirable surtout s'il s'agit de retards importants car ça nuit au développement des résistances à jeune âge et prolonge le temps de décoffrage du béton sur le chantier. Il a été remarqué que ce sont surtout les polynaphtalènessulfonates de masse molaire faible qui ont une interaction spésifique avec les

sites de C_3A **[41].** Ceci explique pourquoi les polynaphtalènes de masse molaire élevée à faible dosage sont peu efficaces car ils ne sont pas présents en quantité suffisante pour bloquer tous les sites.

III.2.5. Adsorption des superplastifiants sur les grains de ciment

L'adsorption des superplastifiants joue un rôle fondamental dans l'étude des mécanismes de dispersion. À l'heure actuelle, il existe deux familles de superplastifiants qui dispersent les grains de ciment selon deux modes d'action complètement différents **[36]**.

- Les polysulfonates qui fonctionnent par répulsion électrostatique ;
- Les polycarboxylates qui fonctionnent par répulsion stérique.

Par définition, un monomère est une molécule simple, capable des'associer dans certaines conditions soit à elle-même, soit à d'autres molécules similaires pour former un corps de masse moléculaire plus élevée et dotée de propriétés différentes. L'association de ces molécules entre elles forme un polymère.

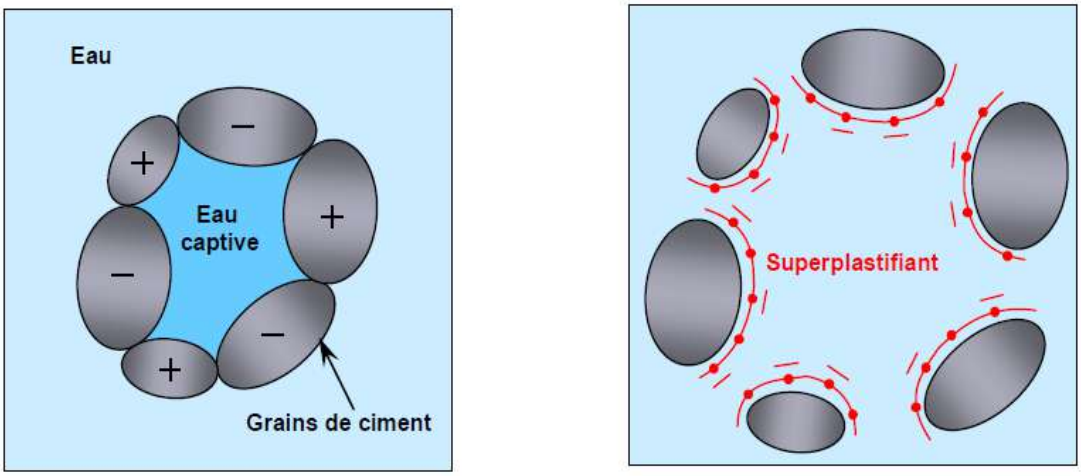


Figure. III.2- Effet du superplastifiant sur les grains de ciment par le phénomène de dispersion

1. Cas des polysulfonates (PS)

Les trois types de polysulfonates (LS, PNS, PMS) possèdent le même mode d'action, et ce dû aux ions $-SO_3^-$ sur leur terminaison, soit par répulsion électrostatique des grains de ciment **[42].** Lorsque l'on ajoute un polysulfonate dans une suspension cimentaire, les polymères viennent se fixer à la surface des particules solides du ciment par adsorption (ils s'adsorbent

avec le groupe SO_3, le contre-ion passe en solution) (figure 2.2). Cette adsorption s'effectue sur les phases hydratées du ciment**.** En s'adsorbant à la surface des particules de ciment, les molécules de polysulfonate modifient les forces d'interaction si elles sont ionisées dans le liquide **[42, 43,44].** Les groupes anioniques du polymère neutralisent les différentes charges, et confèrent à la surface des particules de ciment une charge négative **[40].** Ceci conduit à une répulsion électrostatique entre les particules voisines de ciment, et contribue à la défloculation et la dispersion des solides dans la suspension. Ce phénomène est illustré sur la figure .3.

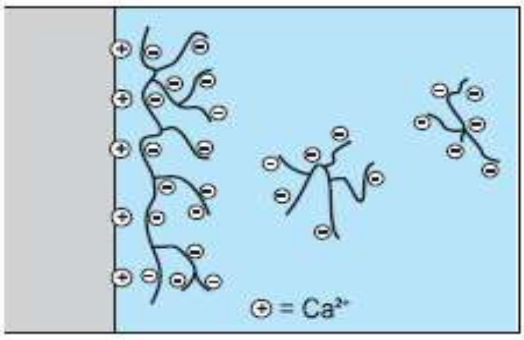


Figure III.3 : Adsorption d'un polymère à la surface d'une particule [42-44]

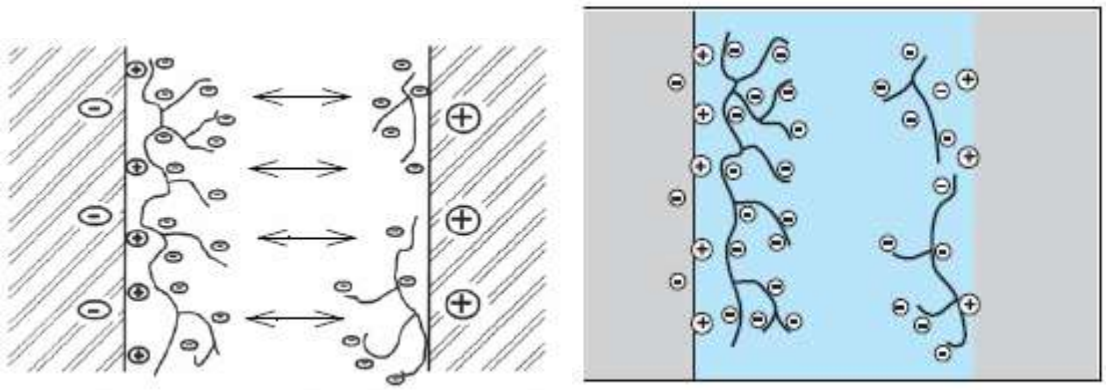


Figure III.4: Répulsion électrostatique entre deux particules de ciment [42-44]

2. Cas des polycarboxylates

Dans la famille des polycarboxylates (PC), on retrouve un grand nombre de composés chimiques qui agissent tous par leur terminaison – **COO^-.**

Les polycarboxylates sont beaucoup plus efficaces que les polynaphtalènes sulfonâtes pour disperser les grains de ciment sur une base masse des solides actifs / masse de ciment.

Les points de saturation peuvent aller du simple au double. Par contre, leur teneur en solides est toujours plus faible que celle des polysulfonates.

Lorsque les particules de ciment se rapprochent, les molécules entrent en contact les unes avec les autres sans se pénétrer et, en raison de l'accroissement de la densité dela couche adsorbée, il se crée une répulsion entre les particules. Ce phénomène est amplifié avec la masse moléculaire et le degré de ramification **[45,46].** Sur la figure 2.4, on trouve la représentation schématique de l'effet stérique.

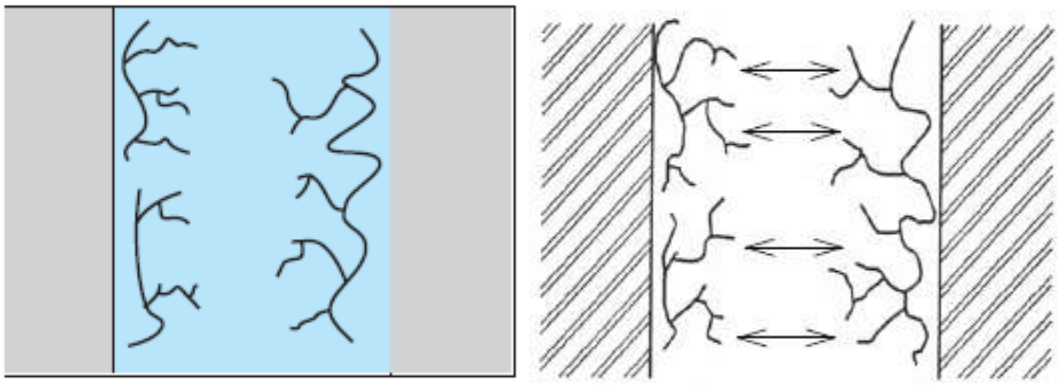


Figure III.5: Représentation schématique du phénomène de répulsion stérique [42-44]

Les polycarboxylates et les polyacrylates ont un potentiel zêta faible, c'est grâce à l'encombrement des macromolécules qu'ils repoussent les grains de ciment par effet stérique **[46]**. Ces superplastifiants possèdent une masse molaire moyenne très élevée (plus de 50 000 g/mol).

La figure III.6 représente un exemple de l'effet stérique d'un polymère adsorbé aux particules de ciment.

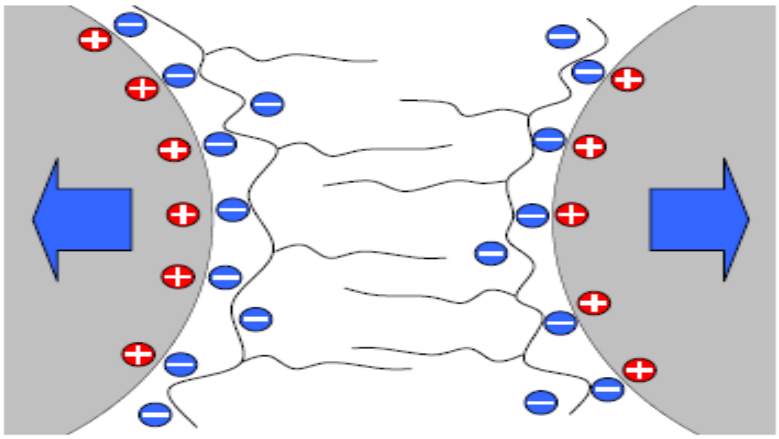


Figure III.6 : Particules de ciment recouvertes de polymères à fort encombrement stérique [4]

Les superplastifiants n'agissent pas tous de la même façon ; ceux à base de sulfonates (PNS, PMS et LS) par exemple, provoquent principalement une répulsion électrostatique entre les particules de ciment, tandis que les superplastifiants polycarboxylates (PC) et polyoxyéthylène (POE) sont plutôt efficaces grâce à un important effet stérique **[4]**. Zemirline dans son mémoire **[47]** a comparé l'effet de trois (03) superplastifiants, les LS, PNS ainsi que les PC sur l'ouvrabilité des BAP et a confirmé que ces derniers confectionnés avec du PC ont donné de meilleures résultats à cause de la meilleure compatibilité du PC avec le ciment.

III.2.6. Compatibilité Ciment/Superplastifiant

La principale difficulté rencontrée dans la formulation des bétons adjuvantés consiste à Choisir le couple ciment/superplastifiant le plus efficace permettant d'obtenir une réduction maximale de l'eau, une bonne ouvrabilité et une rhéologie satisfaisante pendant le temps de mise en œuvre.

Lors de l'utilisation du superplastifiant dans la confection des bétons, certains ciments en présence d'un certain type de superplastifiants peuvent présenter des phénomènes d'incompatibilité ciment/superplastifiant : irrégularité des affaissements initiaux et des temps de prise, et surtout, perte rapide de maniabilité après la fabrication **[47].**

Le nombre d'incompatibilité augmente au fur et à mesure que le rapport E/C décroît **[48]**

L'interaction entre les grains de ciment et les superplastifiants peut être compliquée par les interactions entre le ciment et les sulfates et les superplastifiants et les sulfates **[49]**

III.3. LES AGENTS DE VISCOSITE

III.3.1. Propriétés des agents de viscosité

Généralement les superplastifiants diminuent la viscosité du béton, ce qui rend le matériau plus sensible vis-à-vis du phénomène de ségrégation. Les agents de viscosité ont la propriété essentielle de modifier le comportement rhéologique des milieux aqueux dans lesquels ils sont utilisés (ce rôle peut aller du simple épaississement jusqu'à la gélification) et peuvent être utilisés avec intérêt dans la composition des BAP. Si la formule ne contient pas d'agent de viscosité, il est nécessaire d'avoir une plus grande quantité de liant pour assurer un écoulement sans ségrégation.

Les agents de viscosité peuvent être de différentes natures :

- Polysaccharide obtenu par fermentation microbiologique du type gomme welan ou gomme de xanthane ;
- Dérivés cellulosiques à base de méthyle cellulose, d'hydroxy-éthyl cellulose ;

  Colloïde naturel ;

- Suspension des particules siliceuses.

L'agent de viscosité est un polymère qui interagit avec l'eau et rend la pâte du béton plus visqueuse. Une meilleure cohésion de la pâte permet de maintenir une distance entre les granulats, ce qui réduit leurs interactions de friction et de collision lors de l'écoulement du matériau et évite le phénomène de blocage à l'endroit d'un obstacle.

Il permet de conserver une répartition homogène des différents constituants

III.3.2. Mode d'action des agents de viscosités

Le mécanisme d'action des agents colloïdal peut être décompose en trois phases **[50] :**

a. **Adsorption** : les longues chaines de polymères adhèrent à la périphérie des molécules d'eau par un phénomène d'adsorption et fixation d'une partie de l'eau. Il y aura ainsi une expansion de la chaîne. La quantité d'eau adsorbée dépend de la longueur des polymères et de leur surface spécifique.

b. Association : les molécules des chaînes de polymères adjacentes peuvent développer entre elles des forces attractives de type de Van der Waals ou a travers des ponts d'hydrogène, ce qui bloque les mouvements de l'eau et provoque la formation d'un gel micro cristallaire qui augmente la viscosité.

c. Chevauchement : il peut y avoir un chevauchement entre les polymères dans le cas de fortes concentrations, ce qui augmente la viscosité.

A la fin , on peut dire puisque , l'action de l'agent de viscosité étant d'une certaine façon opposée à celle du superplastifiant, donc l'optimisation de la fluidité et de la résistance à la ségrégation d'un BAP requiert la sélection d'un couple compatible de superplastifiant et d'agent de viscosité et l'ajustement de leur dosage.

En général, pour une ouvrabilité donnée, la quantité de superplastifiant croit avec celle de l'agent de viscosité. Un dosage en agent de viscosité trop important empêche la pâte de se déformer et entraîne une perte de fluidité.

Les agents de viscosité peuvent avoir une seconde fonction, le retard de prise, ainsi que l'entraînement d'une certaine quantité d'air, entraînant des conséquences sur la résistance mécanique du béton. Les effets secondaires sont fonction du type et du dosage de l'agent de viscosité utilisé.

III.3.3. Effet des agents colloïdaux sur les BAP

III.3.3.1. sur la stabilité des bétons

Les agents de viscosité possèdent un rôle très important pour maintenir la stabilité des mélanges cimentaires. Ils assurent une cohésion entre les différentes phases d'un mélange, augmentant ainsi la résistance à la ségrégation des mélanges, et empêchent les mouvements libres d'eau, réduisant le ressuage **[51].** Au niveau rhéologique, ils agissent en augmentant à la fois le seuil de cisaillement et la viscosité des mélanges **[52].**

Petersson et **Billberg [53]** ont démontré durant leur investigation sur le blocage des bétons autoplaçants, que l'utilisation d'un agent de viscosité provoque une perte d'ouvrabilité dans les BAP comparés à ceux qui contiennent uniquement des fillers. L'agent de viscosité donne plus de stabilité au BAP mais ne peut en aucun cas remplacer l'ajout minéral. Quand le blocage n'est pas le vrai problème, dans un mélange, l'agent de viscosité peut être utilisé, avec ou sans ajout minéral, pour garder la stabilité.

Gibb [54] est sorti avec un nouveau produit, un seul adjuvant regroupant le superplastifiant à base de polycarboxylate et l'agent de viscosité du type gomme de Welan.

III.3.3.2. sur les propriétés rhéologiques des bétons

La rhéologie est la science de l'écoulement d'une matière. Les plus importantes des propriétés rhéologiques sont le seuil de cisaillement et la viscosité. Le seuil de cisaillement est la contrainte minimale qu'on doit appliquer à une matière pour obtenir son écoulement. Ce paramètre est très important surtout pour le malaxage, le pompage et l'injection des coulis.

La viscosité est la mesure des frictions internes (résistance à l'écoulement) d'une matière pendant son écoulement.

Beaucoup de recherches ont été faites sur les effets des agents colloïdaux sur les propriétés rhéologiques des bétons et des pâtes de ciment modifiés avec ces adjuvants **[55-50, 56, 57,58]**. Les agents colloïdaux augmentent la viscosité apparente et le seuil de cisaillement.

Les solutions contenant des agents colloïdaux sont caractérisées comme pseudoplastiques, c'est-à-dire qu'en augmentant la vitesse de pompage ou de malaxage le mélange devient plus fluide (la viscosité diminue). Si on arrête de malaxer ou de pomper la viscosité augmente.

Le degré de pseudoplasticité dépend de type et du dosage en polymère. Selon des résultats de recherche **[59]**, **[50], [60]** sur les agents colloïdaux la, gomme de welan donne les mélanges luspseudoplastiques que les mélanges modifiés avec des produits à base de cellulose comme I'hydroq de propylène méthyle cellulose (HPMC). Les pertes de fluidité peuvent être évitées en ajustant le dosage de superplastifiant**[56]**. En utilisant ces deux adjuvants on peut avoir une pâte de ciment assez fluide et assez cohésive pour éviter la séparation des constituants.

Ghio et coll [57] ont étudié l'effet de la gomme de polysaccharide en combinaison avec un superplastifianta base de naphtalène sur la rhéologie des pâtes de ciment Selon leur étude l'agent colloïdal a un plus grand effet sur la viscosité à bas taux de cisaillement qu'à haut taux de cisaillement. Selon la même étude, l'effet pseudoplastique est plus marqué dans les pâtes contenant un agent colloïdal et un superplastifiant que dans les pâtes contenant seulement un agent colloïdal.

Yunrgi et coll. [58] ont étudié la variation de la fluidité des mortiers causée par l'utilisation de forts dosages de superplastifiant (dans leur étude ils ont utilisé le dosage de superplastiant de 2,5 % par rapport a la masse des matières cimentiers).

Les mortiers avaient des rapports E/C entre 0,30 et 0,60 et contenaient un agent colloïdal en quantité de 0,05 % d'eau. Une partie du ciment a été remplacée par un ajout minéral (laitier de haut fourneau, cendre volante ou filler calcaire). Ils ont constaté que l'ajout d'un agent colloida1 diminue la variation de la fluidité, que la fluidité des mortiers peut être améliorée en

remplaçant une quantité de ciment par ajouts minéraux plus grand était le remplacement du ciment.

III.3.3.3. sur les propriétés mécaniques

khayata fait une étude complète **[15]** sur les effets de deux différents agents colloïdaux (le HPMC et de la gomme de welan) sur les propriétés du béton durci. Selon cette étude, la résistance en compression, en flexion et le module d'élasticité des bétons contenant un agent colloïdal sont plus faibles que ceux d'un béton sans agent colloïdal.

Les résistances à la compression des bétons de différents rapports E/C (0,60-0,45 et 0,30) contenant de la gomme de welan sont comparées avec ceux sans agent colloïdal.

Les bétons contenant de la gomme de welan de rapport E/C = 0,60, donnent des résistances plus élevées que les bétons-témoins, tandis que les résistances des bétons contenant de la gomme de welan ayant des rapports E/C de 0,45 et de 0,30 sont plus faibles que les résistances des témoins correspondants. Les bétons de rapport E/C de 0,45 contenant de la gomme de welan ont atteint 87 % de la résistance du béton de contrôle à 7 jours, tandis que les bétons contenant du HPMC n'ont atteint seulement 70 % de résistance du béton de contrôle. À 84 jours les bétons de même rapport E/C et contenant de la gomme de welan et du HPMC ont atteint respectivement 95 % et 84 % de la résistance du béton-témoin.

Dans la même étude **[61]** la porosité des bétons avec et sans agent colloïdal a été étudiée. Selon les résultats obtenus, les bétons ayant de faibles rapports E/C contenant des agents colloïdaux semblent avoir une concentration de grands pores capillaires (qui peuvent affaiblir les résistances mécaniques) plus importante que les bétons qui ne contiennent pas d'agent colloïdal.

III.4. CONCLUSION

En général, pour une ouvrabilité donnée, la quantité de superplastifiant croit avec celle de l'agent de viscosité. Un dosage en agent de viscosité trop important empêche la pâte de se déformer et entraîne une perte de fluidité. Notons également qu'une très forte quantité d'agent de viscosité peut conduire à un entraînement d'air excessif.

Jusqu'à présent, il n'est pas encore possible de fabriquer des superplastifiants qui soient efficaces avec n'importe quel ciment, pour n'importe quel E/C, parce que la vitesse de dissolution des différentes formes de sulfates de calcium que l'on retrouve dans les ciments modernes varie beaucoup trop. Cependant, lorsqu'on fabrique un ciment portland, si on prend en considération l'influence du sulfate de calcium sur la rhéologie des bétons à faible rapport E/L, il est possible d'ajuster la composition du ciment portland pour qu'il devient parfaitement compatible avec tous superplastifiants que l'on retrouve sur le marché. **[62]**
Il faut reconnaître que les superplastifiants, quand ils sont bien utilisés, sont des constituants essentiels des bétons durables tout autant que le ciment. Grâce aux propriétés dispersantes très efficaces des superplastifiants, il est maintenant possible de fabriquer des bétons fluides à des rapports E/L très faibles de l'ordre de 0.32 ou même moins.

DEUXIÈME PARTIE
ÉTUDE EXPÉRIMENTAux

CHAPITRE IV

CARACTERISATIONS DES MAERIAUX ET METHODES D'ESSAIS

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, on s'intéresse à la présentation des matériaux et des méthodes utilisées pour réaliser les différents essais expérimentaux de notre recherche.

Dans une première partie les caractéristiques et les propriétés des matériaux de base utilisés dans la composition des mortiers. Dans une seconde partie, on exposera la méthode de formulation adoptée dans les différentes compositions des mortiers.

IV.2. Caractérisation des Matériaux

IV.2.1. Le ciment

On utilise un seul type de ciment au cours de cette étude expérimentale qui est le ciment portland composé CPJ-CEM II/A 42.5 qui provient de la cimenterie de LAFARGE (figure IV.1) dont l'ajout est le calcaire qui est conforme à la norme [NA 442]**[9].**L'Analyse chimique et composition de ciment ainsi que les caractéristiques physiques sont présentées aux tableaux IV.1 et IV.2 suivants, selon la fiche technique du ciment (Annexes A).

Tableau IV.1. L'Analyse chimique et composition du ciment El Mâtine

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

Tableau IV.2 : Essai physiques sur ciment

Essais	**Norme**
Consistance normale de la pâte de ciment (%)	25.50-28.00
Retrait à 28 jours (mm/m)	< 1000
Expansion (mm)	0.50 – 2.50
Début de prise (min)	120 – 180
Fin de prise (min)	210-280



Figure IV.1. ciment portland compose " matine "

IV.2.2. Les sables

IV.2.2.1.Le sable normalisé

Le sable utilisé est un sable normalisé CEN de LEUCATE **[63]** conforme à la norme EN196-1**[64],** ce sable est commercialisé en sac plastique de 1350 ± 5g, sa courbe granulométrique se situe à l'intérieur du fuseau indiqué sur la figure IV.2, et son module de finesse moyen est égal à 2,32.



Figure IV.2. Sable normalisé

IV.2.2.2 .sable de dune

On a utilisé un Sable de Hassi Bahbah, située à 190 Km de Médéa, sa classe granulaire est 0/0,315, c'est un sable très fin (figure IV.3) son module de finesse est égal à 0.86.



Figure. IV.3. Sable de Hassi Bahbah

IV.2.2.3. Le sable de concassage

On a utilisé un sable de concassage de dimension 0/3 (figure IV.4), provenant de la station de concassage de MONT GORNO situé à 25 Km au sud de Médéa **[65].**Son module de finesse moyen est égal à 3.47.



FigureIV.4 Sable de MONT GORNO

IV.2.2.4. Le sable de corrigé :

Le sable corrigé c'est le mélange de 40%de sable normalisé et 60%de sable concassé.

Tableau IV.3. Propriétés physiques d'identification des sables utilisés

Caractéristiques	**Type de sable**			**Normes**
Provenance	**Normalisé**	**Hassi** Bahbah	**Concassé**	
Classe granulaire	0/3	0/3	0/5	NF EN 933-1 **[66]**
Module de finesse	2.32	0.86	3.47	
Masse volumique absolue (g/cm^3)	2.70	2.64	2.88	NF EN 1097-6 **[67]**
Equivalent de sable (%)	29.24	84.73	92.24	NF EN 933-8 **[68]**
Taux d'absorption d'eau (%)	3.10	1.62	0.50	NF EN 1097-6 **[67]**

IV.2.3. L'eau de Gâchage

L'eau de gâchage utilisée dans cette étude est l'eau du robinet de notre laboratoire. Sa température est comprise entre 10 et 22°C.

IV.2.4. Les adjuvants chimiques

a. Le superplastifiants (pc)

Pour cette étude, on a utilisé un même type de superplastifiant, afin d'assurer une ouvrabilité satisfaisante avec réduction d'eau de gâchage, on a employé un adjuvant Superplastifiant – Haut réducteur d'eau de la troisième génération, sous forme de liquide et d'une couleur jaunâtre, et conçuà base de poly carboxylates. MEDAFLOW 145 permet de diminuer le rapport eau/ciment (E/C) tout en améliorant considérablement la fluidité du béton. Il permet

aussi d'augmenter les résistances mécaniques au jeune âge et à long terme. La plage de dosage recommandée du MEDAFLOW 145 est de 0.6 à 2 %. Toutefois, le dosage optimal doit être recherché selon le type de mortier et les propriétés recherchées par la réalisation des gâchés au laboratoire.(Figure IV.5),selon la fiche technique du superplastifiant Medaflow 145 (Annexes B).

Ses caractéristiques sont :

- Aspect ……. Liquide
- Couleur ……... brai clair
- pH …… 5 – 6
- Densité …… 1.06 ± 0.02
- Teneur en chlore …… < 0.1 g/l



Figure IV.5. Le superplastifiant MEDAFLOW 145

b. Les agents de viscosité

Il est fabriqué par la société GRANITEX **[69]** et commercialisé sous le nom de MEDACOLE BSE (Annexes B) .Il est composé essentiellement d'agents colloïdale et de micro silice ultra fine sa plage normale d'utilisation est fixée par la fiche technique de : 0.3 à 2 % par rapport au masse du ciment , telle que le dosage dépendra de la viscosité recherché du coulis.



Figure IV.6. agent de viscosité (LE MEDACOL BSE)

- **DESCRIPTION**

Le MEDACOL BSE est un adjuvant en poudre destiné à la confection de bétons et mortiers coulés dans l'eau. **[69]**

- **PROPRIÉTÉS**

Le MEDACOL BSE rend le béton plus plastique voire visqueux, ce qui facilite le bétonnage sous l'eau, sans lessivage ni ségrégation.

- **CARACTÉRISTIQUES**

Le MEDACOL BSE est composé essentiellement d'agent colloïdaux et de micro silice ultra fine :

!Aspect ……..…….....……..... Poudre grisâtre

!Densité…….....…….....……..... 0,5, **[69]**

IV.3. Formulation des mortiers autoplaçants

Notre étude est focalisée sur l'influence de la nature du sable et du dosage en superplastifiant et un seul type de l'agent de viscosité sur la formulation d'un mortier autoplaçant. Afin de déterminer les quantités des matériaux : sable, ciment, eau et adjuvant, nous sommes basés sur la méthode Japonaise (méthode générale) proposée par OKAMURA, (voir Annexes C) avec quelques modifications apportées au niveau de la détermination de la teneur en sable dans le mortier (S/M), le rapport eau/ciment (E/C) ainsi que le rapport superplastifiant/ciment (S_P/C)et ceci dans le but de s'adapter avec les exigences des matériaux locaux et d'obtenir de bonnes caractéristiques du mortier à l'état frais. **BOUKENDAKDJI [70],** dans ses travaux de recherche a ajusté le rapport S/M (S/M=0.5) et S_P/C de manière à avoir un diamètre d'étalement de la galette du mortier compris entre 270 et 330 mm et un temps d'écoulement à l'entonnoir en V-Funnel compris entre 2 et 10 s.

Afin de minimiser le nombre de variables pour le mortier autoplaçant de référence, nous avons jugé judicieux de maintenir fixe les deux rapports S/M et E/C. Dans notre étude, nous sommes basés sur les travaux de **BOUKENDAKDJI [70].** Le rapport E/C a été varié à (0,4-0.45) avec une fixation apportée au niveau de la détermination de la teneur en sable dans le mortier (S/M = 0.5).

En ce qui concerne l'optimisation du dosage en superplastifiant avec la nature du sable utilisé, nous avons étudié la variation du diamètre d'étalement de la galette et le temps d'écoulement

du mortier au V-funnel en fonction de la variation de la teneur en superplastifiant de 0.6 à 2% et l'agent de viscosité à l'état frais. Nous suivons ensuite les résistances mécaniques à l'état durci des différents mortiers autoplaçant fabriqués.

IV.3.1. Les variables étudiées

Pour récapituler notre travail, l'étude est divisée en deux parties. La première partie concerne la formulation des mortiers témoins (porte que le superplasifiant à base de polycarboxylate), avec le rapport sable/mortier S/M=0.50, le rapport E/C=0.40 et 0.45, et d'autre part , on a étudier la formulation des mortiers contenant les agents de viscosité avec le rapport sable/mortier S/M=0.50, et le rapport E/C=0.40 lors les essais préliminaires et par la suite , on a formuler les mortiers contenant les agents de viscosité qu'avec le E/C= 0.45. En procédant aux essais d'étalement et d'entonnoir en V. Funnel pour étudier l'effet des adjuvants chimiques sur l'ouvrabilité du mortier autoplaçant.

On peut résumer les dosages réalisés comme suit :

Les mortiers témoins et avec E/C=0.4 le, (SP= 0.6% jusqu'à 2%).

Les mortiers témoins et avec E/C=0.45 le (SP= 0.6% jusqu'à 2%).

Les mortiers contenant l'agent de viscosité, sont avec que E/C=0.45.(à E/C=0.4 les essais préliminaires ont donné des mélanges fermes car les agents de viscosités sont des grands rétenteurs d'eau).

Les dosages portés pour les mortiers contenant des agents de viscosités sont comme suit : (SP= à partir de 0.6% jusqu'à 2%), et les dosages des agents de viscosité sont :

De : 0.01% ,0.02%, 0.03% avec LE MEDACOL BSE.

Après les essais d'évaluation de l'ouvrabilité, on a analysé les propriétés mécaniques des MAP en procédant aux essais de résistance en compression et en traction des mortiers témoins et les mortiers contenant de l'agent de viscosité.

IV.4. Malaxage du mortier

Pour la confection du mortier, nous avons utilisé un malaxeur de 5 litres de capacité (Figure IV.7). La séquence de malaxage du mortier est la suivante :

- Malaxer à sec les matériaux (le sable et le ciment) pendant environ un 30seconde dans le but d'homogénéiser le mélange,
- Ajouter pendant 1 minute la première quantité d'eau (w1 = 60% Eau);
- Ajouter pendant 1 minute le restant de l'eau de gâchage (w2 =40% Eau)

mélangé avec le superplastifiant ;

- Malaxer le mélange pendant 3 minutes.

La séquence de malaxage est la même pour tous les mélanges du mortier.Sauf que l'incorporation des agent de viscosité était selon l'état physique de chaque adjuvants , et Pour assurer leur meilleure incorporation,l'agent colloïdalle MEDACOL BSE qui est en poudre est ajouté en très petites quantités, et d'après le séquence de malaxage de ce produit cité en fiche technique, il doit être mélanger avec les agrégats (ciment,sable) (cette quantité a été prise d'un pourcentage massique du ciment et ajouté d'un seul coup .



Figure IV.7 : Malaxeur à mortier

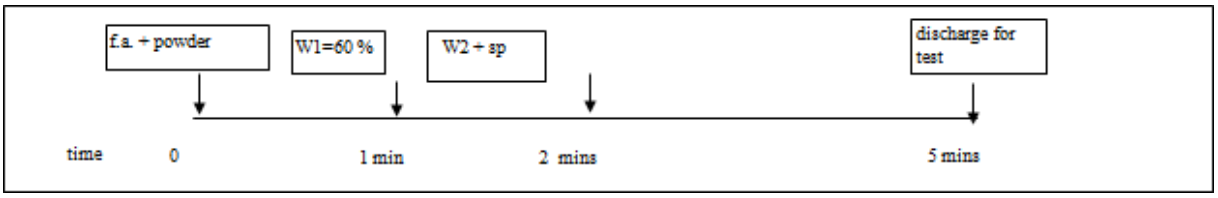


Figure IV.8. Séquence de malaxage du mortier

IV.5. Méthodes d'essais

***Lavage du sable de concassage :**

Le lavage du sable doit se faire afin d'obtenir un constituant propre, exempte d'éléments nocifs et de fines. Le lavage est effectué sous l'eau de robinet en procédant au tamisage de sable avec un tamis de maille égale à 0.063 mm **[31].**

IV.5.1. Les Essais

a- Masse volumique absolue

Cet essai (figure IV.9) consiste à mettre dans une éprouvette un volume d'eau de 200 ml puis on verse 100 g du matériau dedans étape le biais de l'équation suivante on calcul la masse volumique absolue **[31]** (voir Annexes D)

ρ_{abs} = M / V 2-V 1 (kg/ m 3) (4.1)

À la fin, on peut tirer les indices suivants : (porosité, compacité, indice des vides).

$C = \rho_{app} / \rho_{abs}$ (4.2)

$P = 1 - C$ (4.3)

$I = P / C$ (4.4)

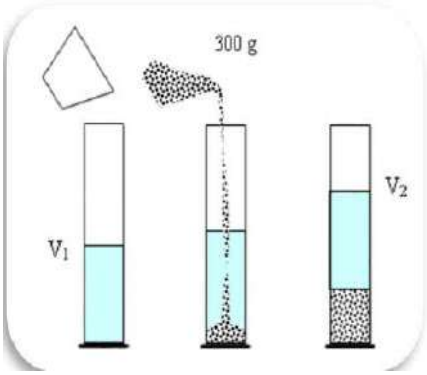


Figure IV.9. Les éprouvettes de mesure

b- Equivalent de sable

Selon la norme NA.455/1990 **[31],** la procédure de mesure de l'équivalent de sable est comme suit **[71]:**

* On dispose de trois éprouvettes propres pour chaque sable, puis on prendra la moyenne des trois résultats obtenus ;

* En versant une quantité de 120 g de sable, jusqu'au premier trait d'une éprouvette normalisée contenant une solution lavant, et on laisse à reposer 10 minutes.

* On bouche les éprouvettes et on les agite d'une manière automatique à l'aide d'une machine agitatrice pendant 30 secondes ;

* On lave et on remplit les éprouvettes par la solution lavant jusqu'au trait supérieur, et les laisse à reposer 20 minutes en évitant toute vibration ; On lit les hauteurs h_1 et h_2 puis à l'aide d'un piston on mesure h_2'. (Voir Annexes D)

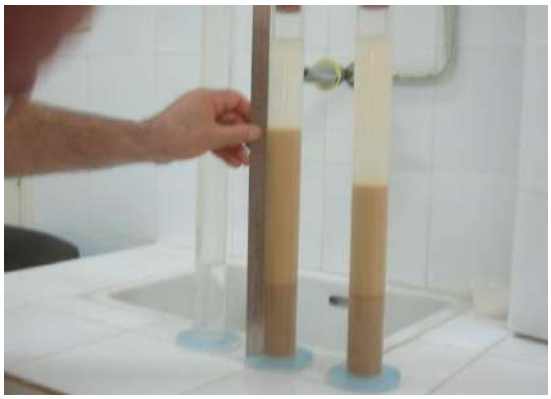


Figure IV.10. Procédure de mesure de l'équivalent de sable

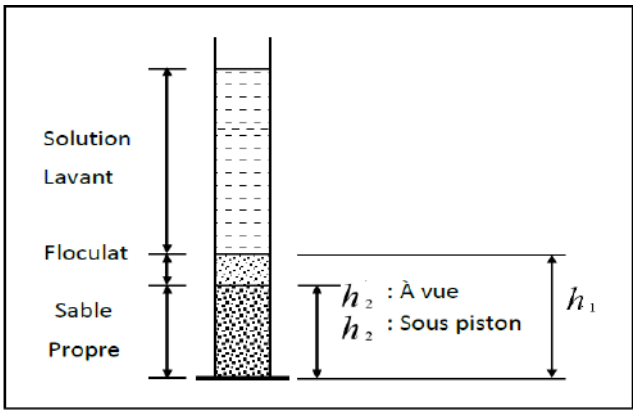


Figure IV.11. Les différents repères de l'essai d'équivalent de sable

c- Taux d'absorption des granulats

Après déshydratation des échantillons à 105°C, on les pose dans un bac d'eau jusqu'à la saturation, et on mesure ensuite le taux d'absorption des granulats par la formule suivante :

$$AG\ (\%)=\left(\frac{M_1-M_2}{M_1}\right)*100 \quad (4.5)$$

Avec : M_1: Poids de l'échantillon déshydraté

M_2: Poids de l'échantillon après saturation

d-Granulométrie

L'analyse granulométrique a été réalisée conformément à la norme Algérienne NA 2607-1990 **[30]** .où le sable passant à travers une série de maille décroissante (figure IV.12) dont on pèse le refus de chaque tamis **[71].**

On utilise une quantité de 1000 g pour le sable de concassage et 1400 g pour le sable roulé.

On trace les courbes granulométriques pour chaque sable, puis on tire les coefficients suivants:

* Le coefficient d'uniformité Cu
* Le coefficient de courbure Cc
* Le module de finesse MF



Figure IV.12. Séries de tamis

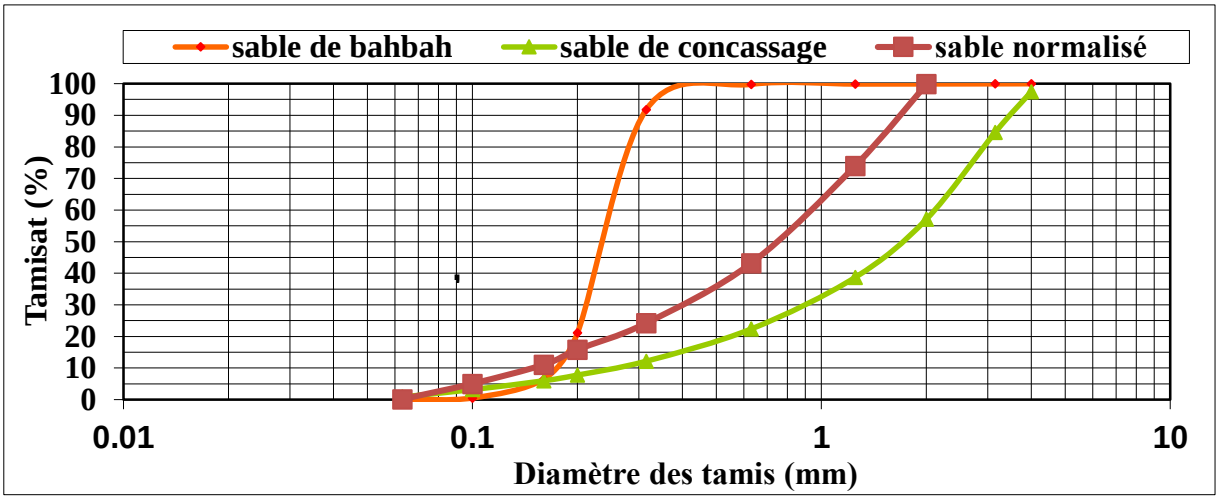


Figure IV.13. Granulométrie de déférant sable utilisé

IV.5.1.2. Essais effectués sur mortier

IV.5.1.2.1. A l'état frais

A. Essais d'étalement au mini-cône

L'essai d'étalement consiste à remplir un moule tronconique placé sur une surface horizontale lisse, une fois le moule soulevé, le diamètre d'étalement du mortier est mesuré suivant deux directions perpendiculaire, la moyenne est retenu. La figure IV.14 montre le dispositif de l'essai d'étalement pour les mortiers.

A.1. Matériel nécessaire

* Plaque métallique plane constituant un carré d'au moins 90 cm de côté ;
* Cône d'Abrams disposant d'un empattement à sa partie basse afin qu'il puisse être maintenu contre le plateau avec les pieds par l'opérateur ;
* Mètre ou réglet de 90cm ;

A.2. Mode opératoire

* Humidifier la surface de la plaque (éliminer l'eau en excès avec un chiffon) ;
* Placer et centrer le cône d'Abrams sur la plaque ;
* Remplir le cône en déversant de manière continue, jusqu'à l'arase supérieure du cône ;
* Soulever le cône verticalement à l'aide des deux poignées ;
* Une fois que le mortier s'est étalé sur la plaque, mesurer le diamètre final sur deux côtés perpendiculaires, Le résultat est exprimé en moyenne des deux valeurs obtenues ;
* Détecter visuellement s'il y a des signes de ségrégation de mortier (comme présence d'une épaisseur de laitance en périphérie de la galette et accumulation de granulat au centre d'une galette de mortier).

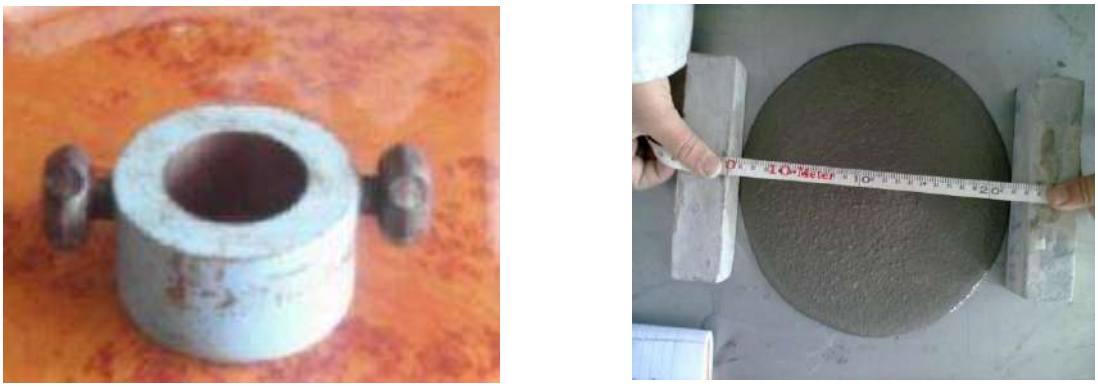


Figure IV.14: Essai d'étalement du mortier

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

L'entonnoir est destiné à imposer un écoulement du même type que celui imposé entre deux armatures parallèles. L'entonnoir est rempli de mortier et le temps pour lequel le mortier prend pour couler à travers le dispositif est mesuré. Ce temps mesuré indique la fluidité et caractérise la capacité du mortier à se déformer à travers des zones confinées par son passage par l'ouverture du col du dispositif (Figure IV.15).

B.1. Matériel nécessaire

* Entonnoir en V (V-funnel) ;
* Chronomètre ;
* Un seau de capacité de 12 litres ;

B.2. Mode opératoire

* Placer le V-funnel dans un endroit stable et s'assurer que le clapet est bien fermé ;
* Prélever dans un seau un échantillon de mortier représentatif d'environ de 12 litres ;
* Remplir l'entonnoir avec le mortier ;
* Mettre le seau au-dessous de l'orifice de l'entonnoir et ouvrir le clapet ;
* Remplir l'entonnoir une deuxième fois de béton ;
* Mettre le seau au-dessous de l'orifice de l'entonnoir ;
* Après une attente de 10 secondes, ouvrir le clapet en déclenchant le chronomètre ;
* Arrêter le chronomètre quand la première lumière est apparue à travers l'orifice de l'entonnoir, cette mesure est le temps d'écoulement TVF;
* Refaire l'essai 3 fois ;
* Le résultat est la moyenne des trois valeurs du temps d'écoulement obtenues



Figure IV.15.Essai d'entonnoir en V (V-funnel) pour mortier

IV.5.1.2.2. A l'état durci

Les essais de résistance mécanique de tous les mortiers étudiés ont été effectués sur des éprouvettes de forme prismatique de dimensions (4x4x16) cm^3. Pour chaque gâchée trois prismes ont été confectionnés (figure IV.16). Après démoulage, les éprouvettes ont été conservées dans un bac remplit d'eau à une température de 20 C° jusqu'au moment des essais. Vue la période limitée pour la réalisation de ce mémoire, les résistances mécaniques ont été déterminées juste à l'âge de 7 jours et 28 jours.



Figure IV.16 Confection des éprouvettes

A. Essai de traction

À l´âge requis (7j ;28j), les éprouvettes sont brisées par flexion en deux moitiés selon la norme [EN 196-1] **[64].** C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points) (Figure IV.17), une éprouvette prismatique de côté a et de longueur L **[72]**



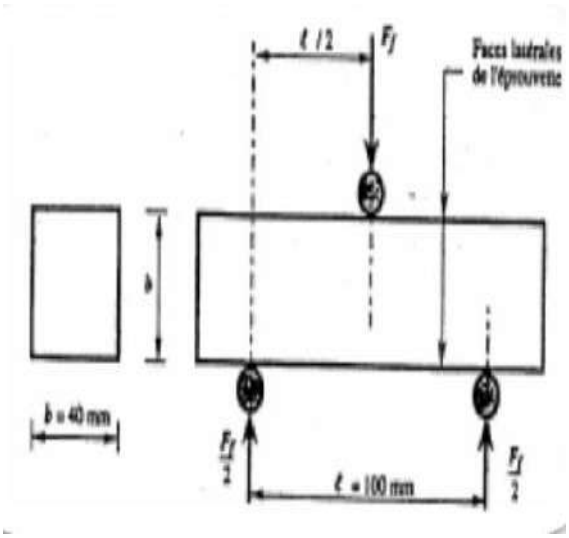


Figure IV.17. Essai de traction par flexion

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

$$\sigma_t = \frac{M}{I} v \qquad (4.6)$$

Avec : **M** : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge :

$$\mathbf{M}=\frac{F_f L}{4} \quad (4.7)$$

I: Moment d'inertie de la section transversale :

$$\mathbf{I}=\frac{a^4}{12} \quad (4.8)$$

V : La distance de la fibre inférieure la plus éloignée :

$$\mathbf{V}=\frac{a}{2} \quad (4.9)$$

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

$$\sigma_t=\frac{1.5F_f L}{a^3} \quad (4.10)$$

B. Essai de compression

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [EN 196-1] **[64]** par compression axiale pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques après rompre en flexion à l'âge de 7 jours, à l'aide d'une presse de capacité de 2000 KN (figure IV.18). La résistance à la compression correspond à la contrainte moyenne d'écrasement de six (06) demi-prismes des trois éprouvettes.

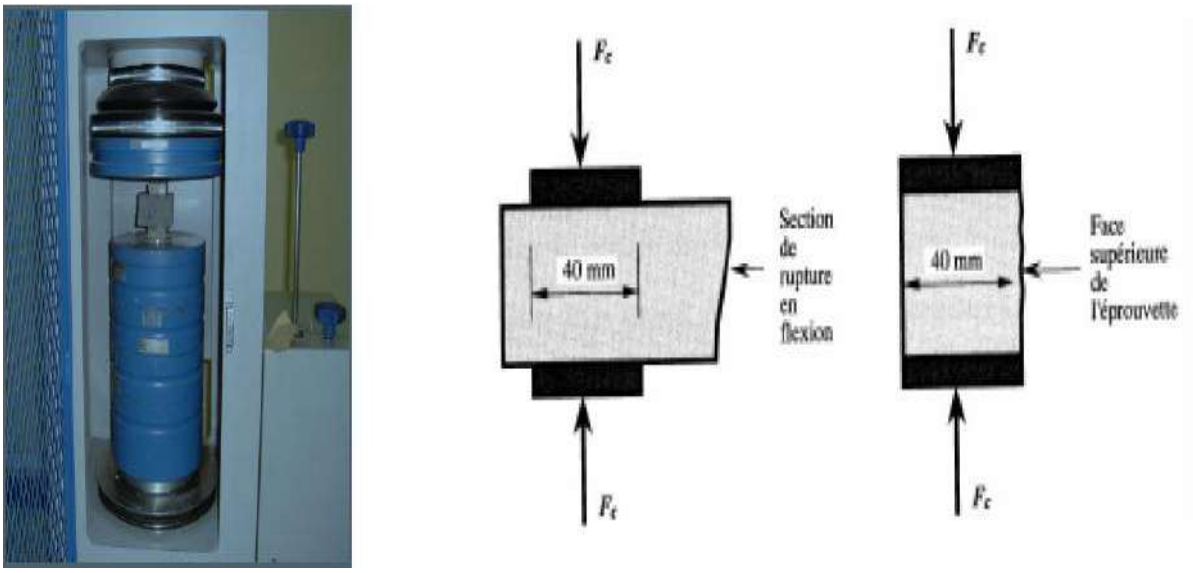


Figure IV.18. Essai de compression

Si F_C est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra :

$$\sigma_c=\frac{F_c}{a^2} \quad (4.11)$$

Cette contrainte est appelée résistance à la compression et, si F_C est exprimée en newtons, cette résistance exprimée en méga pascals vaut :

$$f_{C28}(\mathrm{MPA})=\frac{F_C(\mathrm{N})}{1600} \quad (4.12)$$

Essais sur mortier à l'état frais

Le diagramme suivant (Figure IV.19) résume les essais réalisés sur le béton à l'état frais.

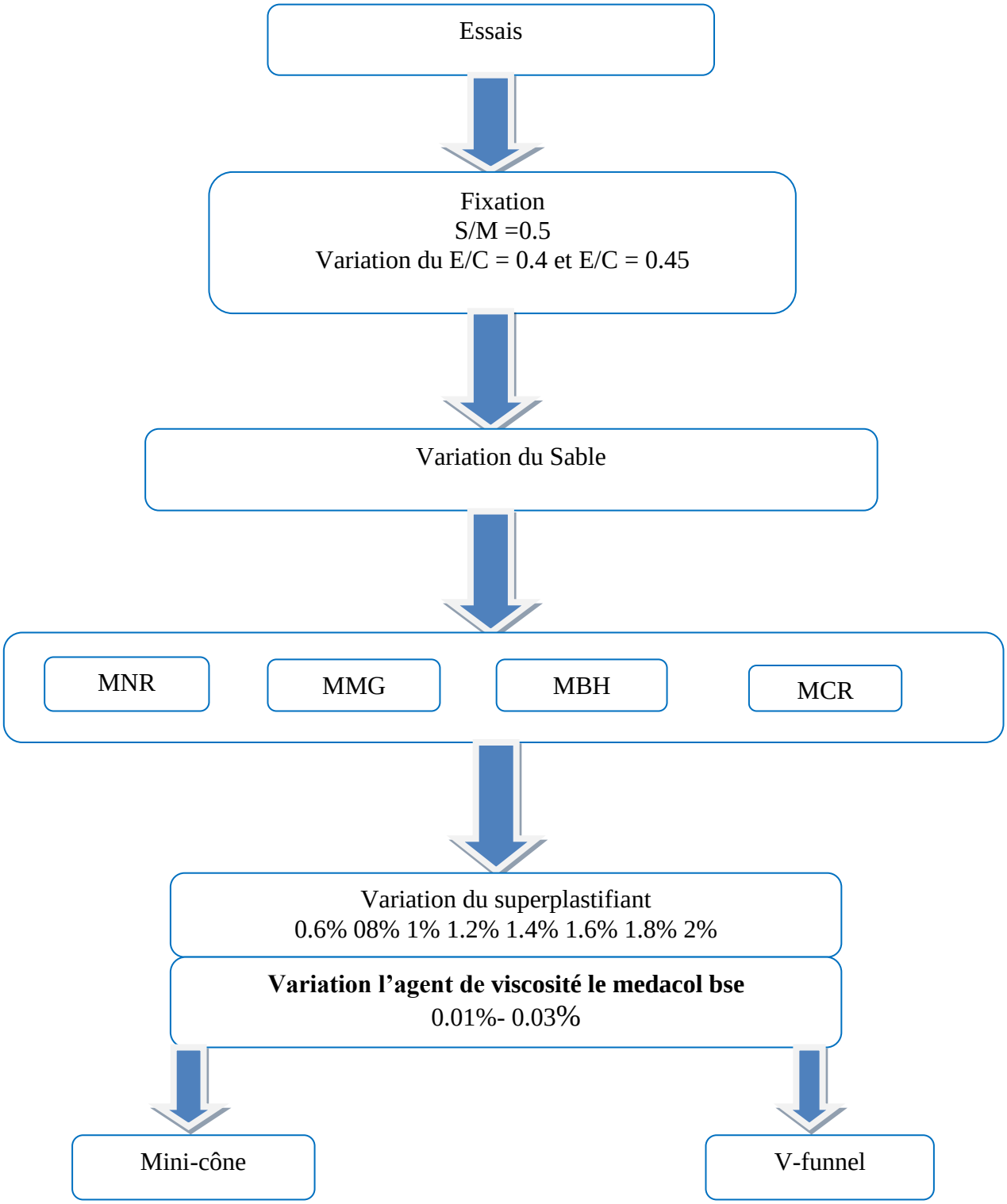


Figure IV.19.diagramme des essais réalisés sur mortier

MCR : mortier corrigé.

MMG : mortier concassé (mont gorno).

MBH : mortier de hassi bahbah.

MNR : mortier normalisé

Essais sur mortier à l'état durci

Le diagramme suivant (Figure IV.20) résume les essais réalisés sur le béton à l'état durci.

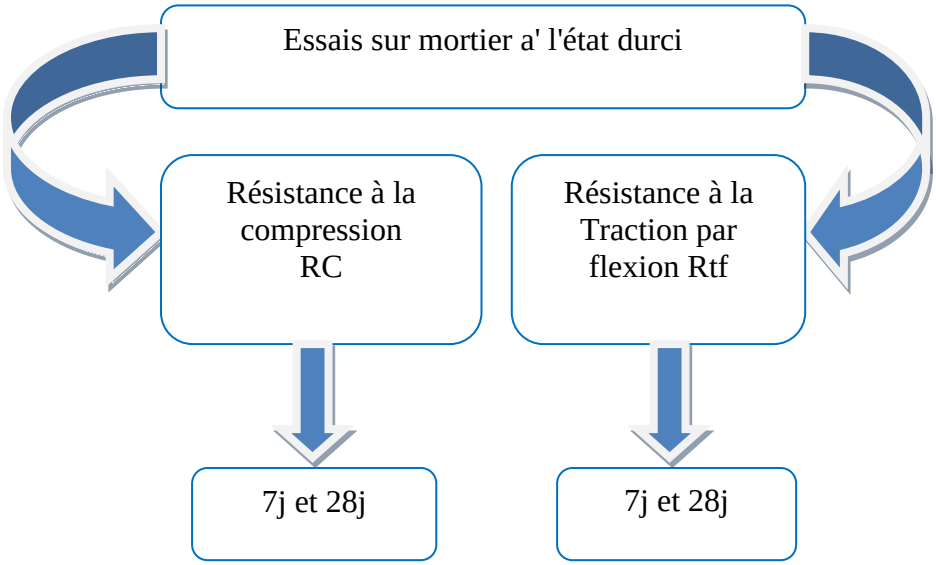


Figure IV.20 : diagramme des essais réalisés sur le mortier à l'état durci.

IV.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons étudié et préparé les materieux utilisés pour la formulation des mortiers autoplacants en faisant varier le sable et le rapport E/C, le dosage en superplastifian et l'agent de viscosité. Notre objectif est la production d'un mortier autoplaçant économique L'effet de ces plusieurs variables a été étudié à travers l'essai d'étalement au mini-cône et l'essai d'écoulement à l'entonnoir en V.funnel dans l'état frais .mais dans le cas durci sont emploies des essais pour étudier les propriétés mécaniques de ces différents mortiers par l'essai de traction par flexion et l'essai de compression.

CHAPITRE V

RESULTATS EXPERIMENTALE ET DISCUSSIONS

V.1. Résultats expérimentaux à l'état frais

V.1.1.INTRODUCTION

L'étude expérimentale a pour objectif, d'étudier l'effet de quelques paramètres de formulation, tel que l'agent de viscosité, le rapport E/C et le dosage en superplastifiant sur les caractéristiques à l'état frais et durci d'un mortier autoplaçant à base des matériaux locaux.

A cet effet, nous visons à tester les différents mortiers réalisés par l'essai d'étalement au mini cône et l'essai d'écoulement à l'entonnoir en (V – Funnel) à l'état frais.

Ainsi la caractérisation des différents mortiers à l'état durci à travers l'essai de traction par flexion et l'essai de compression.

Pour cela le plans de travail comme suite, on étudier les différentes types mortiers à base de (sable normalisé -sable de HassiBahbah-sable de concassage-sable corrigé) avec, (E/C=0.4et E/C=0.45) et varie le dosage du superplastifiant de (0.6%-2%), ensuite la deuxième partie on ajoute l'agent de viscosité (MEDACOLBSE), avec la même variation de paramètre précèdent. Les résultats expérimentaux obtenus dans cette étude sont présentés et discutés ci-après.

V.1.2.Les différentes types mortier témoin avec E/C=0.4

V.1.2.1.Sable normalisé

Tableau V.1. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable normalisé.

Mortier autoplaçant(MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.4**					
	MNR1	MNR2	MNR3	MNR4	MNR5	MNR6
Ciment (kg)	0.835					
Sable normalisé (kg)	1.620					
Eau (kg)	0.331	0.330	0.328	0.327	0.326	0.325
Superplastifiat (%)	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6
Etalement moyenne D_{moy}(mm)	203	290	299.5	309	319.5	317.5
Temps d'écoulement (sec)	8.64	5.08	6.48	7.28	6.70	8.19
Remarque	homogéne	homogéne	homogéne	Homogéne	Ressuage	Ressuage

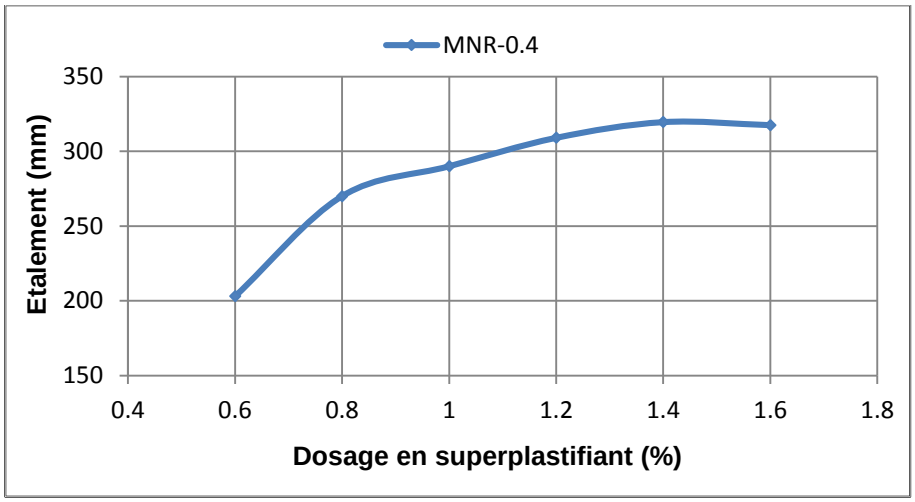


Figure V.1.Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé.

A partir de figure V.1 ci-dessous, nous remarquons que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour tous les mortiers à base de sable normalisé. On constate aussi que :

-avec un dosage de superplastifiant égale à 0,6%, il n'ya pas une amélioration du diamètre d'étalement suffisante.

-Pour les dosages en superplastifiant entre (0,8% et 1,2%), il y a une amélioration du diamètre d'étalement, et les mortiers obtenus sont de bons MAP.

-Pour les dosages en superplastifiant entre (1,4%et1, 6 %), il ya une augmentation du diamètre d'étalement, tout en restant acceptable, mais nous avons observé un ressuage.

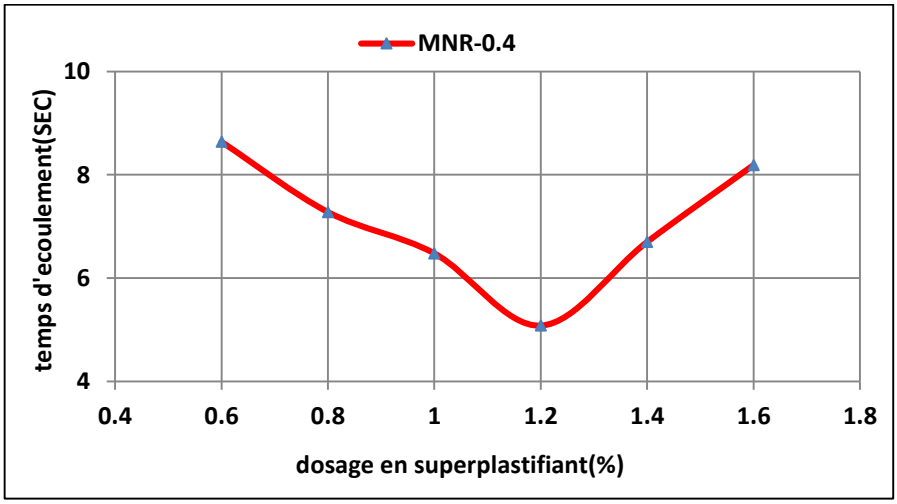


Figure. V.2. Variation du temps d'écoulement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé.

La figure V.2 montre que le temps d'écoulement a diminué à partir du dosage en superplastifiant de 0,6à1, 2%, Nous remarquons par la suite que le temps d'écoulement augmente à partir de la valeur de sp=1,2% à sp=1.6% lorsqu'il y a un ressuage.

On peut conclure que le meilleur dosage en superplastifiant pour les MAP à base de sable normalisé est de sp=1,2%.

V.1.2.2.sable de HassiBahbah

Tableau V.2 . Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable HassiBahbah.

Mortier autoplaçant(MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.4**			
	MBH1	MBH2	MBH3	MBH4
Ciment (kg)	0.835			
Sable de Hassi Bahbah (kg)	1.584			
Eau (kg)	0.330	0.328	0.325	0.322
Superplastifiant (%)	0.8	1	1.6	2.00
Etalement moyenne (mm)D_{moy}	87	90	109	123.5
Temps d'écoulement (sec)	>10	>10	>10	>10
Remarque	Sec	sec	Sec	Sec

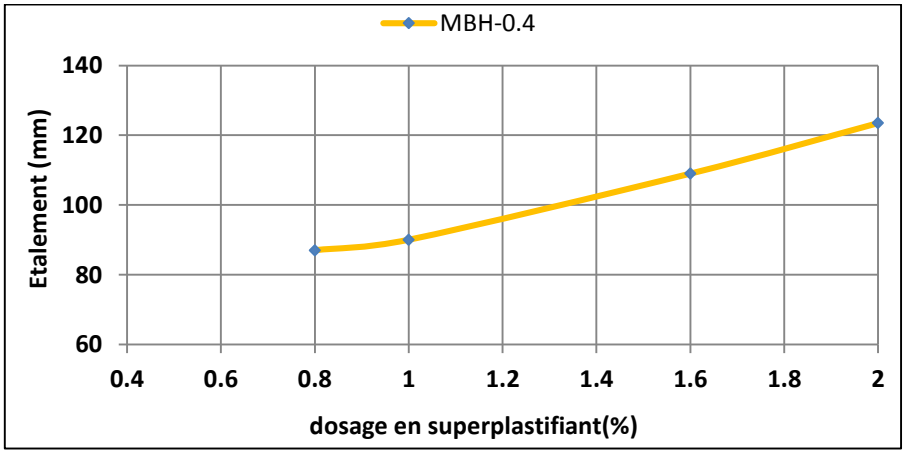


Figure V.3. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable de HassiBahbah.

Nous remarquons à partir de la figure V.3-ci-dessus que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour tous les mortiers, mais toutes les valeurs obtenues sont inférieures à la fourchette recommandée du mortier autoplaçant. Ceci nous permet de dire que le mortier à base du sable de Hassi Bahbah n'est pas un mortier autoplaçant.

V.1.2.3.sable concassé

Tableau V.3. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable concassé.

Mortier autoplaçant (MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.4**			
	MMG1	MMG2	MMG3	MMG4
Ciment (kg)	0.835			
Sable Concassé (kg)	1.728			
Eau (kg)	0.330	0.328	0.326	0.322
Superplastifiat (%)	0.8	1	1.4	2.00
Etalement moyenne (mm)D_{moy}	226	266	283	179
Temps d'écoulement (sec)	>10	>10	>10	>10
Remarque	segregation	segregation	segregation	segregation

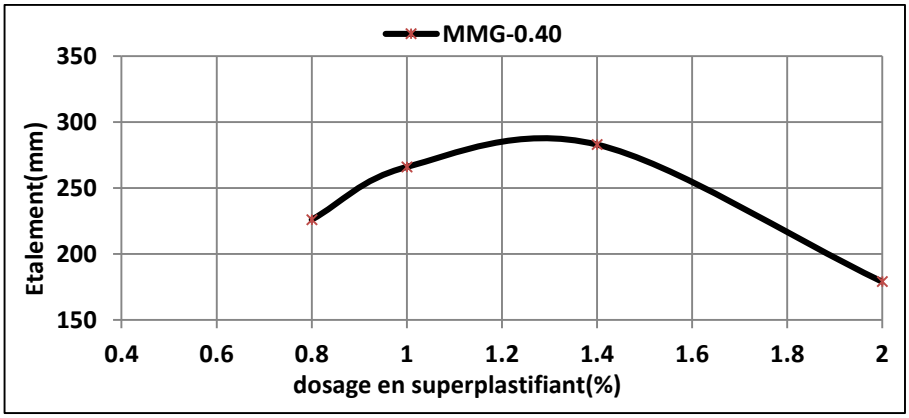


Figure V.4. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base de sable concassé.

Nous remarquons sur la figure V.4 l'augmentation du diamètre d'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers à base du sable concassé entre (0,8%et1, 4%), mais nous avons diminué à partir de la valeur de 1,4% du dosage qui exprime l'optimale du diamètre d'étalement donc nous avons un mauvais mortier.

V.1.2.4.sable corrigé

Tableau V.4. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable corrigé.

Mortier autoplaçant(MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.40**		
	MCR1	MCR2	MCR3
Ciment (kg)	0.835		
Sable de corrigé (kg/m^3)	1.670		
Eau (kg)	0.330	0.328	0.327
Superplastifiat (%)	0.8	1	1.2
Etalement moyenne (mm)D_{moy}	254.5	300	321
Temps d'écoulement (sec)	7.96	6.93	6.43
Remarque	Homogéne	Homogéne	Ressuage

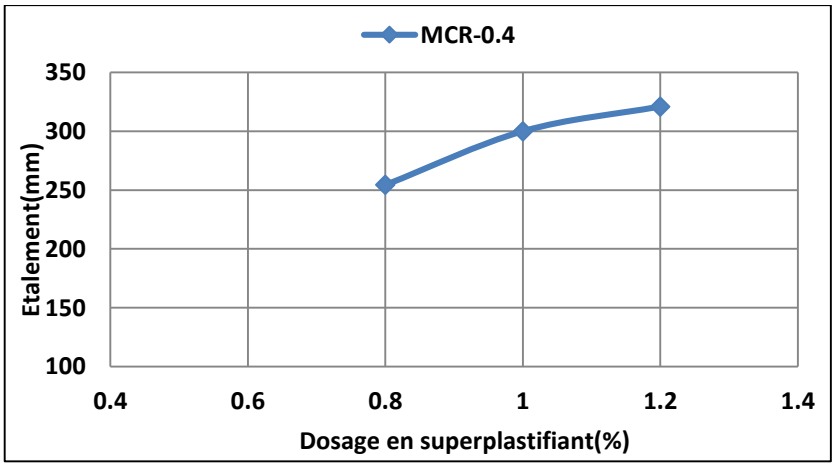


Figure V.5. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base de sable corrigé.

Nous remarquons à partir de la figure V.5-ci-dessous que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour tous les mortiers, mais toutes les valeurs obtenues sont à l'intérieure de la fourchette recommandée du mortier autoplaçant.

On peut dire que le mortier à base du sable corrigé est un mortier autoplaçant.

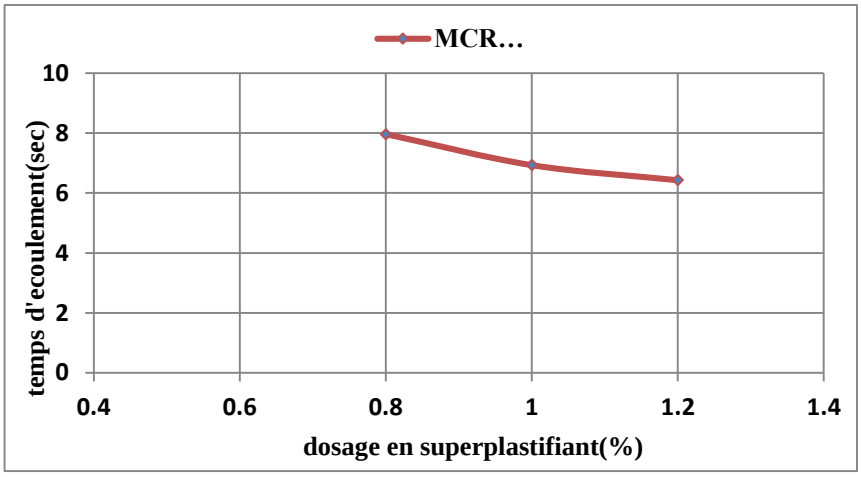


Figure V.6. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MCR) en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

La figure V.6 montre que le temps d'écoulement a diminué avec l'augmentation du dosage en superplastifiant à partir du 0,8%à1, 2%, ceci On peut dire que le mortier à base du sable corrigé est un mortier autoplaçant.

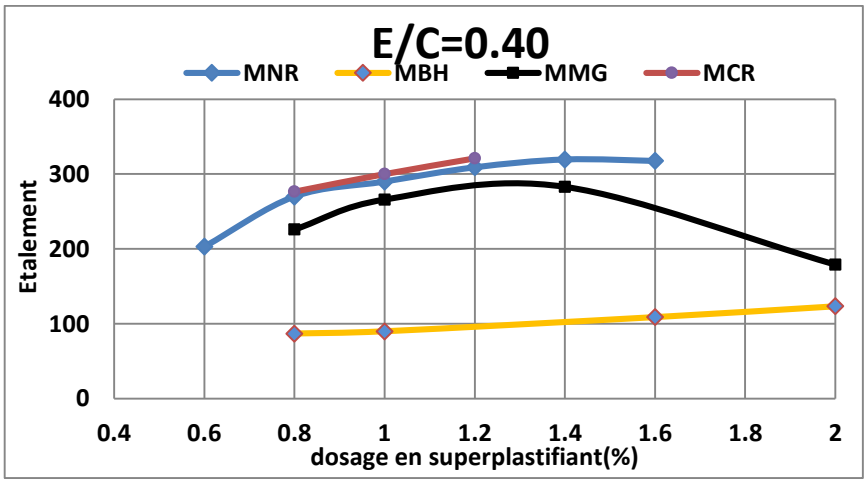


Figure V.7.Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base des différents sables.

Cette figure représente la variation de diamètre d'étalement en fonction du dosage en superplastifiant à différents types des sables .Donc Nous remarquons que le sable de

concassage donne un bon diamètre d'étalement par rapport au sable de Hassi Bahbah mais les deux ne sont pas valables lorsque les mortiers ne sont pas homogènes.
Le sable corrigé donne un bon étalement et ses résultats s'approchent de ceux du sable normalisé.

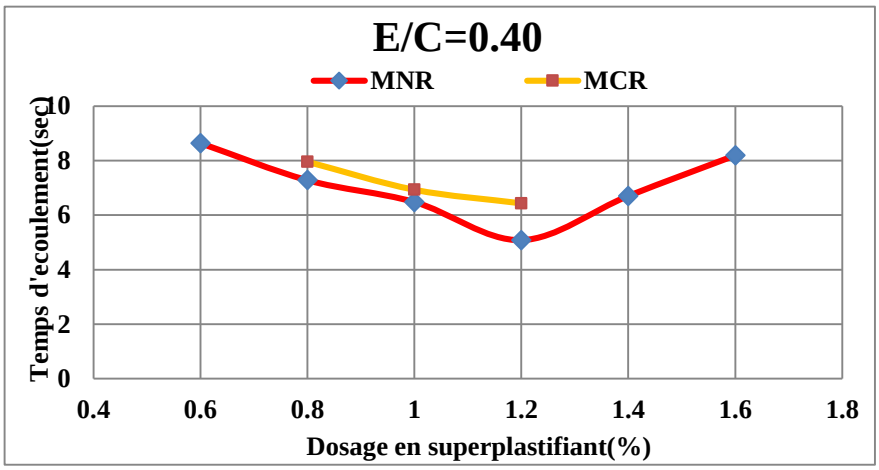


Figure V.8. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MCR), en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.
La figure V.8 montre que le temps d'écoulement pour les deux sables est presque le même par une diminution de 0.8%à1.2%, mais de 1.2%à1.6% le temps a augmenté pour le sable normalisé.

V.1.3.Les différents types de mortiers témoins avec E/C=0.45

V.1.3.1.sable normalisé

Tableau V.5. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable normalisé.

Mortier autoplaçant(MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.45**					
	MNR1	MNR2	MNR3	MNR4	MNR5	MNR6
Ciment (kg)	0.781					
Sable normalisé (kg)	1.620					
Eau (kg)	0.348	0.347	0.346	0.345	0.344	0.343
Superplastifiat (%)	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6
Etalement moyenne (mm)D_{moy}	303	323	329	330	334.5	337
Temps d'écoulement (sec)	3.3	3.24	3.01	3.2	2.74	3.3
Remarque	Homogène	Ressuage	Ressuage	Ressuage	Ressuage	Ressuge

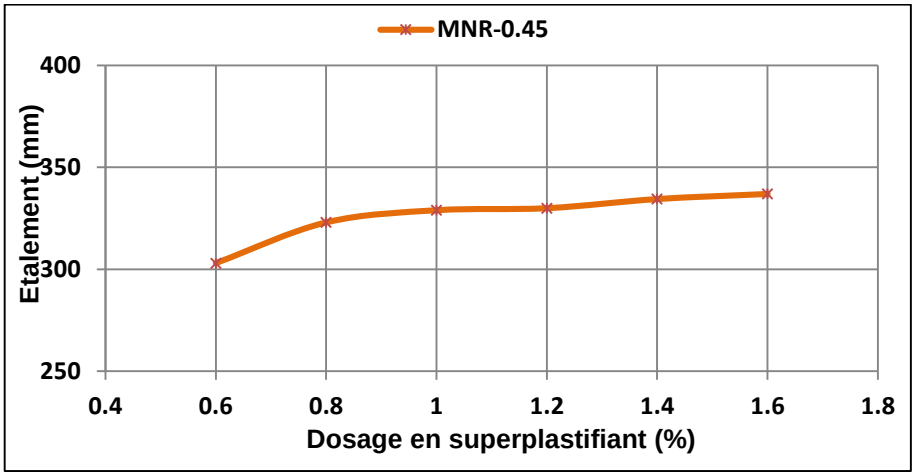


Figure V.9. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé.

Nous remarquons qu'à partir de la figure V.9 - ci-dessous que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour tous les mortiers et toutes les valeurs obtenues sont à l'intervalle de la fourchette recommandée. Donc le mortier obtenu est une MAP mais il existe un ressuage à partir de 0,8% à 1,6%.

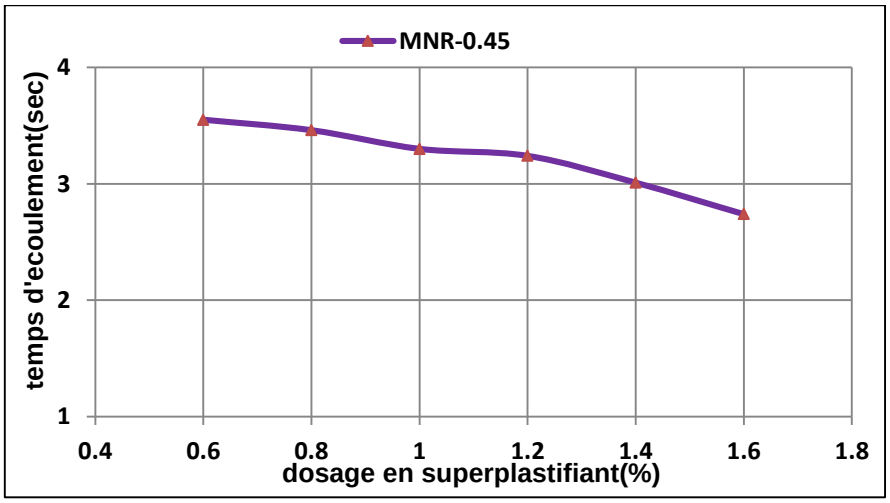


Figure V.10. Variation du temps d'écoulement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers à base du sable normalisé.

La figure V.10 montre que le temps d'écoulement a diminué avec l'augmentation du dosage de superplastifiant à partir de 0,6 % à 1.6%.

Et toutes les valeurs à l'intérieures de la fourchette, malgré à partir de 0.8%-1.6% on trouve un ressuage dans les mortiers à base de sable normalisé.

V.1.3.2.sable de HassiBahbah

Tableau .V.6 . Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable de HassiBahbah.

Mortier autoplaçant(MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.45**			
	MBH1	MBH2	MBH3	MBH4
Ciment (kg)	0.781			
Sable de Hassi bahbah (kg)	1.584			
Eau (kg)	0.347	0.346	0.343	0.341
Superplastifiat (%)	0.8	1	1.6	2
Etalement moyenne (mm)D_{moy}	110	106.5	141	154.2
Temps d'écoulement (sec)	>10	>10	48.69	1min et19s
Remarque	sec	Sec	Sec	Sec

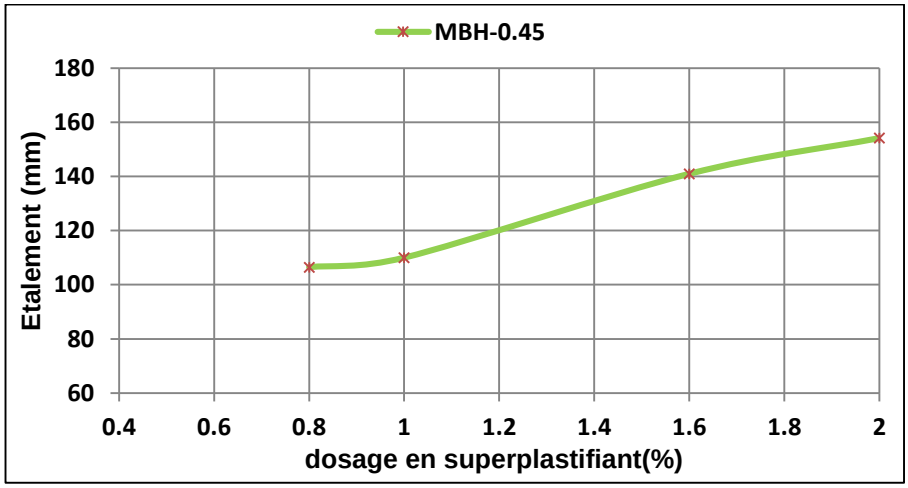


Figure. V.11. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable de HassiBahbah.

Nous remarquons qu'à partir de la figure V.11-ci-dessous que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour tous les mortiers, mais toutes les valeurs obtenues sont inférieures à la fourchette recommandée du mortier

autoplaçant. Ceci nous permet de dire que le mortier à base du sable de HassiBahbah n'est pas un mortier autoplaçant.

V.1.3.3.Sable concassé

Tableau V.7. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable concassé.

Mortier autoplaçant(MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.45**			
	MMG1	MMG2	MMG3	MMG4
Ciment (kg)	0.781			
Sable de Concassé (kg)	1.728			
Eau (kg)	0.347	0.346	0.345	0.341
Superplastifiat (%)	0.8	1	1.4	2
Etalement moyenne (mm)D_{moy}	252.5	263	276.5	251
Temps d'écoulement (sec)	>10	>10	>10	>10
Remarque	segregation	segregation	segregation et ressuage	segregation et ressuage

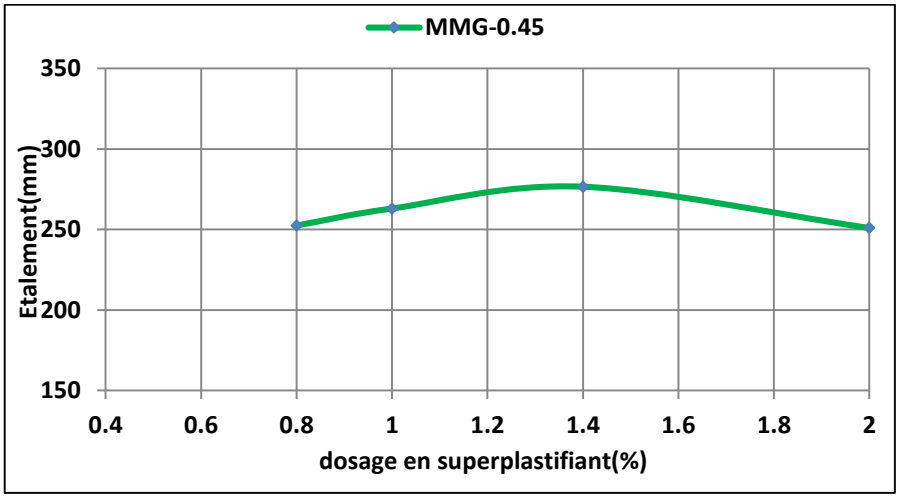


Figure V.12. Variation d'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé.

Nous remarquons sur la figure V.12 l'augmentation du diamètre d'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers à base du sable concassé entre (0,8%et1, 4%), mais nous avons diminué à partir de la valeur de 1,4%, nous avons un mauvais mortier et on voit apparaitre une ségrégation pour tous les mortiers plus ressuage entre 1,4% et 2%.

V.1.3.4 .Sable corrigé

Tableau V.8. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable corrigé.

Mortier autoplaçant(MAP)	**Sable/Mortier0.50 ; eau/ciment=0.45**		
	MCR1	MCR2	MCR3
Ciment (kg)	0.781		
Sable corrige (kg)	1.670		
Eau (kg)	0.347	0.346	0.345
Superplastifiat (%)	0.8	1	1.2
Etalement moyenne (mm)D_{moy}	276.5	317	327
Temps d'écoulement (sec)	4.86	4.32	3.78
Remarque	Homogéne	Ressuage	Ressuage

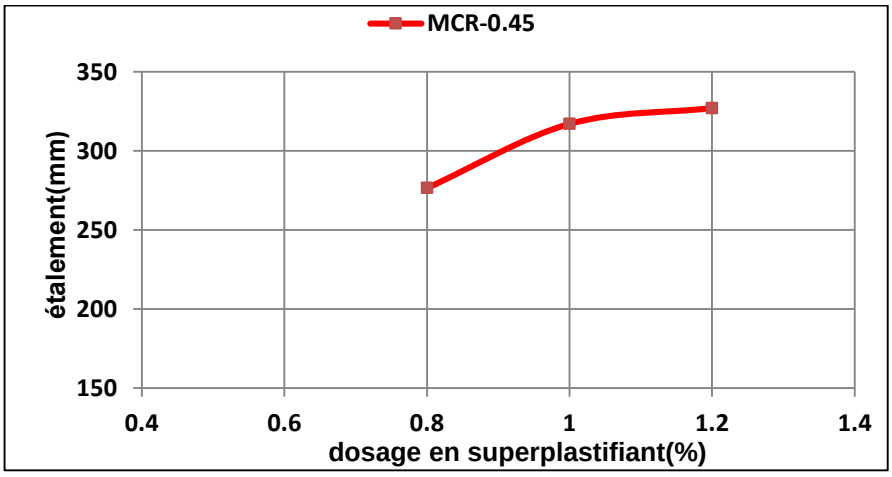


Figure V.13. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé.

Nous remarquons à partir de la figure V.13-ci-dessous que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour tous les mortiers et toutes les valeurs obtenues sont à la fourchette recommandée du mortier autoplaçant. Ceci nous permet de dire que le mortier à base du sable corrigé est un mortier autoplaçant, mais à sp=1% et1.2% on obtient un ressuage.

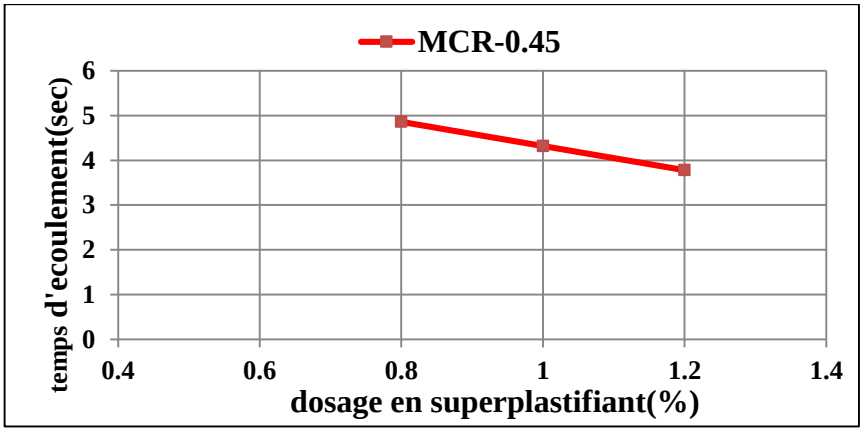


Figure V.14. Variation du temps d'écoulement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers à base du sable corrigé.

La figure V.14 montre que le temps d'écoulement a diminué avec l'augmentation du dosage de superplastifiant à partir de 0,8 à 1.2%, et les valeurs obtenues sont à la fourchette recommandé, ceci on peut dire le mortier à base de sable corrigé est un mortier autoplaçant.

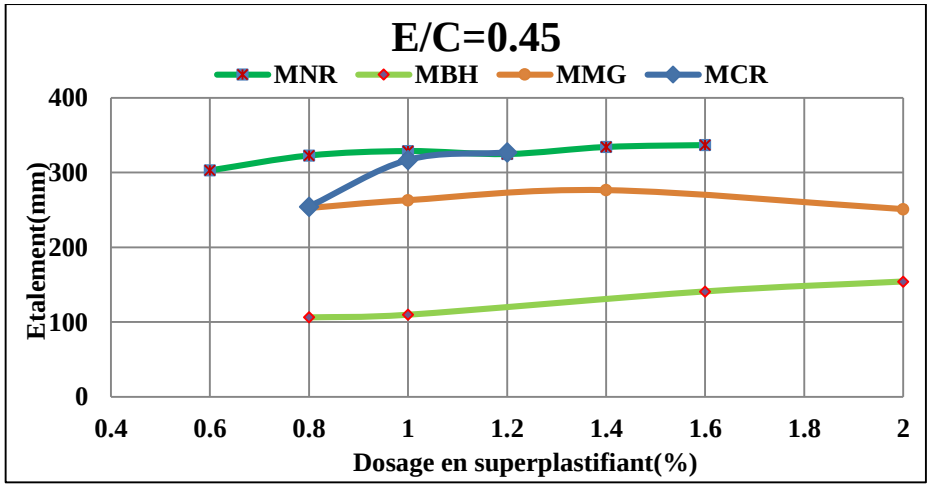


Figure V.15. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base des différents sables.

La figure V.15représente la variation de diamètre d'étalement en fonction du dosage en superplastifiant à différents types des sables, donc Nous remarquons toujours que le sable de concassage donne un bon diamètre d'étalement par rapport au sable de HassiBahbah mais les deux ne sont valables lorsque les mortiers ne sont pas homogènes.

Le sable corrigé est un homogène et il donne un bon diamètre d'étalement par rapport au sable normalisé donc on peut dire le sable corrigé a une bonne rhéologie et fluidité.

V.1.3.5.Sable HassiBahbah avec plusieurs valeurs d'E/C

Tableau V.9. Etalement et Temps d'Ecoulement des mortiers à base du sable de HassiBahbah.

MORTIERS D'UN SB ; SP=2%	MBH E/C=0.55	MBH E/C=0.60	MBH E/C=0.70	MBH E/C=0.70 AV=0.01%
Ciment (kg)	**0.691**	**0.635**	**0.589**	**0.589**
SabledeHassibahbah (kg)	**1.584**	**1.584**	**1.584**	**1.584**
Eau (kg)	**0.371**	0.383	0.404	404
Etalement (mm)	212	245	281	232.5
Temps d'écoulement (sec)	>10	>10	7.74	>10
Remarque	sec	Homogène	Ressuage	Homogène

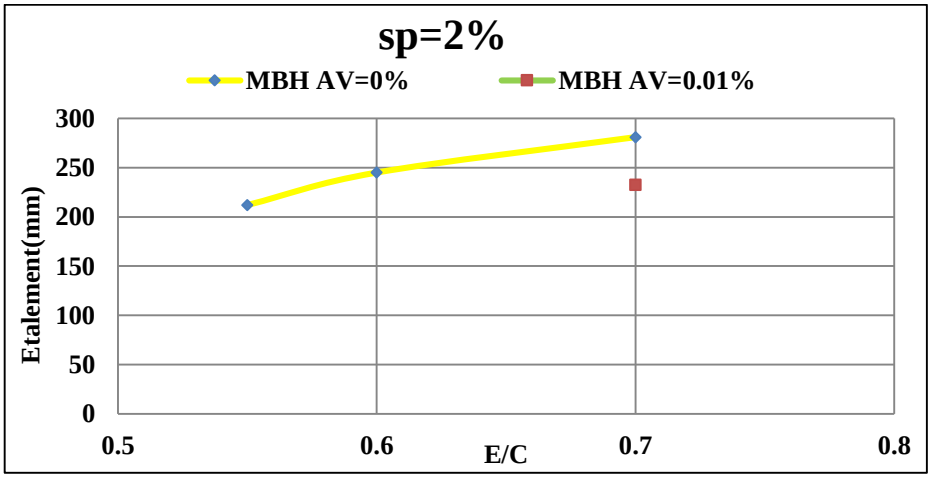


Figure V.16. Variation de l'étalement en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable HassiBahbah.

La figure V.16 représente la variation de diamètre d'étalement en fonction de rapport E /C donc avec l'augmentation de la variation de E/C le diamètre d'étalement augmente par rapport mortier témoin, mais à sp= 0,7% seulement dans la fourchette recommandée du mortier autoplaçant avec un ressuage.

Concernent l'agent de viscosité est diminué par rapport le témoin à sp=0 ,7%, donc cette point à l'extérieur de la fourchette de l'étalement .on peut conclure que le sable de HassiBahbah c'est un mauvais mortier qui n'est pas utilisés seulement.

V.1.4.Comparaison du différent mortier à l'état frais (Mortier témoin)

V.1.4.1.sable normalisé

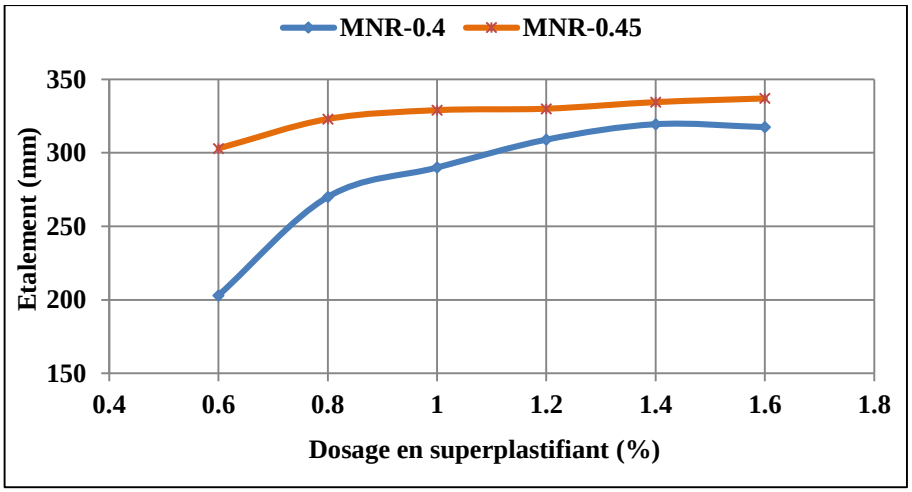


Figure V.17. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en fonction d'augmentation du superplastifiant et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base de sable normalisé.

Cette diagramme représente la comparaison de sable normalisé avec la variation le rapport E /C (0 ,4-0,45).

La courbe de sable normalisé E /C=0.45 donne un grand diamètre d'étalement par rapport la courbe E/C= 0.4 lorsque MNR-0.45 obtenue dans ce mélanges un ressuage ; avec la quantité d'eau élève et la quantité de ciment diminue**.**

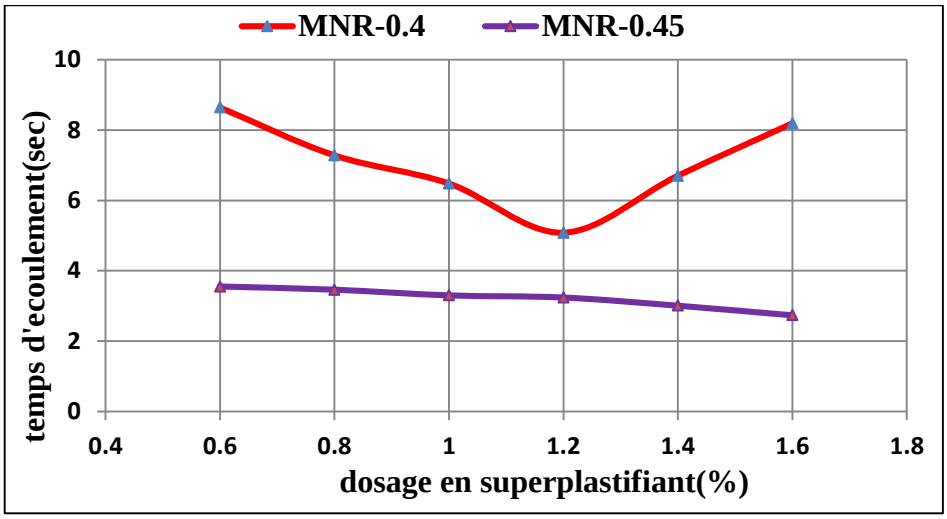


Figure V.18. Evolution du temps d'écoulement sur les deux mortiers témoins en fonction d'augmentation en superplastifiant et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base de sable normalisé.

A partir de la figure V.18, nous remarquons que le temps d'écoulement d'un sable normalisé(E/C=0.4) diminué à partir du dosage en superplastifiant de 0,6% à1, 2%.

Nous remarquons par la suite que le temps d'écoulement augmente à partir de la valeur de 1,2% jusqu'un 1.6% lorsqu'il y a un ressuage.

Le sable normalisé (E/C=0.45), il ya une diminution rapide du temps d'écoulement avec l'augmentation du dosage en superplastifiant (0.6% - 1.6%), ainsi que toujours le problème de ressuage.

V.1.4.2.Sable de HassiBahbah

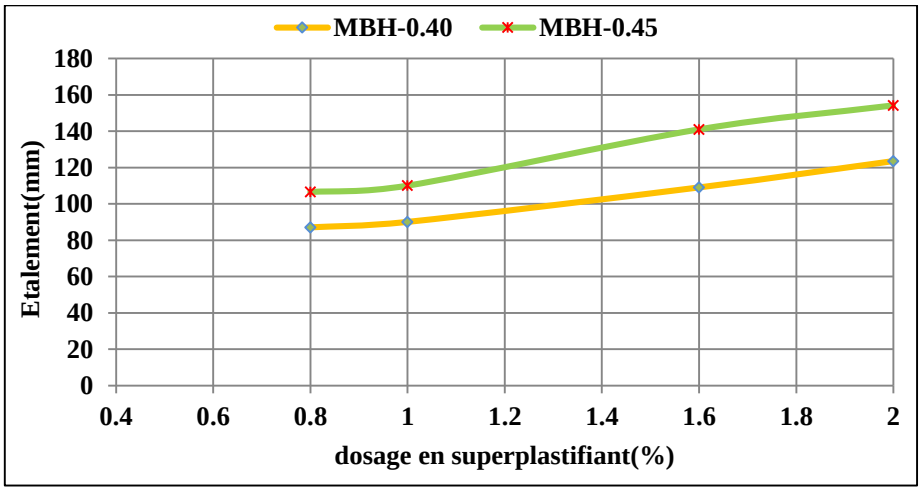


Figure V.19. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en fonction d'augmentation du superplastifiant et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45).à base de sable de HassiBahbah.

Nous remarquons à partir de la figure V.19-ci-dessus que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour les deux courbes, mais on observe l'étalement inférieur de la fourchette recommandée du mortier autoplaçant. Donc le mortier à base du sable de HassiBahbah n'est pas un mortier autoplaçant.

V.1.4.3.sable concassé

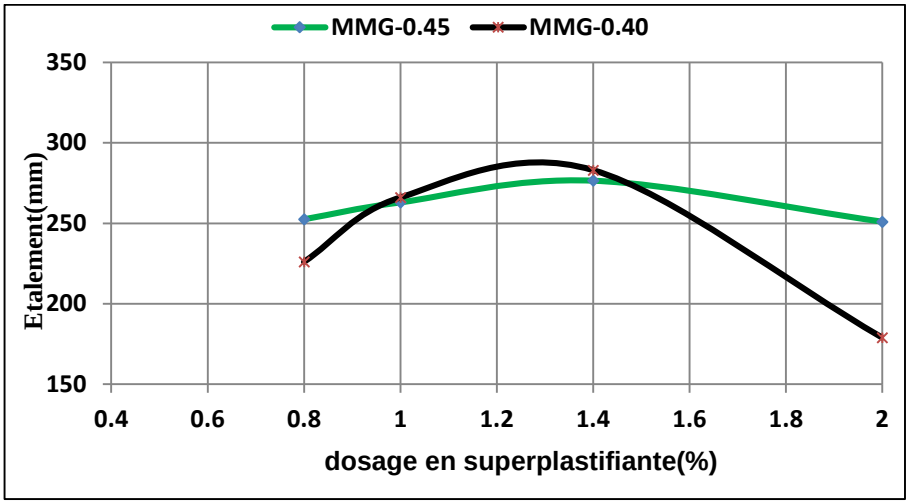


Figure V.20. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en fonction d'augmentation du superplastifiant et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base de sable concassé.

Ce diagramme représente la comparaison de sable concassé avec la variation le rapport E/C (0 ,4-0,45). On constate aussi que :

-avec un dosage de superplastifiant égale à (0,8%-1%) les deux courbes inferieures de la fourchette recommandée du mortier autoplaçant à cause de la ségrégation.

Pour les dosages en superplastifiant entre (1% et 1,4%), il ya une amélioration du diamètre d'étalement pour les deux courbe, mais à (E/C=0.45) augmente sur le rapport (E/C=0.4) à cause de la ségrégation et le ressuage.

Pour les dosages en superplastifiant entre (1,4%et 2 %), il ya une diminution du diamètre d'étalement pour les deux courbe, alors le sable concassé n'est pas donné le bon MAP soit augmenté ou diminué (E/C, ou bien le dosage de superplastifiant).

V.1.4.4.sable corrigé

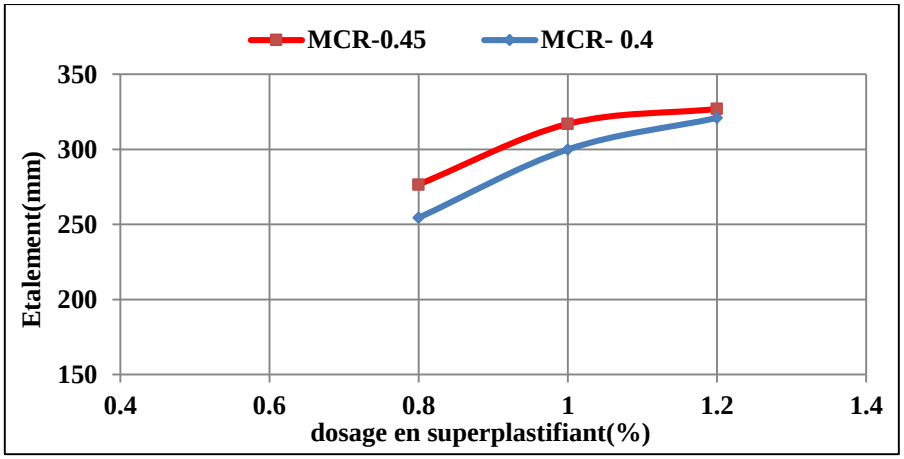


Figure V.21. Evolution de l'étalement sur les deux mortiers témoins en fonction d'augmentation du superplastifiant et en rapport d'E/C (0,4 à 0,45) à base de sable corrigé..

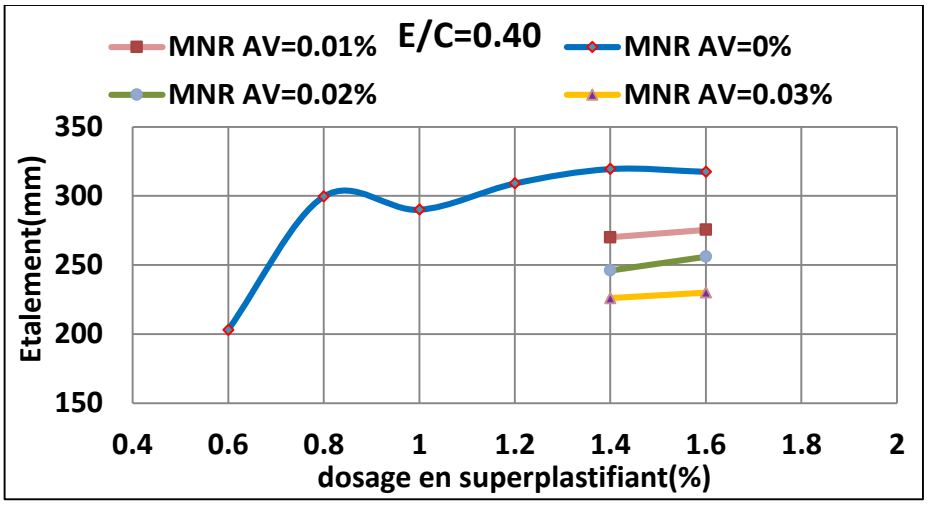
Nous distinguons à partir de la figure V.21-ci-dessus que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour les deux courbes, mais on observe l'étalement dans la fourchette recommandée du mortier, Donc le mortier à base du sable de corrigé est un mortier autoplaçant.

V.1.5.Effet de l'agent de viscosité (MEDACOL BSE) sur les différents types des sables avec E/C=0.4

V.1.5.1.sable normalisé

Tableau V.10. Les étalements et les temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOLBSE, par rapport aux mortiers témoins (MNR).

		Sable/Mortier 0.50, E/C=0.40	
		MNR5	MNR6
Etalement D_{moy}(mm)	**AV= 0 %**	319.5	**317.5**
	AV= 0.01 %	270	**275.5**
	AV= 0.02 %	246	**256**
	AV= 0.03 %	226	**230**
Temps d'écoulement (sec)	**AV= 0 %**	6.70	**8.19**
	AV= 0.01 %	6.66	**7.6**
	AV= 0.02 %	6.75	**8.37**
	AV= 0.03 %	11.6	**11.34**
SP (%)		1.4	1.6



FigureV.22. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MNR), en fonction d'augmentation du dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE) et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

.

D'après la figure V.22, l'évaluation de l'ouvrabilité, sous l'effet du MEDACOL BSE était comme suit :

On constate que l'agent de viscosité à mener à une perte d'ouvrabilité (diminution du diamètre d'étalement) pour les dosages de (1.4%,1.6%) ; Par rapport aux mortiers témoins,

Lors l'utilisation de l'agent de viscosité le MEDACOL BSE, pour le dosage de (SP=1.4%), au niveau très faible dosage de 0.01%, on a peu de gardé notre MAP.

les dosages restes pour les 3 courbe de l'agent de viscosités (0.01%-0.02%-0.03) n'est pas dans la fourchette d'étalement.

Aussi on peut dire que l'augmentation du dosage de superplastifiant donne l'augmentation de diamètre d'étalement d'un mortier dans chaque courbe d'agent de viscosité c'est-à-dire que l'augmentation de SP nécessite une augmentation en dosage d'agent de viscosité (ils ont un effet inverse).

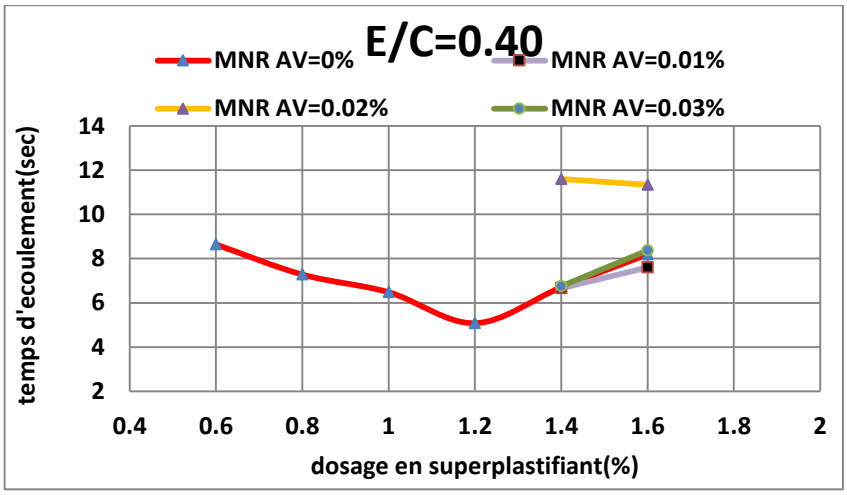


Figure V.23. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MNR), en fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE), et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

Ainsi il a assuré un temps d'écoulement suffisant pour garantir une résistance de passage, le dosage de AV= 0.01%etAV=0.02% sont le même au temps témoins, mais de AV=0.03% est à l'extérieur de la fourchette du temps.

V.1.5.2.sable concassé

Tableau V.11. Etalements et le temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOLBSE, par rapport aux mortiers témoins(MMG).

		Sable/Mortier 0.50, E/C=0.40			
		MMG1	**MMG2**	**MMG3**	MMG4
Etalement D_{moy} (mm)	**AV= 0 %**	266	272	283	**179**
	AV= 0.01 %	242	226	236.5	**260**
Temps d'écoulement (sec)	**AV= 0 %**	>10	>10	>10	**>10**
	AV= 0.01 %	>10	>10	>10	**>10**
SP (%)		0.8	1.00	1.4	2.00

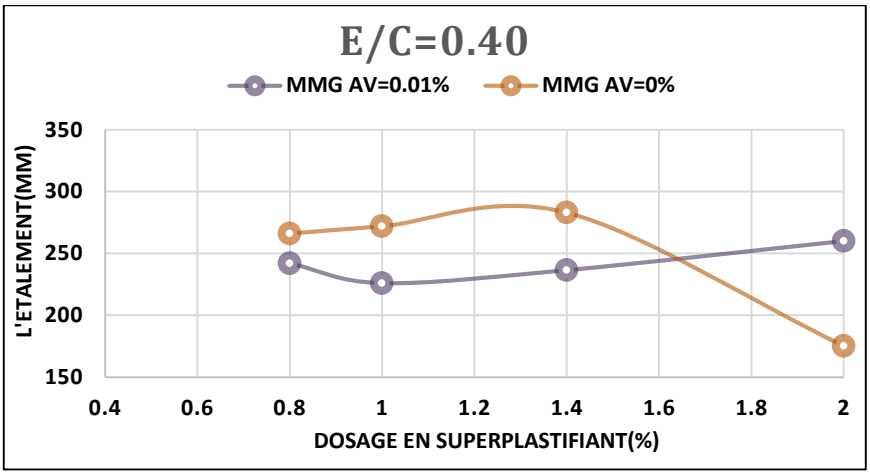


Figure V.24. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MMG), en fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE) et à la fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

D'après la figure, On constate que l'agent de viscosité a produit des mortiers, qui ont mené à une perte d'ouvrabilité (diminution du diamètre d'étalement), Mais nous observons que le diamètre d'étalement augmente par rapport le mortier témoin à sp=2%

L'effet le plus maximal de l'agent de viscosité à sp=1%, sp=1.4%(par diminution)

L'effet le plus maximal de l'agent de viscosité à sp=2%(par augmentation)

On conclure que l'agent de viscosité améliore la fluidité à SP= 2%.

V.1.5.3.Sable corrigé

Tableau V.12. L'étalements et temps d'écoulement pour le mortier témoin avec E/C=0.40 d'un sable corrigé réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE.

		Sable/Mortier 0.50 , E/C=0.40		
		MCR1	**MCR2**	MCR3
Etalement D_{moy} (mm)	**AV= 0 %**	276.5	300	**321**
	AV= 0.01 %	170	240	**281**
Temps d'écoulement (sec)	**AV= 0 %**	7.96	6.93	**6.43**
	AV= 0.01 %	>10	7.50	**7.27**
SP (%)		0.8	1	1.2

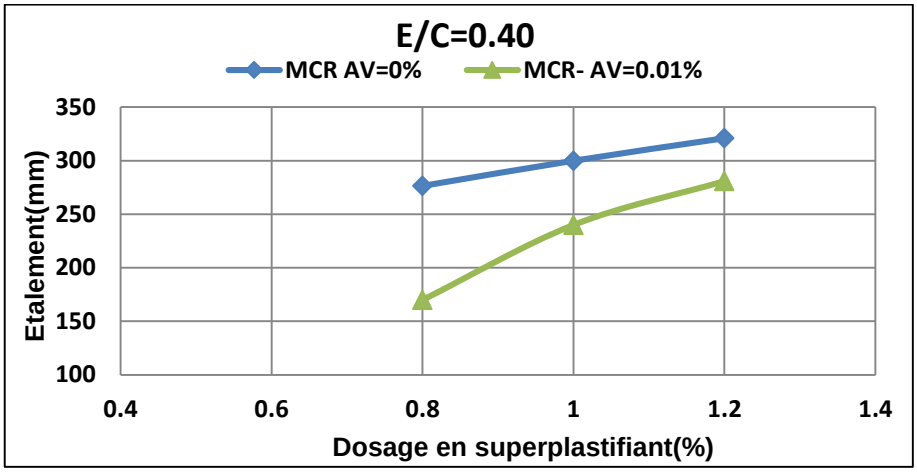


Figure V.25. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MCR), à la fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE) et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

D'après la figure, nous observons que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant pour tous les mortiers à base de sable corrigé.

Nous avons constaté une augmentation du diamètre d'étalement de 0.8 % à1.2% du dosage. Et toutes les valeurs obtenues sont aux intérieurs de la fourchette recommandée du mortier autoplaçant témoin.

Malgré on ajoute le dosage du l'agent de viscosité (MEDACOL BSE) de la valeur 1.2%, il ya une diminution de diamètre d'étalement, et le bon mortier à sp=1.2%.

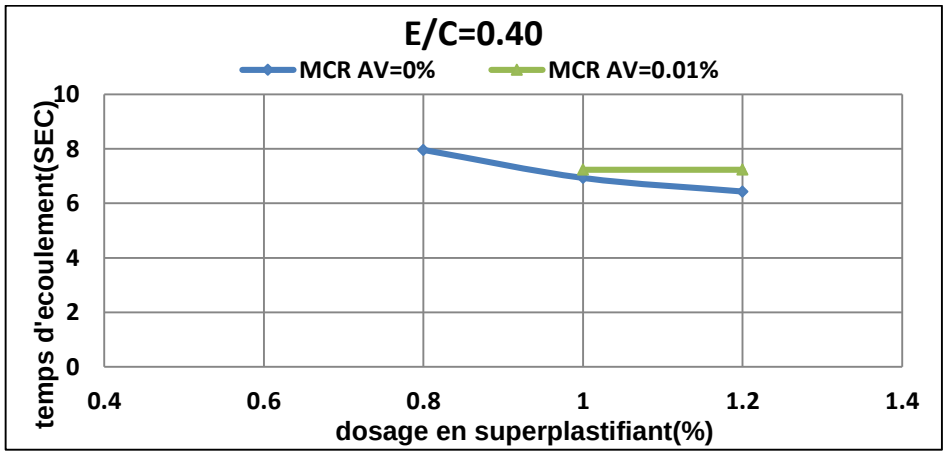


Figure V.26. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers (MCR), en fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOL BSE), et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

Ainsi il a assuré un temps d'écoulement suffisant pour garantir une résistance de passage.

le dosage de AV=0.01% est presque le même au temps témoins avec la variation du dosage en superplastifiant, et à l'intérieur de la fourchette du temps.

V.1.6 Effet de l'agent de viscosité (MEDACOL BSE) sur les différents types des sables avec E/C=0.45

V.1.6.1.Sable normalisé

Tableau V.13. Les étalements et les temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité à base de sable normalisé.

		Sable/Mortier 0.50 , E/C=0.45				
		MNR2	MNR3	MNR4	MNR5	**MNR6**
Etalement D_{moy} (mm)	AV= 0 %	323	329	335	334.5	**337**
	AV= 0.01 %	272.5	269	282	300	**305**
	AV= 0.02 %	-	267	-	269	**274.5**
	AV= 0.03 %	-	235	-	-	-
Temps d'écoulement (sec)	AV= 0 %	3.46	3.55	3.3	3.01	**2.74**
	AV= 0.01 %	3.6	3.55	3.46	3.01	**2.7**
	AV= 0.02 %	-	6.12	-	4.90	**4.5**
	AV= 0.03 %	-	6.93	-	-	-
SP (%)		**0.8**	**1**	**1.2**	**1.4**	**1.6**

(-) : Essais n'est pas réalisé

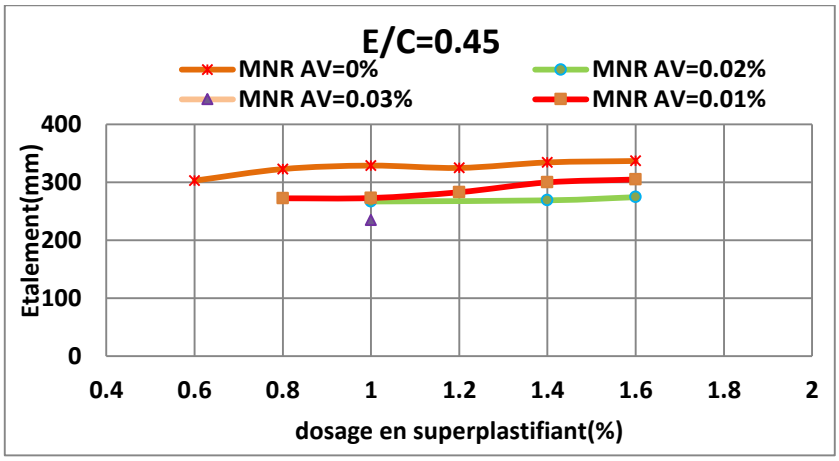


Figure V.27. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MNR), En fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE) et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

D'après la figure : qui représente l'évolution du diamètre d'étalement sur les mortiers témoins (MNR), à la fonction d'augmentation en dosage de la viscosité (MEDACOLBSE) et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

On constate que les bon MAP obtenues pour la série des mortiers témoins

On constate que l'agent de viscosité a produit une augmentation en viscosité des mortiers, qui a mené à une perte d'ouvrabilité (diminution du diamètre d'étalement) étaient pour dosages SP entre (0.8%-2%), tandis que avec les mortiers contenant de l'agent de viscosité AV=0.01%, les bon MAP sont obtenue à partir de dosage de SP=0.8% jusqu'à 1.6%, Et la série de MNR AV=0.02 le bon MAP à sp=1.6%.

L'augmentation du dosage en superplastifiant avec l'agent de viscosité fixée on remarque le diamètre d'étalement élevé de chaque série.

-on conclure, le grand effet de l'agent de viscosité avec AV=0.03%-AV=0.01%, àSP=1%.

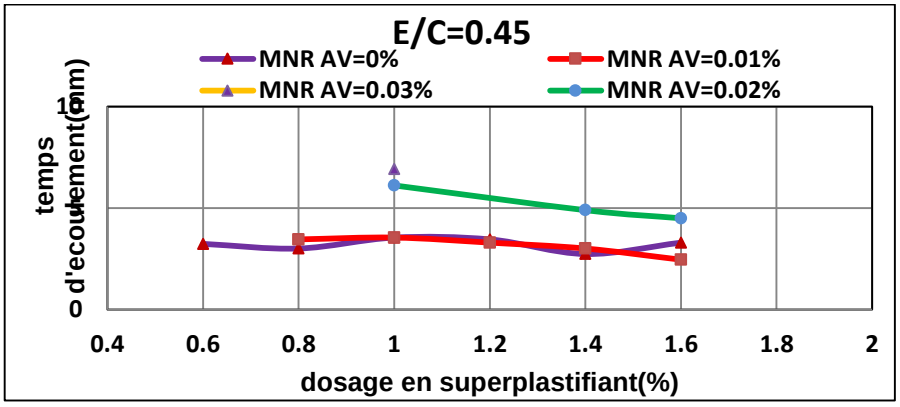


Figure V.28. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers normalisé en fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE), et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

D'après la figure : qui représente l'évolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MNR), à la fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE) et en fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

Les temps d'écoulement des 3 série dans la fourchette recommandée, malgré la variation du dosage de l'agent de viscosité, ainsi l'augmentation d'adjuvant de superplastifiant, et

(MNR de AV=0.01%) presque la même au temps témoin.

V.1.6.2.Sable concassé

Tableau V.14. Etalements et le temps d'écoulement des mortiers réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOLBSE, par rapport aux mortiers témoins(MMG)

		Sable/Mortier 0.50, E/C=0.45		
		MMG2	**MMG3**	MMG4
Etalement D_{moy}(mm)	**AV= 0 %**	251	276.5	**251**
	AV= 0.01 %	232	230	**250.5**
Temps d'écoulement (sec)	**AV= 0 %**	>10	>10	**>10**
	AV= 0.01 %	>10	>10	**>10**
SP (%)		1	1.4	2

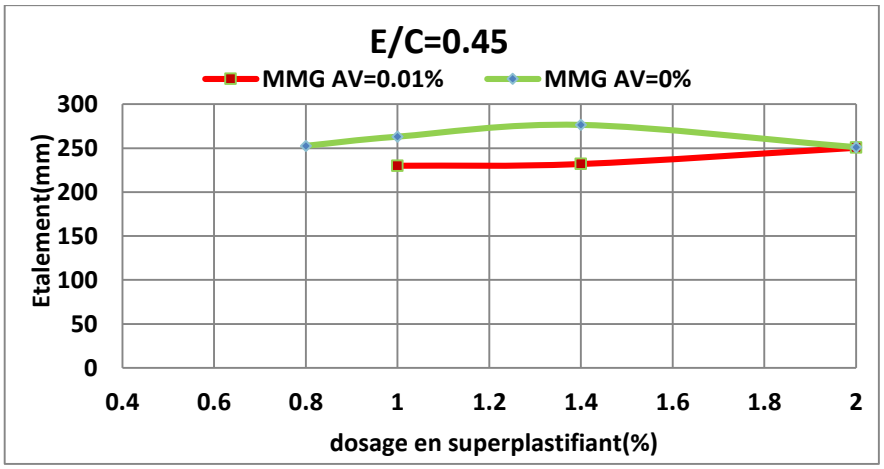


Figure V.29. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MMG), à la fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE) et à la fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

D'après la figure en dessus on constate que l'agent de viscosité est mené à une homogénéité par rapport au mortier témoin mais, il reste toujours le problème de ségrégation.

Tous les diamètres d'étalement sont à l'extérieurs de la fourchette à par 1.4%, l'effet de l'agent de viscosité plus grand de 1.4%, mais n'est pas variation de 2%, de point de vue à cause de son faible quantité et l'élève de dosage de superplastifiant. Donc, on peut dire que le mortier de sable concassé n'est pas MAP.

V.1.6.3.sable corrigé

Tableau V.15. Étalements et temps d'écoulement pour le mortier témoins avec E/C=0.45 D'un sable corrige réalisés avec l'agent de viscosité le MEDACOLBSE.

		Sable/Mortier 0.50 , E/C=0.45		
		MCR1	**MCR2**	MCR3
Etalement D_{moy} (mm)	**AV= 0 %**	254.7	317	**327**
	AV= 0.01 %	230	273.5	**298**
Temps d'écoulement (sec)	**AV= 0 %**	4.86	4.32	**3.78**
	AV= 0.01 %	7.5	6.21	**3.6**
SP (%)		0.8	1.00	1.2

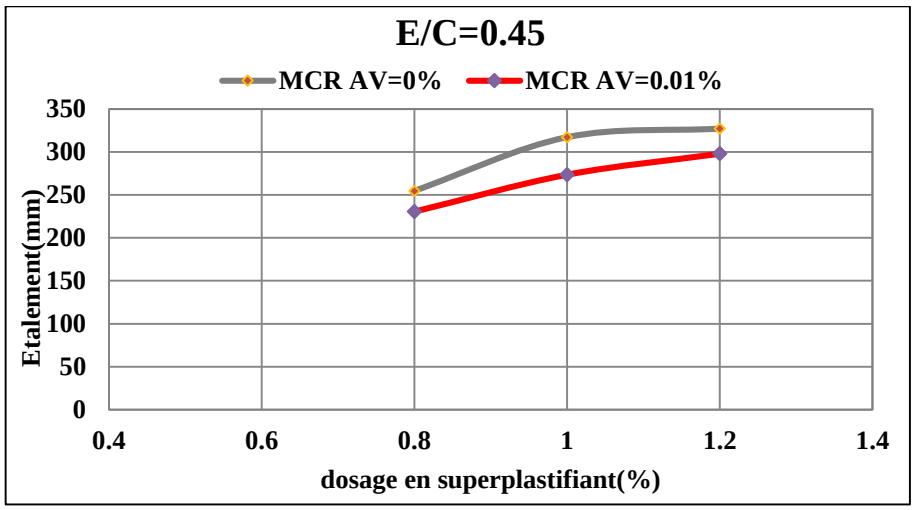


Figure V.30. Evolution de l'étalement sur les mortiers témoins (MCR), à la fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE) et à la fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

D'après la figure V.30, nous remarquons que le diamètre d'étalement augmente avec l'augmentation du dosage en superplastifiant jusqu'à ce que nous arrivons à la valeur1% du dosage où nous avons constaté une simple descente de la courbe, avec les dosages de SP=1% et 1.2% où on a vu des MAP, lors l'utilisation de l'agent de viscosité le MEDACOL –BSE AV=0.01%, on remarque une perte de fluidité désirable pour le dosage de SP=1%et SP=1.2%. On peut dire que l'agent de viscosité a retardé l'effet de superplastifiant pour obtenir un MAP, malgré le diamètre d'étalement est toujours en amélioration avec l'augmentation de la teneur en superplastifiant.

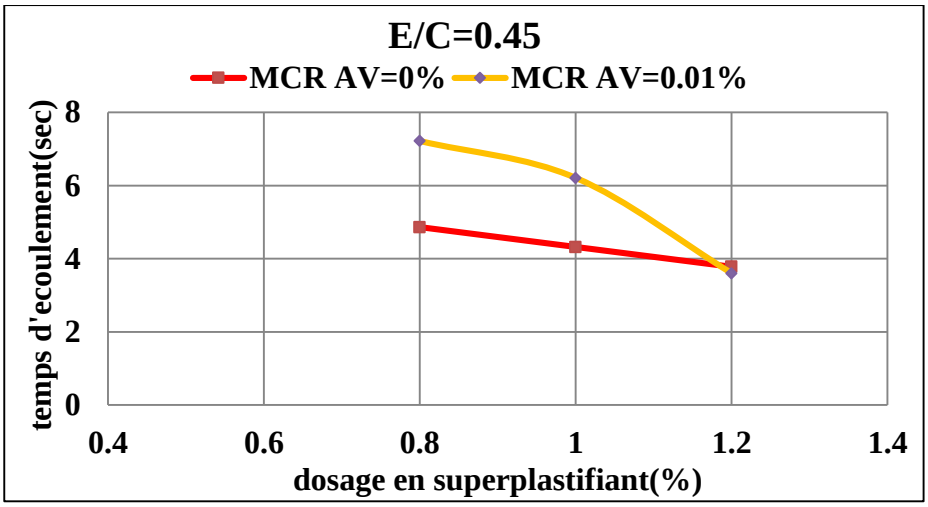


Figure V.31. Evolution du temps d'écoulement sur les mortiers témoins (MCR), au fonction d'augmentation en dosage de l'agent de viscosité (MEDACOLBSE), et au fonction d'augmentation en dosages du superplastifiant.

D'après la figure on montre que le temps d'écoulement a diminué à partir du dosage en superplastifiant de 0.8%à1.2%

-le temps d'écoulement des mortiers avec l'agent de viscosité sont augmenté par rapport au mortier témoin lorsque son mortier perte certain d'ouvrabilité.

V.2. Résultats expérimentaux à l'état durci (résistance à la compression)

V.2.1.Les différentes types mortier témoin avec E/C=0.4et E/C=0.45

V.2.1.1. Sable normalisé

Le tableau, présente les résultats des résistances mécaniques pour l'ensemble des mortiers à base du sable normalisé.

TableauV.16. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable normalisé.

Mortier	Sp (%)	Résistance à la compression(MPa), E/C=0.4		Résistance à la compression(MPa), E/C=0.45	
		7 jours	28 jours	7 jours	28 jours
MNR1	0,6	47.39	57.59	46.22	47.56
MNR2	0,8	47.7	66.93	42.02	**52.31**
MNR3	1	54.54	71.87	50.31	**53.36**
MNR4	1,2	53.59	70.8	42.48	**52.76**
MNR5	1,4	51.53	67.78	40.39	**51.41**
MNR6	1,6	50.58	67.29	35.25	51.12

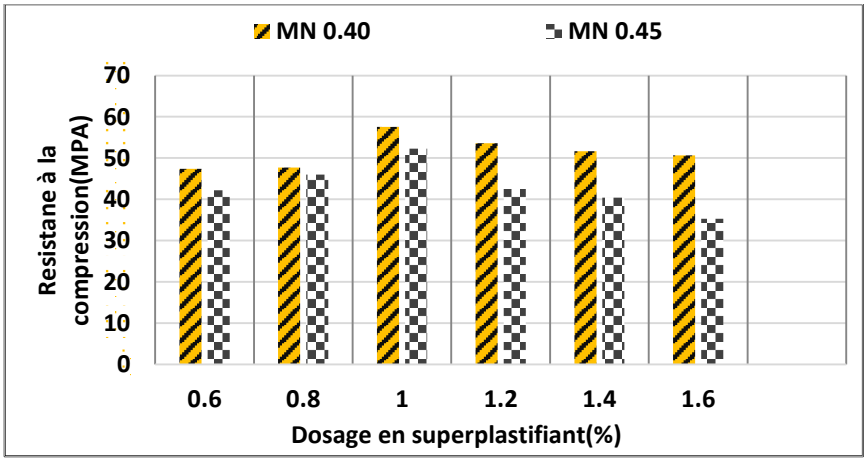


Figure V.32. Variation du Résistance à la Compression à7jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé.

D'après la figure V.32, on constate que pour les deux cas des mortiers obtenus avec un E/C=(0.4, 0.45), nous pouvons remarquer que les valeurs de la résistance de sable normalisé témoin diminuent en fonction d' augmentation du dosage en superplastifiant à partir de la valeur 1 % du dosage, ce qui nous permet de dire que la valeur optimum est égale de 1 % , lorsque qu' il ya un ressuage .

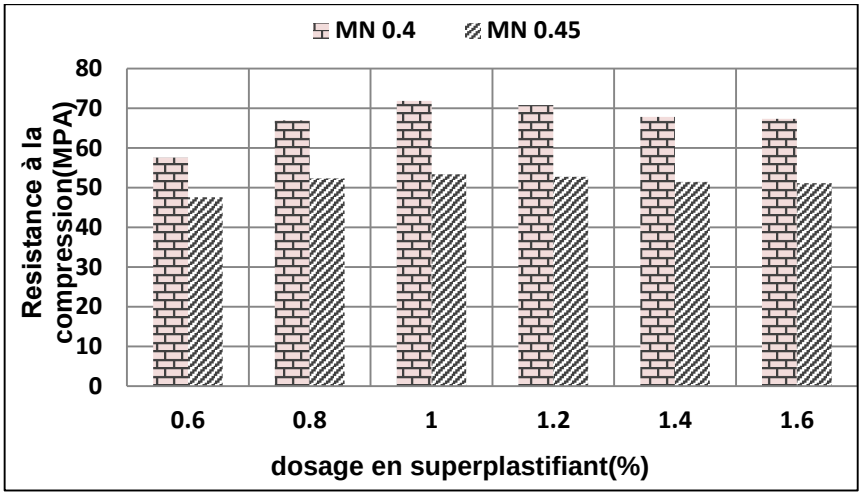


Figure V.33. Variation du Résistance à la Compression à28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé.

D'après la figure V.33 nous remarquons que le même résultat avec le figure précédent(V.32) mais les résistances à 28jour plus élève que à 7jour.
On possède une meilleure résistance à 28jours de sp=1%, pour les deux cas des mortiers mais, MN-0.45, plus petit que MN-0.4à l'effet d'augmentation le rapport E/C.

V.2.1.2. Sable de HassiBahbah

Tableau V.17. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable de HassiBahbah.

Mortier	Sp (%)	Résistance à la compression (MPa), E/C=0.4		Résistance à la compression (MPa), E/C=0.45	
		7 jours	28 jours	7 jours	28 jours
MBH1	0,8	19.49	35.25	15.59	28.41
MBH2	1	20.43	36.51	15.83	34.88
MBH3	1.6	33.69	38.15	31.66	32.01
MBH4	2	37.37	42.77	33.12	35.86

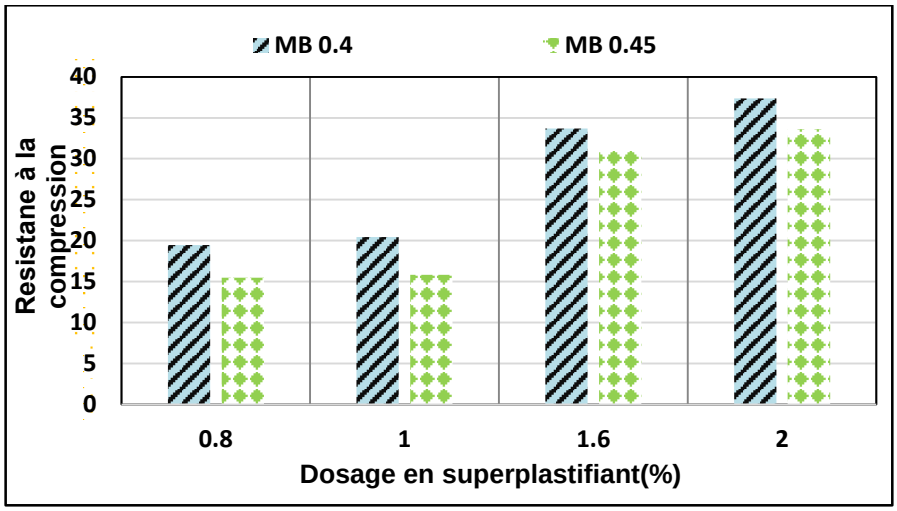


Figure V.34. Variation du Résistance à la compression à7jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable de HassiBahbah.

D'après la figure V.34, nous trouvons que les deux cas des mortiers obtenus avec E/C= (0.4, 0.45), ont une augmentation de résistances à la fonction d'augmentation en dosage de superplastifiant de sp=0.8%à sp=2%.

Le dosage de sp=2%-E/C=0.4 a favorisé la meilleure résistance à la compression à7jours.

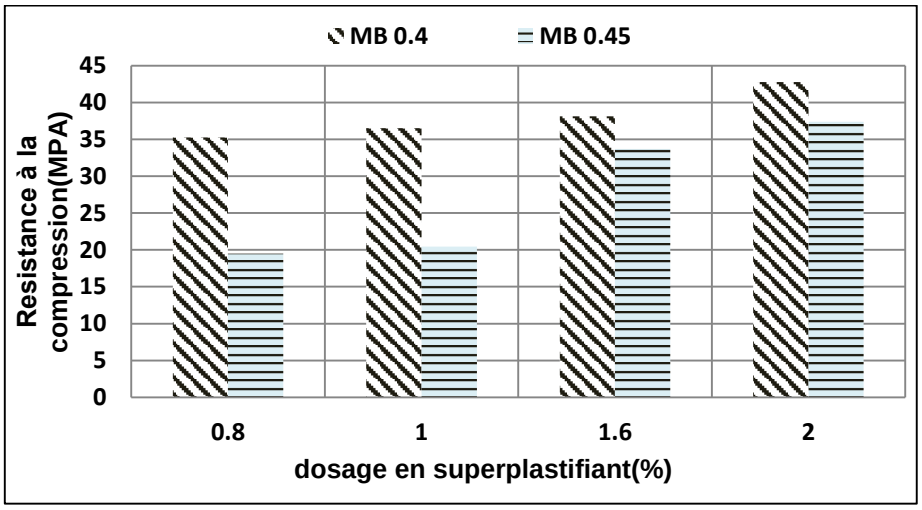


Figure V.35. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable de HassiBahbah.

D'après la figure V.35 nous remarquons que le même résultat avec le figure précédentV.34 mais les résistances à 28jour plus élève que à 7jour.

On possède une meilleure résistance à 28jours de sp=2%, pour les deux cas des mortiers mais, MB-0.45, plus inferieur que MB-0.4à l'effet d'augmentation le rapport E/C.

V.2.1.3. Sable concassé

Tableau V.18. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable concassé.

Mortier	Sp (%)	Résistance à la compression (MPa), E/C=0.4		Résistance à la compression (MPa), E/C=0.45	
		7 jours	28 jours	7 jours	28 jours
MMG1	0,8	54.05	68.85	50.67	59.7
MMG2	1	50.41	66.17	42.01	47.13
MMG3	1.4	43.71	52.34	36.06	46.99
MMG4	2	46.17	59.67	38.35	53.96

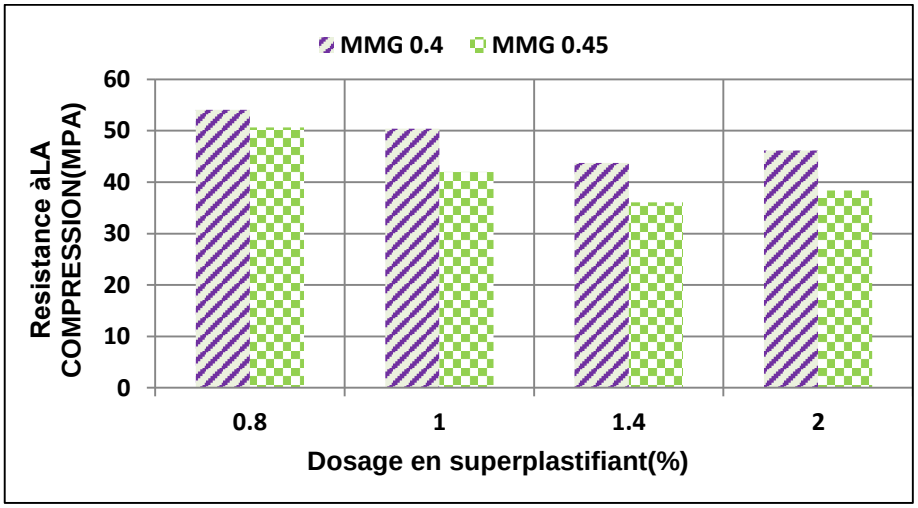


Figure V.36. Variation du Résistance à la compression à 7jours en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concasse.

D'après la figure V.36 et le tableau V.18 nous remarquons que les mortiers des dosages 0.8% possèdent une meilleure résistance pour les deux rapports de sable concassé.

de 0.8% à 1.4%, on remarque la diminution de la résistance à la compression par la suite augmenter.

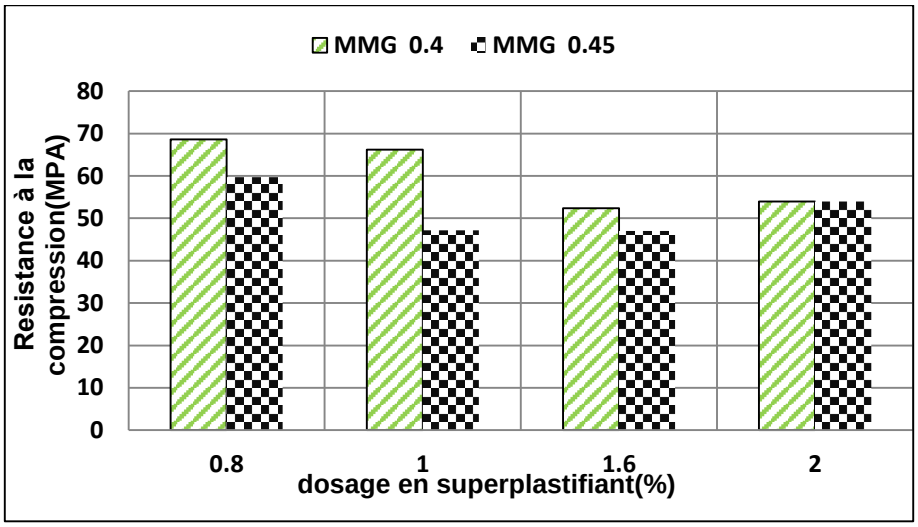


Figure V.37. Variation du Résistance à la Compression à 28jour en fonction du dosage en Superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé.

D'après la figure V.37, nous trouvons le même résultat que la figure précédente(V.36).

V.2.1.4. Sable corrigé

Tableau V.19. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable corrigé avec variation de l'E/C.

Mortier	Sp (%)	Résistance à la compression (MPa) E/C=0.4		Résistance à la compression (MPa) E/C=0.45	
		7 jours	**28 jours**	**7 jours**	**28 jours**
MCR1	0,8	54.35	64.99	44.38	53.24
MCR2	1	49.05	63.14	43.21	53.03
MCR3	1.2	46.42	55.79	43.10	50.52

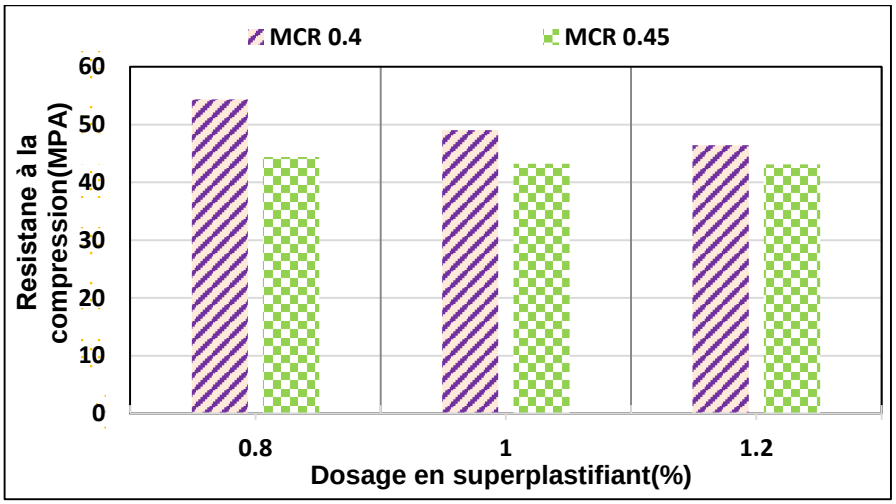


Figure V.38. Variation du Résistance à la compression à 7jours en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé.

D'après la figure(V.38), on constate comme :

L'évolution de résistance en compression des mortiers à base de sable corrigé en fonction d'augmentation du dosage en superplastifiant.

Pour le dosage de sp=0.8%à sp=1.2% nous remarquons que la résistance à la compression diminue pour les deux cas (E/C=0.4-E/C=0.45),malgré l'homogénéité de mortier.

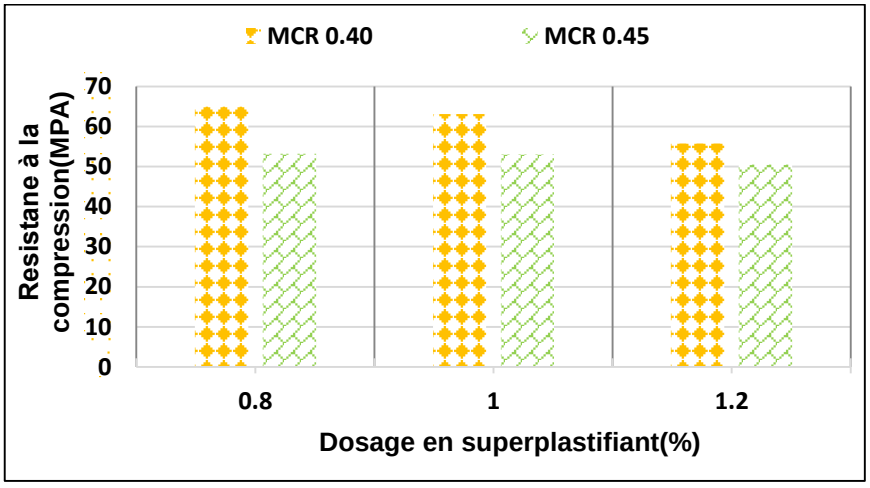


Figure V.39. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé.

D'après la figure V.39nous trouvons le même résultat que la figure précédente V.38Sauf la résistance à 28j est élevé que à7jour.

V.2.1.5.Comparaison des différents mortiers à l'état durci (Mortier témoin)

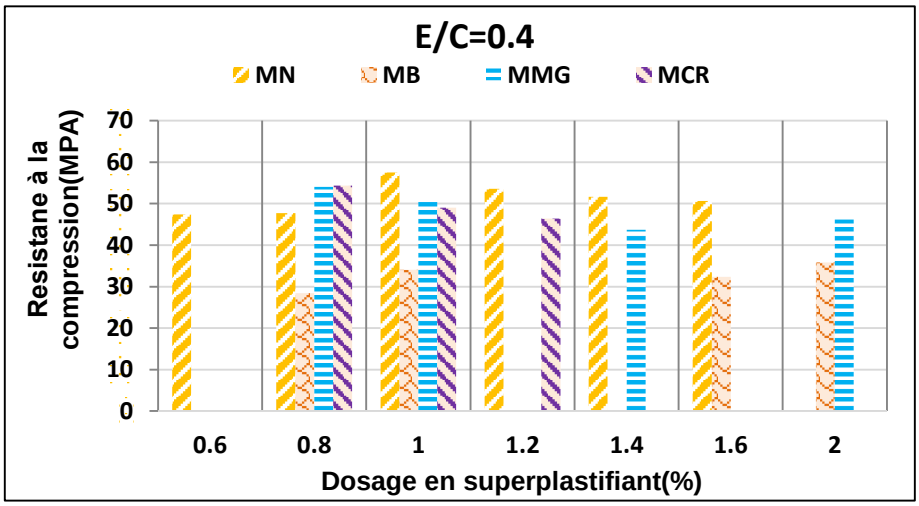


Figure V.40. Variation du Résistance à la compression à 7jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du différent sable.

D'après la figure V.40, nous trouvons que le mortier à base d'un sable normalisé a une bonne résistance à la compression pour les tous dosages en superplastifiant, mais les deux sables (concassé, corrigé) sont déposés par rapport au sable de référence(SN).

pour le sable HassiBahbah nous remarquons une diminution de la résistance à la compression par rapport les trois sable.

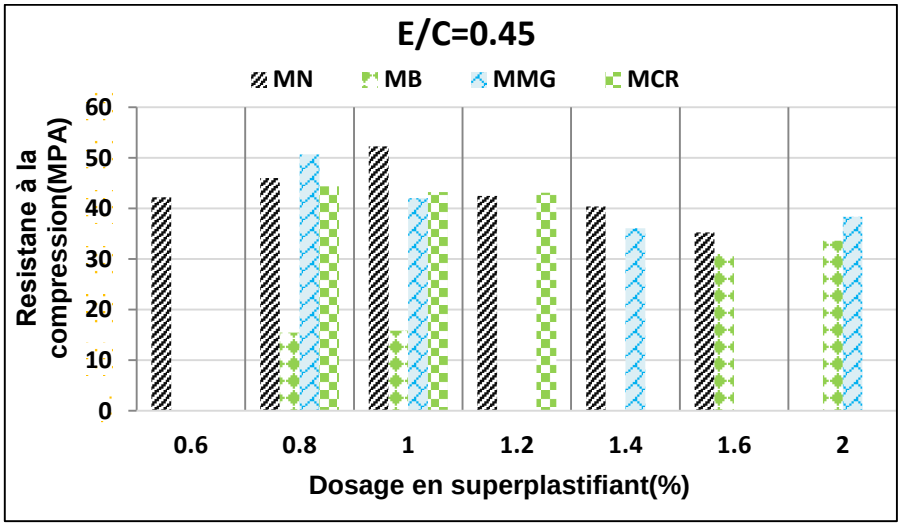


Figure V.41. Variation du Résistance à la compression à 7jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du différent sable.

D'après la figure V.41,nous observons que le mortier à base d'un sable normalisé a une bonne résistance à la compression pour les tous dosages en superplastifiant par rapport les trois types

des sables lorsque on trouve une bonne module de finesse, mais les deux sables (concassé, corrigé) presque sont la même par rapport le sable de référence.

le sable HassiBahbah donne une mauvaise résistance.

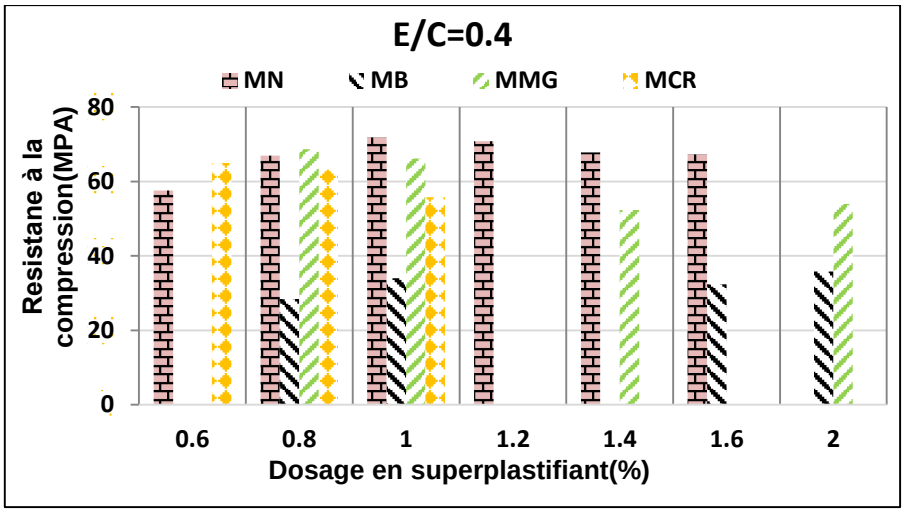


Figure V.42. Variation du Résistance à la compression à 28jours en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du différent sable.

.D'après la figure V.42, nous observons que les mêmes résultats que la figure précédente.40 sauf la résistance à28j sont élevé que à7jour.

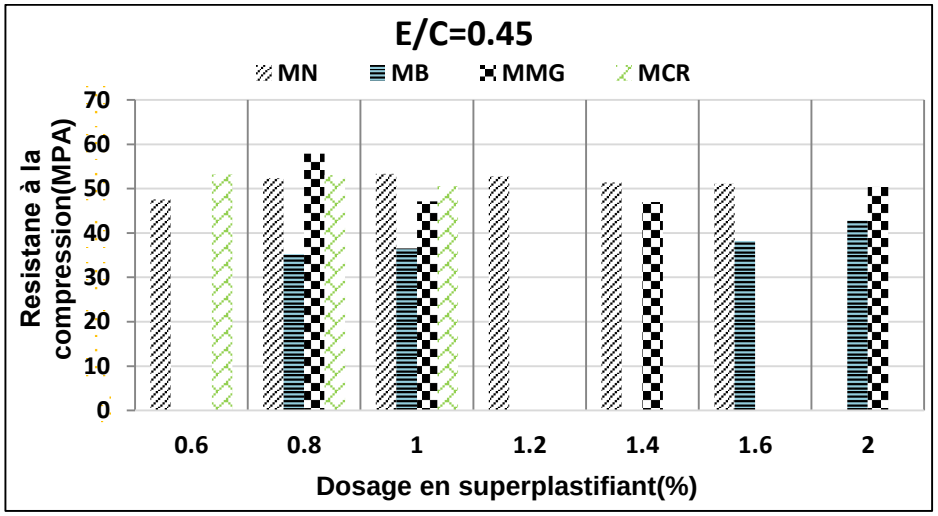


Figure V.43. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du différent sable.

D'après la figure V.43, nous observons que les mêmes résultats que la figure précèdent V.41 sauf la résistance à28jour sont élevé que à7jour.

V.2.2.Les différentes types mortier plus l'agentmedacole-bse avec E/C varie.

V.2.2.1. Sable normalisé

Tableau V.20. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable normalisé.

Mortier	Sp=(%)	L'agent MEDACOLE - BSE	Résistance à la compression (MPa) E/C=0.4	
			7 jours	**28 jours**
MNR1'	1.4%	0,01	46.02	53.36
MNR2'		0,02	42.22	52.31
MNR3'		0.03	53.2	54.59
MNR4'	1.6%	0.01	42.49	51.41
MNR5'		0.02	40.39	51.12
MNR6'		0.03	38.95	47.56

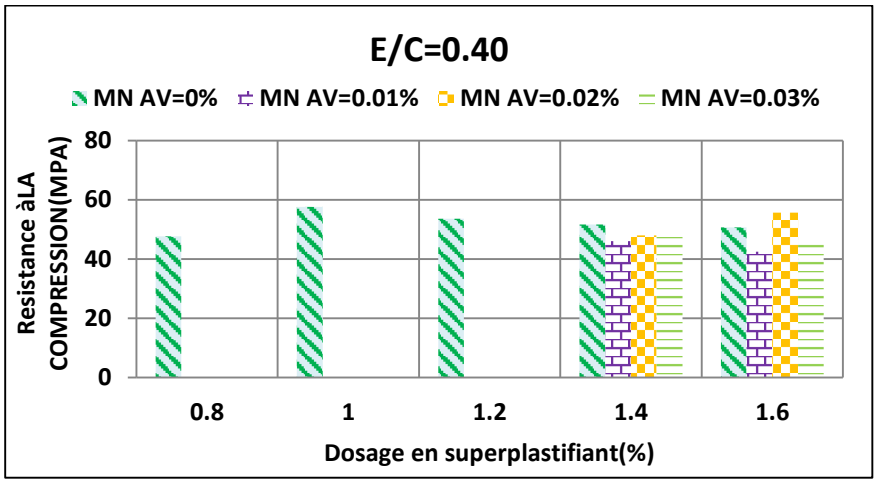


Figure V.44. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0.4

Dans la figure V.44, nous pouvons remarquer que les valeurs de la résistance de sable normalisé avec l'agent de viscosité à sp=1.6% améliore la résistance de AV=0.02% par contre à sp=1.4%.

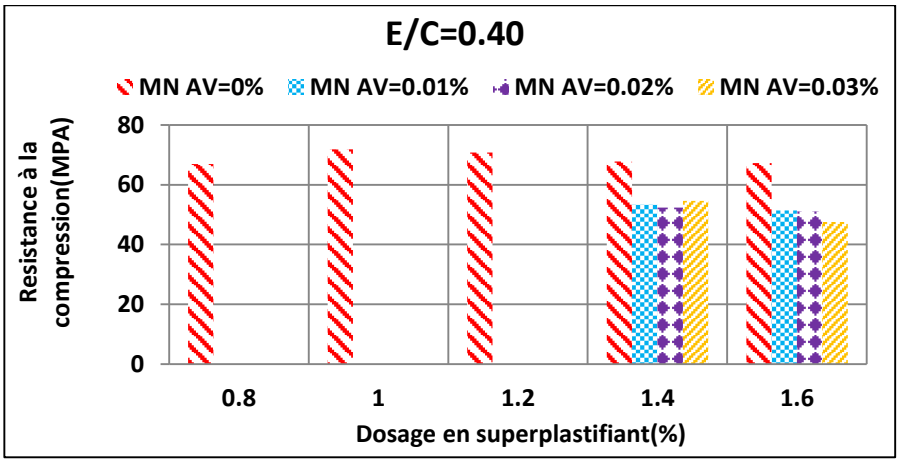


Figure V.45. Variation du Résistance à la compression à 28j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0,4.

D'après la figure V.45 nous constatons que la valeur optimale est égale à 1% de sable normalisé témoin, ce qui nous amène à dire que l'utilité de l'agent de viscosité n'améliore pas la résistance à sp=1.4%et sp=1.6%.

Tableau V.21. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable normalisé.

Mortier	Sp=(%)	L'agent MEDACOLE BSE	Résistance à la compression (MPa) E/C=0.45	
			7 jours	**28 jours**
MNR1'	0.8	0.01	39.25	40.49
MNR1'	1%	0,01	40.33	44.61
MNR2'		0,02	40.11	52.74
MNR3'		0.03	35.96	40.28
MNR4'	1.2%	0.01	43.16	54.90
MNR5'	1.4	0.01	46.58	50.80
MNR6'		0.02	47.44	55.31
MNR7'	1.6	0.01	43.32	51.50
MNR8'		0.02	46.4	56.28

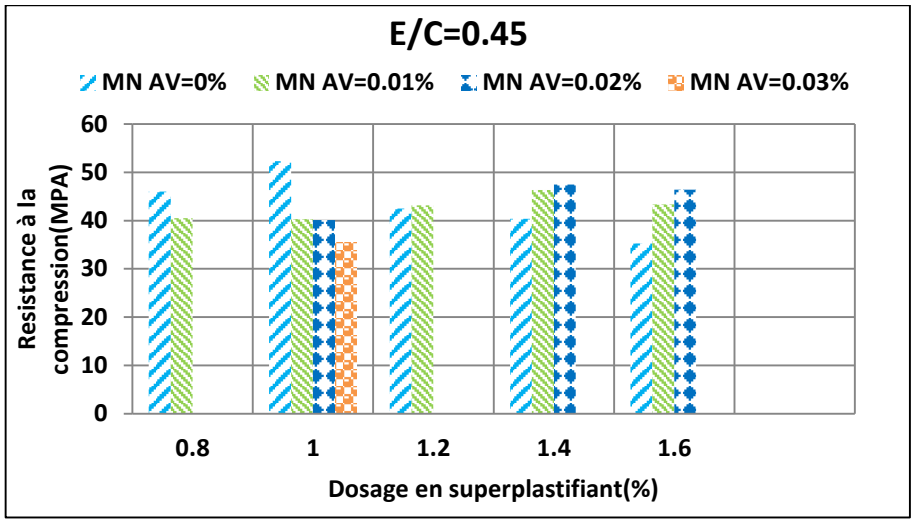


Figure V.46. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0,45.

Dans la figure V.46 on peut remarquer que l'agent de viscosité améliore la résistance de sp=1.2%à1.6% mais le maximal à sp=1.4 et AV=0.02%, Mais nous pouvons remarquer que la valeur de la résistance d'un sable normalisé témoin c'est la valeur optimum à sp=1 % qui nous amène à dire que l'utilité de l'agent de viscosité n'améliore pas la résistance.

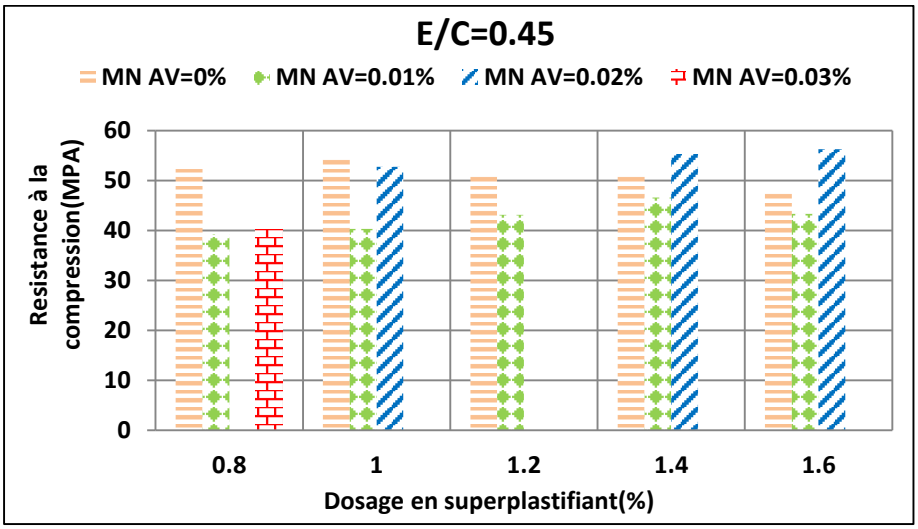


Figure V.47. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable normalisé avec E/C=0,45.

Dans la figure V.47nous pouvons remarquer l'agent de viscosité (AV=0.02%) améliore la résistance de sp=1.4%et sp=1.6%(c'est le maximal) par contre à AV=0.01% et AV=0.03% nous remarquons la diminution de la résistance.

V.2.2.2. Sable concassé

Tableau V.22. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable concassé

Mortier	Sp=(%)	L'agent medacole -bse	Résistance à la compression (MPa) E/C=0.4		Résistance à la compression (MPa) E/C=0.45	
			7 jours	**28 jours**	**7 jours**	**28 jours**
MMG1'	0.8	0,01	45.29	56.24	-	-
MMG2'	1	0,01	53.54	59.59	52.28	58.98
MMG3'	1.4	0.01	49.43	60.28	45.68	55.61
MMG4'	2	0.01	51.68	59.67	43.26	56.27

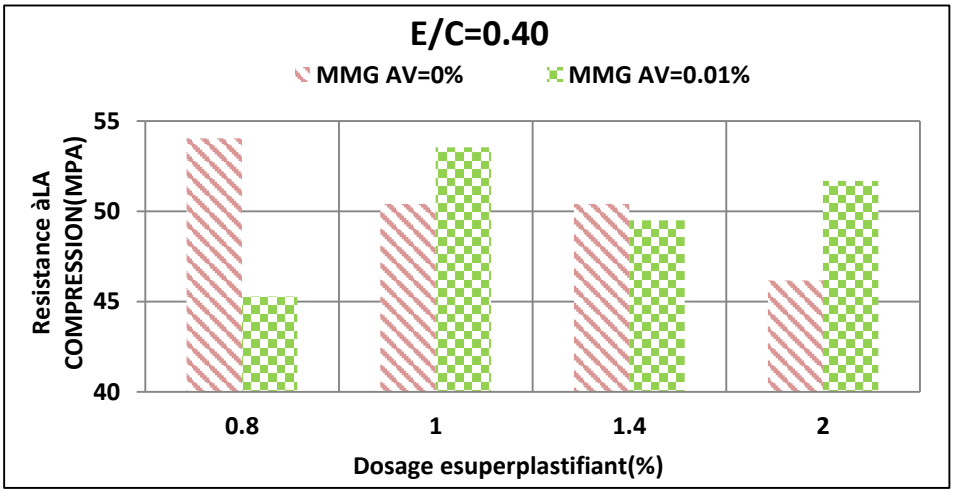


Figure V.48. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé avec E/C=0,4.

D'après le tableau V.22 et la figure V.48, nous trouvons que le mortier du dosage en superplastifiant (0.8%) a favorisé la meilleure résistance à la compression par rapport de sable concassé témoin.

Nous pouvons remarquer à sp=1%et sp=2% avec AV=0.01% l'amélioration de la résistance à la compression.

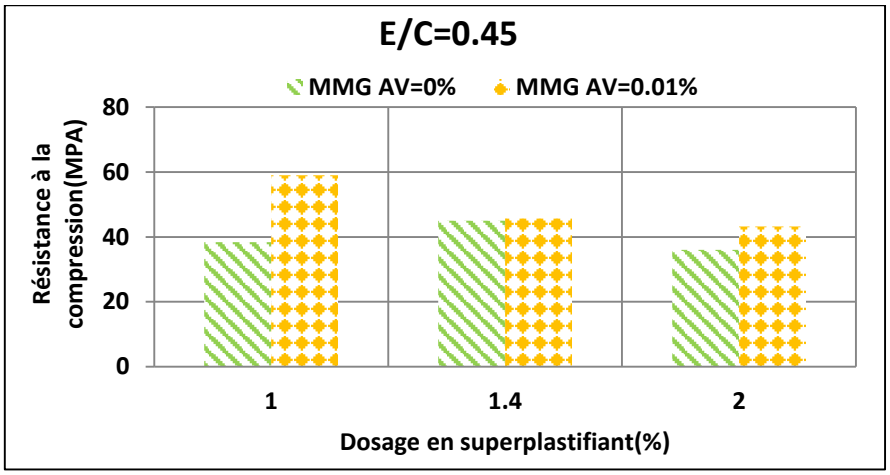


Figure V.49. Variation du Résistance à la compression à 7j en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé avec E/C=0,45.

Dans la figure V.49, on peut remarquer que l'agent de viscosité (AV=0.01%) améliore la résistance de sp=1%à sp=2%donc on peut dire que un bon effet de l'agent de viscosité pour augmenter la résistance à la compression avec le sable concassé.

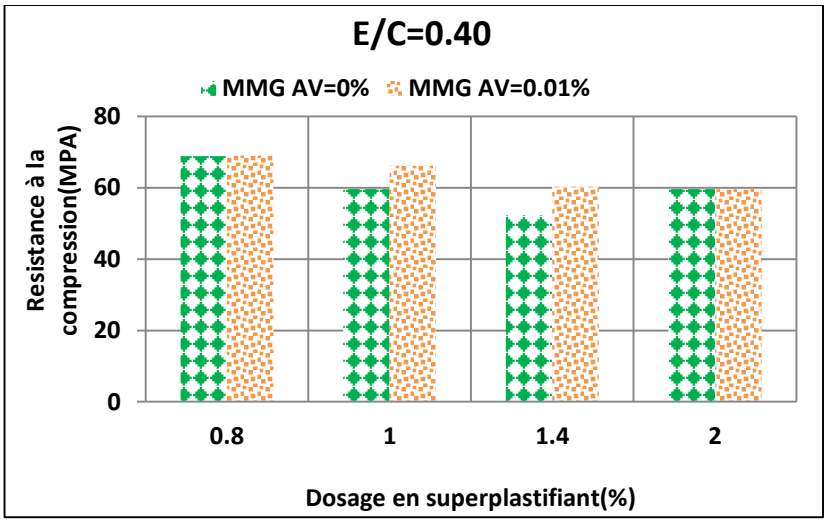


Figure V.50. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé avec E/C=0,4.

Dans la figure V.50 on peut remarquer l'agent de viscosité (AV=0.01%) améliore la résistance de sp=1% à sp=2%donc on peut dire que un bon effet de l'agent de viscosité pour augmenter la résistance à la compression avec sable concassé.

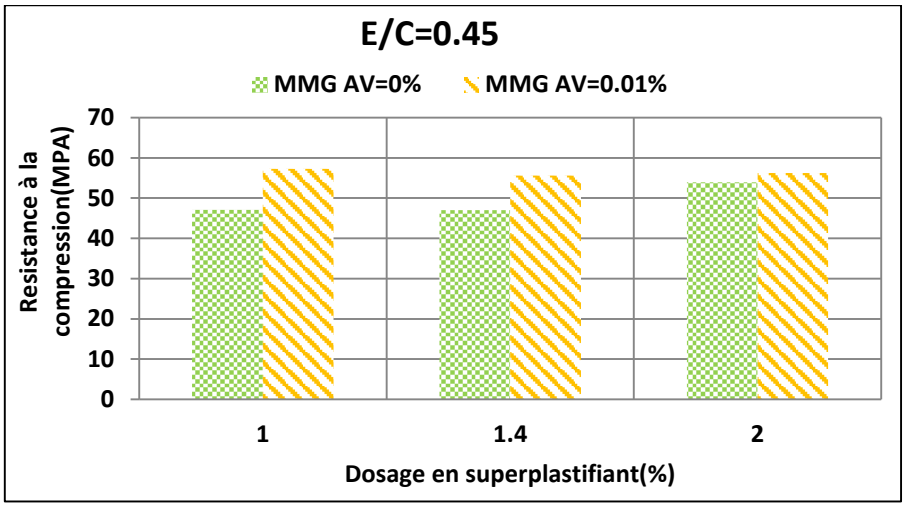


Figure V.51. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable concassé avec E/C=0.45

Dans la figure V.51, nous pouvons remarquer que l'agent de viscosité (AV=0.01%) améliore la résistance de (1%à1.4%), on peut dire que un bon effet de l'agent de viscosité pour augmenter la résistance à la compression avec sable concasse.

V.2.2.3. Sable de HassiBahbah

Tableau V.23. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable de HassiBahbah avec variation de l'E/C.

Mortier	Sp (%)	**E/C**	Résistance à la compression (MPa)	
			7 jours	**28 jours**
MBH1	2	0.55	28.4	51.21
MBH2	2	0.60	24.95	30.24
MBH3	2	0.7	21.97	27.40
MBH4'	2%-AV=0.01%	0.7	21.47	22.63

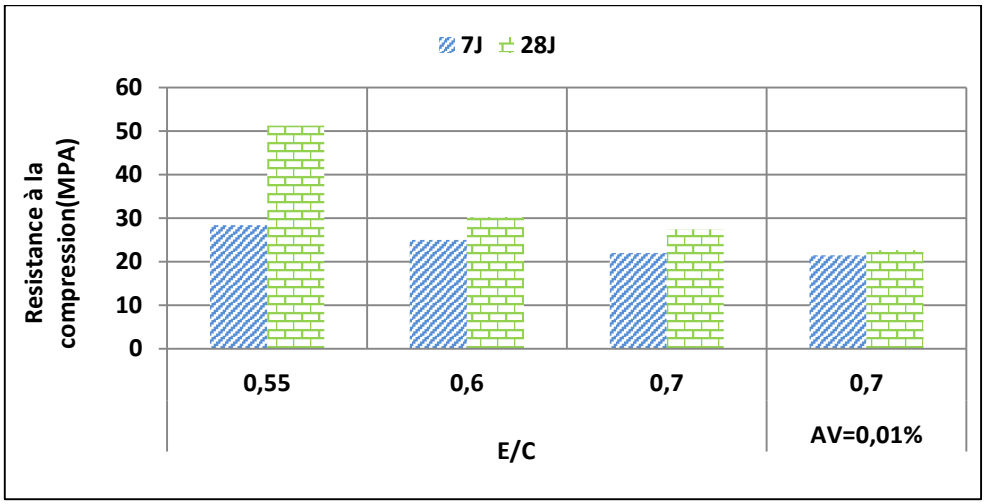


Figure V.52. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable de hassibahbah avec variation de l'E/C.

Cette figure présente la variation de la résistance à la compression en fonction de rapport E /C, on observe que la résistance est diminué dans les deux cas (28j et 7j), Par contre si on additionne l'agent de viscosité (AV=0.01%).

V.2.2.4. Sable corrigé

Tableau V.24. Résistances mécaniques des mortiers à base du sable corrigé.

Mortier	Sp (%)	L'agent MEDACOLE - BSE (%)	Résistance à la compression (MPa) E/C=0.4		Résistance à la compression (MPa) E/C=0.45	
			7 jours	**28 jours**	**7 jours**	**28 jours**
MCR1	0,8	-	54.35	64.99	44.38	53.24
MCR1'	0.8	0.01	56.40	66.17	43.21	55.07
MCR2	1	-	49.05	63.14	43.1	53.03
MCR2'	1	0.01	50.01	65.04	44.46	54.95
MCR3	1.2	-	46.42	55.79	43.21	50.52
MCR3'	1.2	0.01	47.50	59.19	41.37	51.76

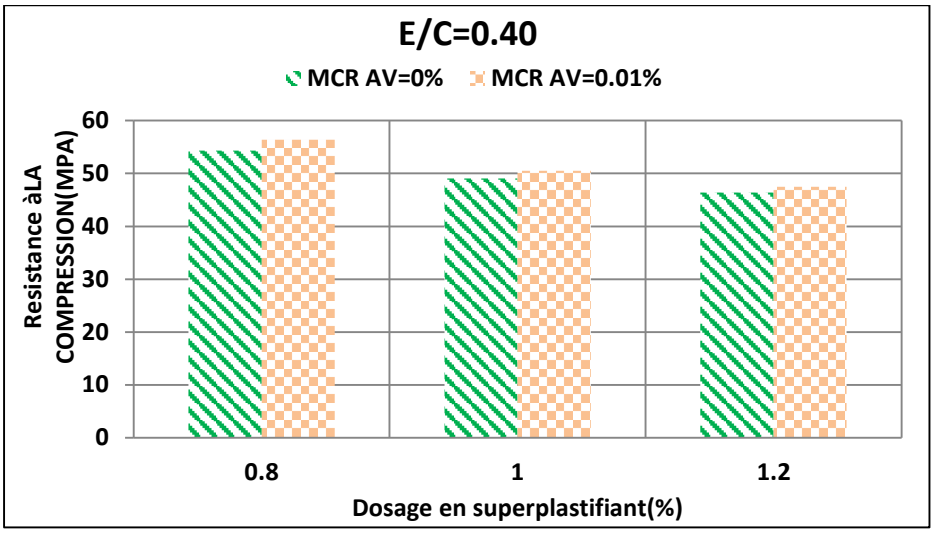


Figure V.53. Variation du Résistance à la compression à 7jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé avec E/C=0.40.

D'après la figure V.52 nous observons que le mortier de dosages 0.8% possède une meilleure résistance avec l'agent de viscosité c'est à dire. Il y a un bon effet de l'agent de viscosité, à partir de cette valeur on a la diminution de son effet.

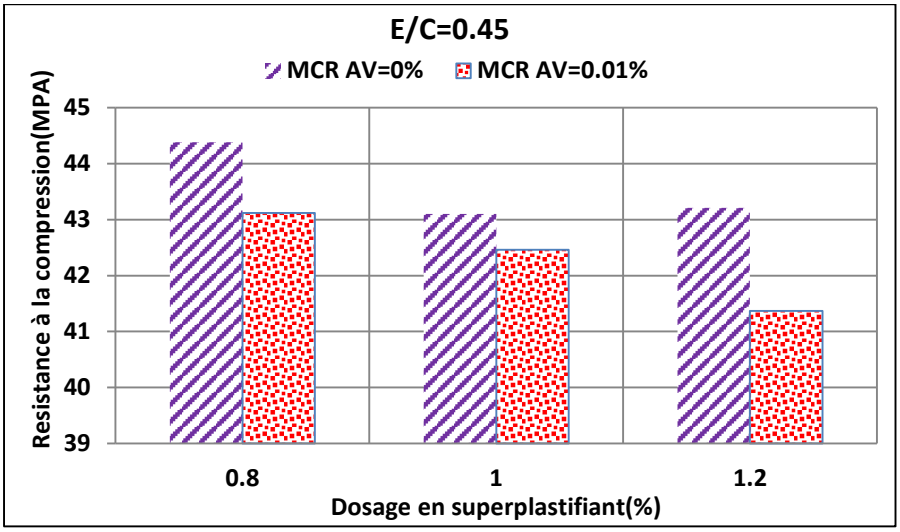


Figure V.54. Variation du Résistance à la compression à 7jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé avec E/C=0,45.

D'après la figure V.53, nous trouvons que le mortier à base d'un sable corrigé avec l'agent de viscosité une diminution de la résistance peut être à l'effet d'augmentation le dosage E/C, donc l'optimal à sp=0.8%(sans l'agent de viscosité),

Ceci on peut dire que n'est pas d'influence positive sur ce sable.

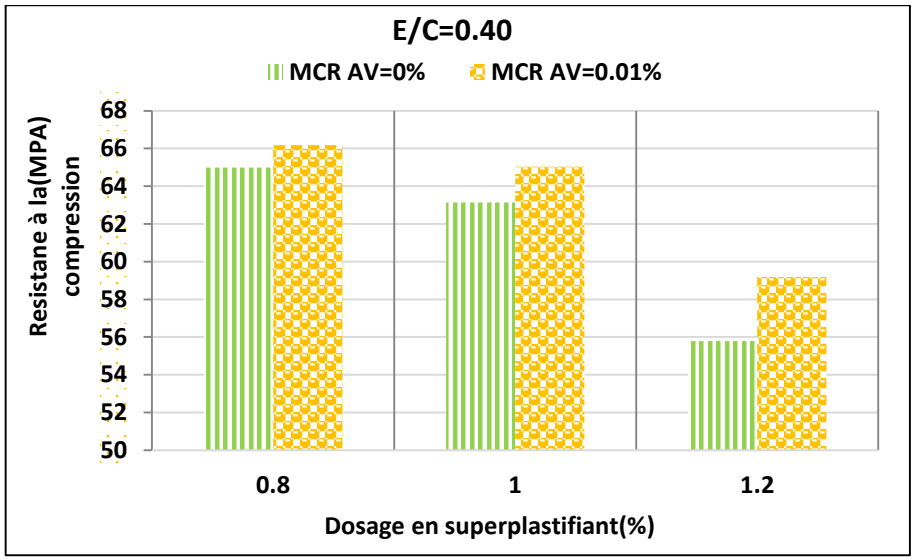


Figure V.55. Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé avec E/C=0,40.

D'après la figure V.54 nous observons que le mortier de dosages 0.8% possède une meilleure résistance avec l'agent de viscosité c.-à-d. il ya une bonne l'effet de l'agent de viscosité, à partir de cette valeur on a la diminution de son effet.

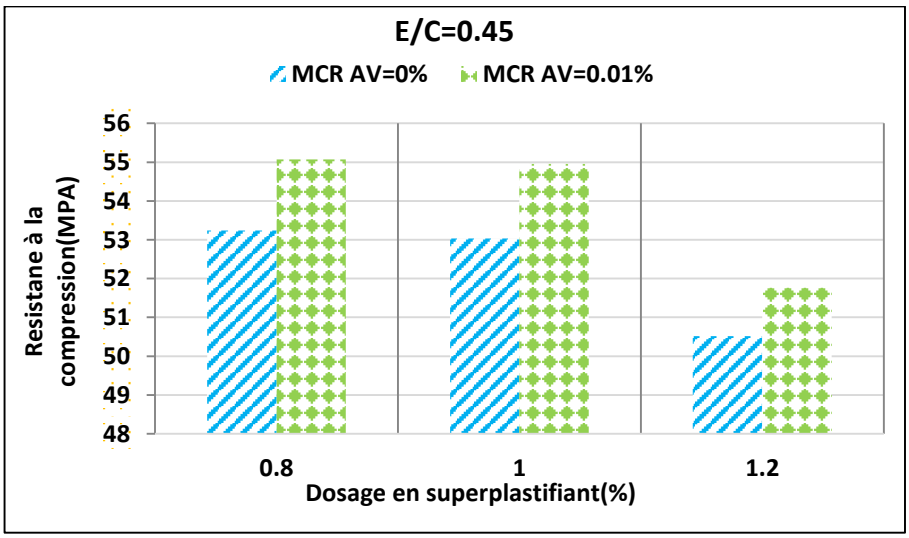


Figure V.56 Variation du Résistance à la compression à 28jour en fonction du dosage en superplastifiant des mortiers autoplaçant à base du sable corrigé avec E/C=0,45.

D'après la figure V.55 nous observons le même résultat que la figure précédent(V.54).

V.3.CONCLUSION

Les résultats de l'étude expérimentale ont montré que :

Pour les mortiers témoins :

-A l'état frais nous avons toujours le sable corrigé une bonne rhéologie (bon mortier autoplaçant) parmi les différents types utilisés.

A l'état durci nous avons le sable concassé et le sable corrige une bonne résistance à la compression.

-D'autre part avec le MEDACOL BSE, en faibles dosages, il a entré une amélioration meilleure sur les propriétés mécanique et rhéologie avec les plus haut dosages de

superplastifiant.

Pour les mortiers avec le MEDACOL BSE :

Alors l'effet de l'agent de viscosité le MEDACOL BSE plus efficace pour donner une bonne maniabilité et l'homogénéité du mortier autoplaçant pour éviter le ressuage et la ségrégation et évaluer la résistance à la compression, d'après les résultats obtenus on trouve que :

A l'état frais nous avons toujours que le sable corrige une bonne rhéologie et à l'état durci nous avons que le sable concassé et corrigé une bonne résistance à la compression.

La résistance à la traction on a essais avec les différents types de sables et différents pourcentage de l'agent de viscosité et superplastifiant mais l'appareille ne donne pas les valeurs normales, alors ne prend pas cette valeurs.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMENDATIONS

Généralités

Les BAP constituent une véritable alternative au béton traditionnel, comme l'ont montré un certain nombre d'exemples. Leur utilisation est notamment simplifiée par la suppression de la vibration et permet de réaliser des ouvrages d'une grande qualité esthétique, ils peuvent être coulés dans des zones très ferraillées ou dans des zones d'architecture complexe et difficilement accessibles.

Les objectifs de ce travail de thèse étaient donc, l'effet de l'agent de viscosité sur l'ouvrabilité et les résistances mécaniques à compression des mortiers autoplaçant à différent type de sable et avec des rapports E/C et de superplastifiants variable et on fera varies le taux en agent de viscosité.

Conclusions Générales

Les formulations de BAP se distinguent par un volume de pâte plus important (lié à la Méthodologie utilisée), l'emploi de superplastifiants en plus grande quantité et l'utilisation éventuelle d'un agent de viscosité avec la variation du E/C. Toutes ces formulations ont été ensuite caractérisées à l'aide d'essais spécifiques pour vérifier leurs aptitudes à être conforme aux recommandations et aux normes concernant les BAP, qui se sont révélés corrects pour la quasi-totalité des formulations.

Les essais effectués dans cette étude constituent un pas en avant dans l'approfondissement des connaissances sur les propriétés rhéologiques et mécaniques des bétons autoplaçant, lors l'incorporation des agents de viscosité à la fonction de différents dosages en super plastifiant.

L'étude sur l'effet du type des adjuvants chimiques (les agents de viscosité et les super plastifiants), sur les paramètres rhéologiques est mécaniques doit être approfondie et d'autres essais doivent être effectués pour avoir des résultats et des conclusions complémentaires.

-le sable est la raison pour laquelle une grande partie de notre travail lui a été réservé afin de tester et d'étudier ses différentes caractéristiques et propriétés afin de mieux l'exploiter.

-La synthèse bibliographique et l'analyse des résultats expérimentaux nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

*Le sable a un rôle très important dans le comportement des mélanges de mortier car il représente le pourcentage de 40% en volume par rapport au mortier.

*L'influence de module de finesse sur l'ouvrabilité et sur la résistance.

3- Les mélanges qui ont un module de finesse important améliorent la résistance et demande un petit dosage de superplastifiant.

Et on conclut que :

1-Les superplastifiant avec un fort dosage, vont augmenter les risques de ségrégation et de ressuage.

2-Pour lutter contre ces effets néfastes sur les propriétés du béton, il est nécessaire d'utiliser les agents de viscosité.

3-Etant donné que les agents de viscosité sont des rétenteurs d'eau, on doit ajuster le bon rapport d'E/C, Pour garantir une bonne ouvrabilité.

4-L'augmentation en E/C, permis d'avoir plus de maniabilité, mais elle réagit Négativement sur les résistances mécaniques.

5-Il ya un effet couplé entre les super plastifiants et les agents de viscosité(le dosage de ces derniers croit avec le dosage de SP)

6- Les agents de viscosité sont plus compatibles avec les plus hauts dosages de SP.

7- L'évolution de l'ouvrabilité, et du temps d'écoulement et les résistances mécaniques Varie à la fonction de la concentration des adjuvants chimiques utilisés.

8- Le MEDACOL BSE, à donner un maintien d'homogénéité plus importante.

9- Le MEDACOL BSE à mener à des mélanges plus visqueux, donc à un temps d'écoulement plus lent, et une perte d'ouvrabilité importante à la fonction les plus bas dosages de SP.

Les résultats obtenus par les essais effectués dans cette étude constituent un pas en avant dans l'approfondissement des connaissances sur les propriétés rhéologiques et mécaniques des bétons autoplaçants, lors l'incorporation des agents de viscosité à la fonction de différents dosages en super plastifiant

De point de vue on peut dire que l'effet de l'agent de viscosité plus efficace avec le sable corrige soit à l'état frais ou bien à l'état durci avec e/c=0.4.

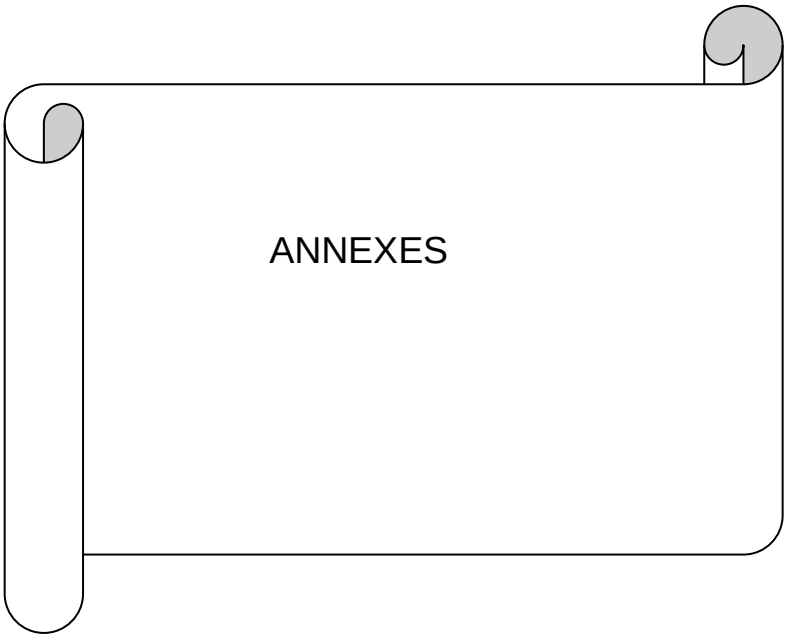
Et le sable concasse donné une bonne résistance à la compression mais à l'état frai on obtient toujours ségrégation malgré on ajoute l'agent de viscosité.

Recommandations

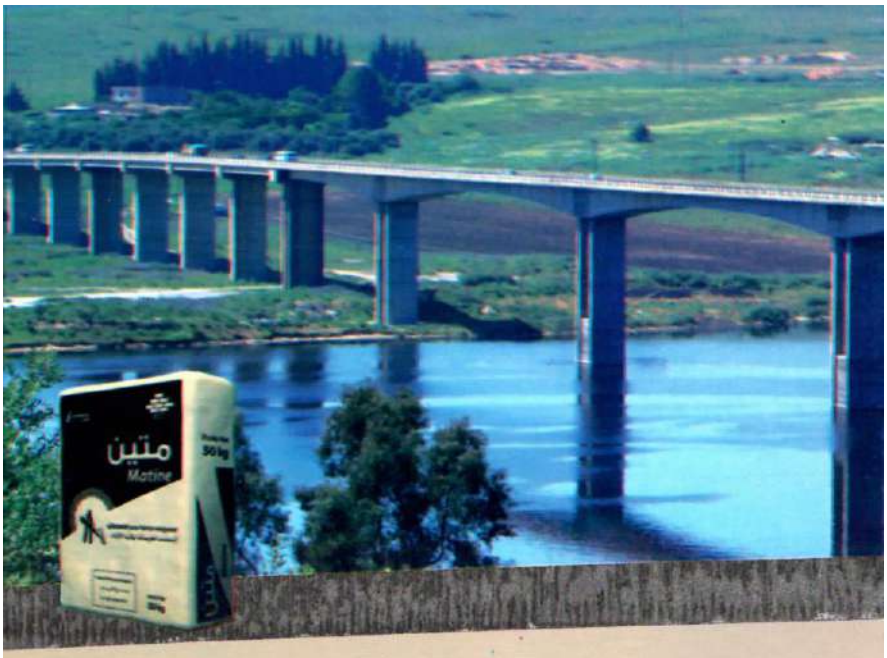
Afin de compléter cette recherche, nous suggérons les recommandations suivantes qui permettront d'ouvrir les portes sur d'autres recherches plus approfondies concernant certains aspects techniques des bétons autobloquants **:**

- Varier le rapport E/C avec un minimum de superplastifiant avec différente type de l'agent de viscosité.
- Utiliser différents types de ciment.
- Etude de différent sable à différent types de superplastifiant.
- Essayer de réaliser des essais sur la porosité causée par l'incorporation des agents de viscosité, et savoir leurs influences sur les résistances mécaniques des BAP.

ANNEXES


ANNEXES

Annexe A: Fiche technique du ciment utilise (mâtine)



Ciment

MATINE

Ciment pour béton exigeant

- Destiné aux bétons de performances avec une résistance caractéristique à la compression Rc 28> 25 MPa
- Compatible avec les différents adjuvants et ajouts cimentaires
- Approprié à la réalisation des bâtiments élancés, tunnels, barrages et ponts

Nous pouvons utiliser les proportions moyennes mentionnées ci-dessous dans le cas de l'absence d'une formulation étudiée.



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 oeuvre.



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

Annexe B : Fiche technique du l'adjuvant utilise (medaflow145)

MEDAFLOW 145 HR

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

Super plastifiant – Haut réducteur d'eau très puissant pour Béton prêt à l'emploi

DESCRIPTION

Le **MEDAFLOW 145 HR** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la nouvelle génération d'adjuvants. Il est formulé à partir d'une nouvelle molécule de très haute performance, son utilisation dans le béton permet l'obtention d'un maintien exceptionnel de l'ouvrabilité (>2h30).

Le **MEDAFLOW 145 HR** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de super plastifiant, Le **MEDAFLOW 145 HR** présente un effet retardataire.

CARACTERISTIQUES

• Forme	Liquide
• Couleur	brai clair
• pH	5 – 6
• Densité	1.06 ± 0.02
• Teneur en chlore	≤ 0.1 g/L

PROPRIETES ET EFFETS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 145 HR** permet :

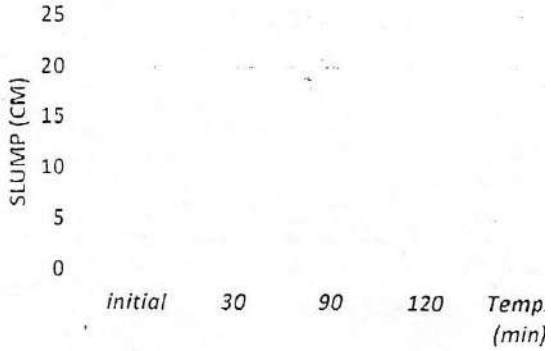
Sur béton frais :

- l'obtention d'un E/C très bas
- Béton plastiques à fluides
- une très bonne maniabilité
- un très long maintien de l'ouvrabilité
- de faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

- bonne résistances initiale et finales
- de diminuer la porosité
- bel aspect de parement au décoffrage
- de diminuer le retrait

Perte de Slump :



Béton préparé avec :
Ciment CEM II 42.5R dosé à 400 kg/m^3,
E/C=0.42,
MEDAFLOW 145HR dosé a 1.15 %,
T=23 ° C
Graviers concassés et un sable roulé de carrière.

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons prêt à l'emploi
- Bétons transportés sur de longues distances
- Bétonnage par temps chaud
- Bétons auto - nivelant
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons avec ferraillage dense

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,3 à 2,5 % du poids de ciment soit 0.33 à 1 8 litre pour 100 Kg de ciment.

Un retard de prise est observé pour les dosages supérieurs à 1% du poids du ciment.

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

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 145 HR** est introduit dans l'eau de gâchage.

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

Il est recommandé de réaliser des essais dans les conditions de chantier afin de déterminer le dosage

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAFLOW 145 HR** est conditionné en bidons de 12 l et fûts de 210 et 240 kg.et cubitainer 1100 kg

Délai de conservation :

12 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).

Précaution d'emploi:
Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur notre site web : www.granitex.dz

Les renseignements donnés dans cette fiche 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.

Granitex

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

B: Fiche technique du l'agent de viscosité (MEDACOL BSE)

NOTICE TECHNIQUE 2 1 1 2

MEDACOL BSE

Conforme à la norme EN 934-2: TAB 4.

Adjuvant pour bétons et mortiers coulés dans l'eau

DESCRIPTION

Le **MEDACOL BSE** est un adjuvant en poudre destiné à la confection de bétons et mortiers coulés dans l'eau.

DOMAINES D'APPLICATION

- Travaux en milieux marins
- Caissons immergés
- Alvéoles pour blocs de quais
- Colmatage de cavernes pour digues à talus
- Coulis d'injection
- Bétons de pieux dans terrains absorbants

PROPRIÉTÉS

Le **MEDACOL BSE** rend le béton plus plastique voire visqueux, ce qui facilite le bétonnage sous l'eau, sans lessivage ni ségrégation.
Avec l'ajout d'un super plastifiant, le même béton peut être pompé avec un rapport E/C très bas par rapport à un béton témoin pompé dans les mêmes conditions.

CARACTÉRISTIQUES

Le **MEDACOL BSE** est composé essentiellement d'agents colloïdaux et de micro silice ultra fine.

- Aspect ..... poudre grisâtre
- Densité..... 0,5

MODE D'EMPLOI

Le **MEDACOL BSE** doit être mélangé à sec avec tous les composants du béton (ciment, sable et agrégats) avant introduction de l'eau de gâchage.
Introduire l'eau de gâchage en une seule fois, puis malaxer pendant au moins 2 minutes pour permettre une bonne répartition de tous les constituants du béton.

La consistance du béton doit être fluide ; les résultats recherchés sont :
- Étalement (table DIN) ..... 600 mm
- Affaissement au cône d'Abrams ..... 200 mm

Il est nécessaire de procéder à des essais de convenance afin de déterminer la quantité d'eau de gâchage nécessaire.

CONSOMMATION

A titre indicatif, la consommation du **MEDACOL BSE** sera :

1- Pour béton coulé dans l'eau :
- Eau stable : 0,8% par rapport au poids du ciment
- Eau faiblement agitée : 1,6 % par rapport au poids du ciment
- Eau fortement agitée : 2,4 % par rapport au poids du ciment

2- Pour coulis d'injection
- 0.3 à 2% par rapport au poids de ciment

Le dosage dépendra de la viscosité recherchée du coulis.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Sacs en papier kraft de 10 kg et de 20 kg.
Durée de conservation :
12 mois dans son emballage d'origine, à l'abri de l'humidité et de la chaleur.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : **www.granitex-dz.com**

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.

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

B.1. L'agent de viscosité
La quantité d'agent de viscosité est AV:

AV (kg)= (%AV x C) /100

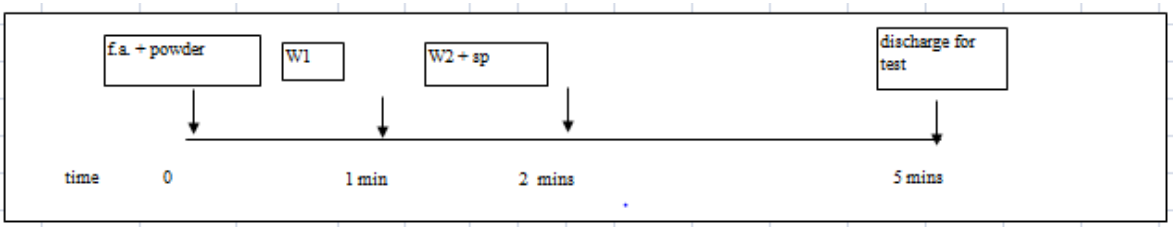
Annexe C. Fiches techniques des produits utiliser

Référence du mélange	Essai 1	CEM I 42,5 sans ajout		Date
volume de mortier (litres)	**1,2**			
sable/mortier vol	0,5			
E/P par vol.	1,2573	poudre vol (%)	22,15	Eau volume (%)
composition Poudre(vol %)		type		
ciment portland	100			
Laitier	0			
Fumée de Silice	0			
Pouzzolane	0			
superplast - MEDAFLOW30	2	% (Sp/P)		
humidité sable				

		humidité (%)	absorption (%)	correction (%)
poids humide (gms)	200	**0,0**	1,6	**0,0**
poids sec (gms)	200			

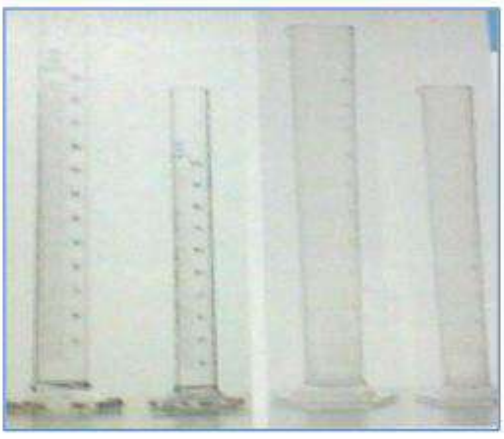
Materiaux/Type	vol	densité		contenance d'eau		poid mélange		
	litres	kg/m^3	kg	%	kg	kg		
ciment	0,290	3100				**0,900**		
Laitier	0,000	2857				**0,000**		
Calcaire	0,000	2544				**0,000**		
Pouzolane	0,000	2590				**0,000**		
Eau	0,360	1000	0,360			0,360	**W 1**	**0,216**
			total				**W 2**	**0,144**
superplast - MEDAFLOW145 HR		1065	0,014	70	0,010	**0,0144**		
			ssd				SF	0,690 9
Sable	0,650	2673	1,737	-0,584	- 0,010	**1,727**	**SG**	1,036 4
Total	1,300					3,001		

w/p.btwt = 0,4000



Annexe D: Equipement secondaire

-Eprouvettes et béchers en verre et en plastique graduées-







-Spatules flexibles en acier inox-



-Pinceaux-



-Les balances –





Annexe E: Les étapes de fabrication des éprouvettes de mortier

Cas du malaxage



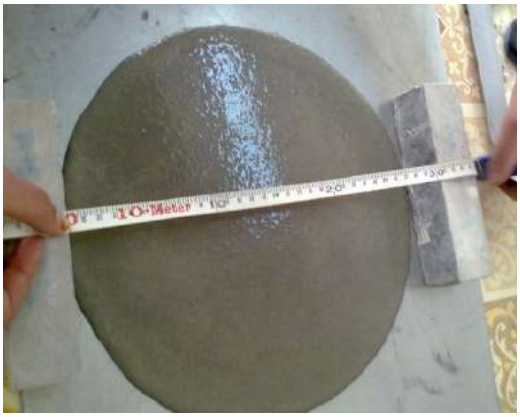
Lors du malaxage



Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable normalisé et superplastifiants (mortiers témoins E/C=0.40)



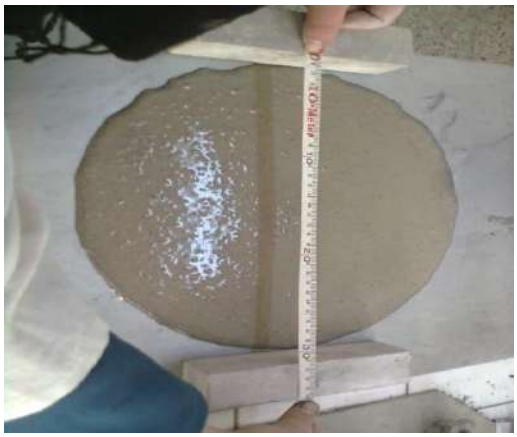
SP= 0.6 %



SP= 0.8 %



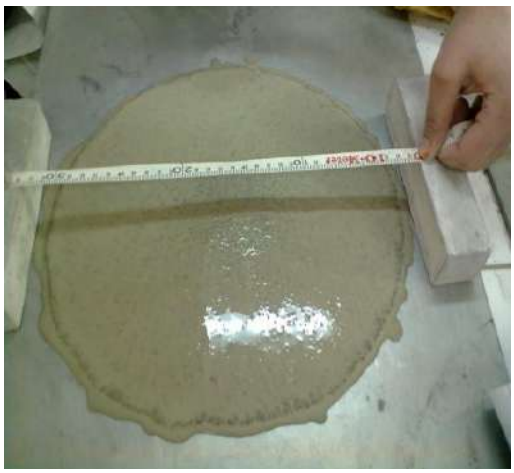
SP= 1%



SP= 1.2%



SP=1.4 %



SP= 1.6%

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable Hassi bahbah et superplastifiants (mortiers témoins E/C=0.40)



SP= 0.8%



SP= 1%



SP=1.6%



SP= 2%

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable concassé (Mont Gorno) et superplastifiants (mortiers témoins E/C=0.40)



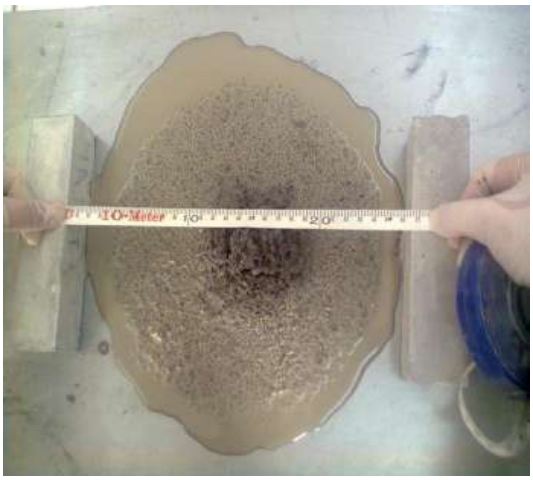
SP= 0.8%



SP= 1%



SP= 1.4%

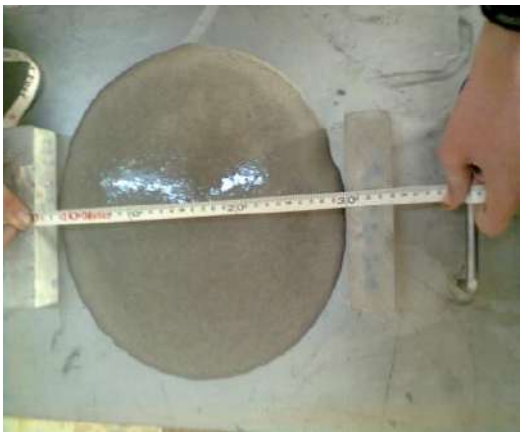


SP= 2%



Blocage de mortier

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable normalisé et superplastifiants (mortier témoin E/C=0.45)



SP= 0.6%



SP= 0.8%



SP=1%



SP=1.2%



SP=1.4 %



SP=1.6 %

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable Hassi bahbah et superplastifiants (mortier témoin E/C=0.45)



MPA 0.8 %



MPA 1%



MPA 1.6%



MPA 2%

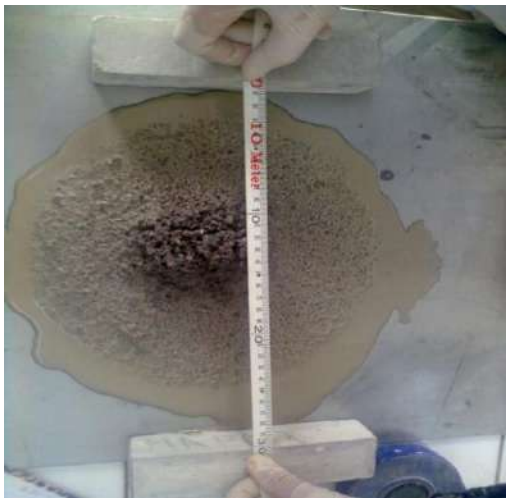
Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable concassé (Mont Gorno) et superplastifiants (mortier témoin E/C=0.45)



SP= 0.8%



SP=1%



SP=1.2%



SP= 2%



Blocage de mortier

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable hassi bahbah et superplastifiants (E/C=0.55 et 0.6 ; 0.7)



SP=2%(E/C=0.55)



SP= 2% (E/C=0.6)



SP= 2%, (E/C=0.7)



SP=2 %,(E/C=0.7, AV=0.01)

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable normalisé et superplastifiants avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE (E/C=0.40)



AV=0.03%, SP=1



AV=0.02%, SP=1.4



AV=0.01%, SP=1.6%



AV=0.02%, SP=1.6%



AV=0.03%, SP=1.6%

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable concassé (Mont Gorno) et superplastifiants avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE (E/C=0.40)



AV=0.01%, SP=1%



AV=0.01, SP=1.4%



AV=0.01%, SP=2%

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable normalisé et superplastifiants avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE (E/C=0.45)



AV=0.01 SP=0.8%



AV=0.01 SP=1%



AV=0.02%, SP=1%



AV=0.03%, SP=1%



AV=0.01%, SP=1.2%



AV=0.01%, SP=1.4%



AV=0.02%, SP=1.4%



AV=0.01%, SP=1.6%

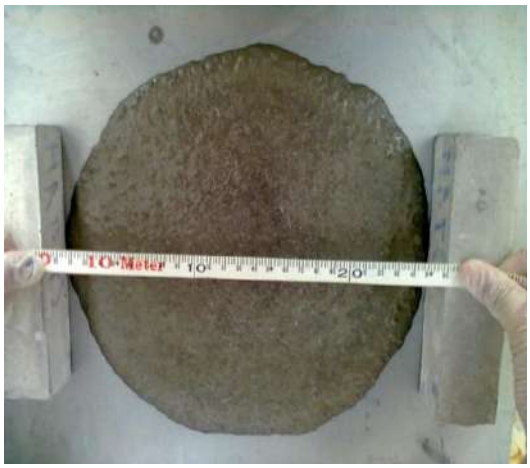


AV=0.02%, SP=1.6%

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable concassé (Mont Gorno) et superplastifiants avec l'agent de viscosité le MEDACOL BSE (E/C=0.45)



AV=0.01%, SP=0.8%



AV=0.01%, SP=1%



AV=0.01%, SP=1.2%



AV=0.01%, SP=2%



Blocage de mortier

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable Corrigé et superplastifiants (E/C=0.40)



SP=0.8%



SP=1%



SP=1.2%



AV=0.01, SP=1.2%

Résultats du diamètre d'étalement pour l'ensemble des mortiers à base du sable Corrigé et superplastifiants (E/C=0.45)



SP=0.8%



SP=1%



SP=1.2%



AV=0.01%, SP=1%



AV=0.01, SP=1.2%



Coulage du moule



Confection des éprouvettes de mortier

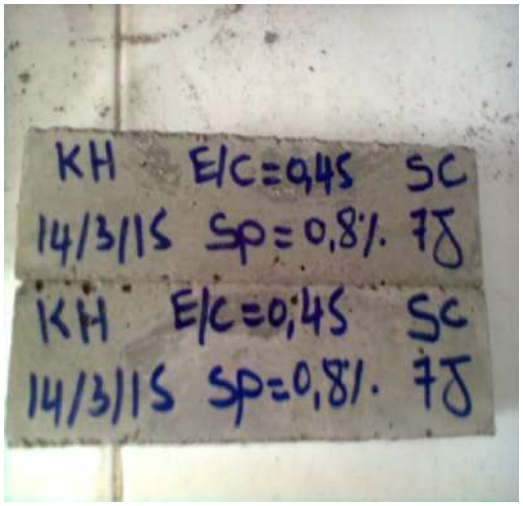




Démoulages des éprouvettes



Conservation des éprouvettes





Après le coulage du moule Les éprouvettes de mortier après 7 j et 28j de conservation

Les Ecrassements à 7jours et 28jours (mortiers temoins E/C=0.40 et E/C=0.45)

Essai de traction par flexion









Les Ecrassements à 7jours et 28jours (mortiers temoins E/C=0.4 et E/C=0.45)

Essai de compression









Les Ecrassements à 7jours et 28jours (mortiers avec l'agent de viscositéE/C=0.40 et E/C=0.45) Essai de traction par flexion









Les Ecrassements à 7jours et 28jours (mortiers avec l'agent de viscositéE/C=0.40 et E/C=0.45) Essai de compression









REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

[1] Baron J. et Ollivier J.P."Les bétons – Bases et données pour leur formulation" Editions Eyrolles, 1996, 243 p.

[2] Hocine OUCIEF. «les betonsautoplacants a fibrage mixte : leur reponsemecaniqueet bases de leur optimisation»thése de Doctorat D'état, 2006, p12.

[3] Okamura H. and Ouchi M. "Self-Compacting Concrete. Development, present use and future", Proceedings of the First International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, 1999, Stockholm, Suède pp. 3-14.

[4] Maher EL BARRAK. « contribution à l'étude de l'aptitude a l'écoulement Des bétons autoplaçant à l'état frais »

[5] F.Buyle, Bonin. «*Bétons autoplaçants* ».

[6] AntoineVavel. « *Bétons Autoplaçants : la haute théchnologie au quotidien* », Solution Béton, Constructions Modernes n°114, pp16.

[7] ADAM M.NEVILLE, Michel Pigeon .« Propriétés des bétons », traduit par CRIB Centre de Recherche Interuniversitaire sur le Béton SHERBOOKELaval-éditions Eyrolles2000-paris.

[8] LE LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE POLYNESI,Notice technique : « La durabilité des bétons », 2008.

[9] Norme Algérienne 442-2000. « Liants hydrauliques-ciments courants compositions spécifications et critére de conformité », LANOR, Alger ,2000.

[10] G.Dreux. «Nouveau guide du béton »quatrième édition, Eyrollex, paris, 1995.

[11] B. BOUKNI. « Tenue au feu des Bétons Autoplacant »Mémoire de Magister, Décembre 2007, p27.

[12] Agarwal S.K., MasoodI. and Malhotra S.K. « Compatibility of superplasticizers

With different cements » Construction and Building Materials, 2000, vol 14, pp. 253-259.

[13] RILEM. « Self Compacting Concrete», State-of-the-Art report of Rilem Technical Commite 174-SCC Self Compacting Concrete Edited by, Skarendhaland Ö.Petersson, RILEM Publications S.A.R.L.

[14] AFGC. « Béton Autoplaçants : Recommandations Provisoires », Document

Scientifiques et Techniques, AFGC, Juillet 2000.

[15] Khayat K.H. « Viscosity-Enhancing Admixtures for cement-based materials – An overview » Cement and Concrete Composites, 20, pp. 171-188, 1998.

[16] Klug Y. and Holschemacher K. "Comparison of the hardened properties of Self Compacting and Normal Vibrated Concrete" 3rd International Symposium on Self Compacting Concrete, Reykjavik,Iceland, 2003, pp. 596-605.

[17] Efnarc. « The European guidelines for self-compacting concrete » The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. www.efnarc.org, 2005, 68p

[18] Choi Y.W, Kim Y.J, Shin H.C. and Moon H.Y. « An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high-strength lightweight sel-compacting concrete » Cement and Concrete Research, 2006, vol 36, pp. 1595–1602.

[19] Jean-christoheBraquenier. « Le Béton Autoplaçant ou Autocompactant», Recherche et Etude, pp14 -22, Automne 2000

[20] Norme X.P.P18540. « Définition, conformité, spécifications », AFNOR, PARIS1997.

[21] Ministère de l'habitat et de l'urbanisme. « journée d'étude sur les sables de concassage », juin2005

[22] Norme Algérienne523-1990. «Liants hydrauliques-techniques des essais, sable normal et mortier normal », lanor, Alger, 1990.

[23] G. tout le monde. « notion sur les matériaux de construction et la pratique des travaux» collection des cours de l'école chez soi,Eyrolles-Editeur paris.

[24] Encyclopédie Encarta ; Edition 2009.

[25] Mr. Saidi Mohammed Mouloud. " Recherche d'un sable de substitution au sable normalisé de Leucate". Thèse de magistère. Juillet 2007

[26] G.Dreux, Festa.j .«Nouveau guide du béton et de ces constituantes »,huitième

éditions, Eyrolles, France, 1998.

[27] Cours de matériaux de construction.

[28] Walther, René." construire en béton", synthèse pour architectes /Walther, René : presse polytechniques universitaires romandes 1993.

[29] **Lycèce. Eldjazairi .** " 3 ème cours : matériaux de construction" ; site : www.la.refer.org/materiaux/images/granut

[30] Norme Algérienne2607-1990. «Analyse granulométrique par tamisage » JANOR, Alger1992.

[31] Norme Algérienne 455-1990. « granulats, équivalent de sable »JANOR, ALGER ,1990.

[32] François Bondeux – Philippe Dhervilly – Pierre Duc – Marie-Cécile Duranthon ." Quels sables pour votre golf".

[33] site sur Internet : www. la refer .com

[34] Habouche A. « propriétés mécanique et durabilité du béton àbase de sable concassage»,Memiore de magister,sous la direction du pr .KENAI S ,Départementde génie cicil,université de SAAD DAHLEB,BLIDA,2002.

[35] P. Richard. « Les bétons contemporains : La pluralité de l'offre des bétons ». Solutions béton.Construction modernes / N ° 105, 2000.

[36] R. Dupain, R. Lanchan, J-C. Saint Arroman.

« Granulats, sol, ciments et bétons ». Caractérisation des matériaux de génie civil par lesessais de laboratoire. Edition Casteilla, 1995, ISBN :2-7135-1471-1

[37] Groupe W.R. Grace . « Dossier sur les adjuvants du béton ». PIERI, 2003

[38] Aïtcin, P.C., Jolicoeur, C., Mac Gregor, J.G. (1994). « *Superplasticizers: how they work and why they occasionally don't* », Concrete International, mai, Vol. 16, No. 5, p. 45-52.

[39] Flatt R.J., Houst Y.F.

« A simplified view on chemical effects perturbing the action of superplasticizers », Cement and Concrete Research, vol. 31, 8, pp. 1169-1176, 2001

[40] JolicoeurC., Simard M.A. « *ChemicalAdmixture-Cement Interactions : Phenomenology and Physico-chemical Concepts* », Cement and ConcreteComposites, 20, pp. 87-101, 1998.

[41] Nkinamubanzi, P.C. (1993). «Influence des dispersants polymériques (superplastifiants) sur les suspensions concentrées et les pâtes de ciment», Thèse de doctorat, Département de chimie, Université de Sherbrooke.

[42] Baalbaki, M. (1998). «*Influence des interactions du couple ciment-adjuvant dispersant sur les propriétés des bétons, importance du mode d'introduction des adjuvants*», Thèse de doctorat en sciences appliquées, Université de Sherbrooke, Canada.

[43] Ramachandran, V.S., Malhotra, V.M., Jolicoeur, C., Spiratos, N. (1998). «*Superplasticizers : Properties and Applications in Concrete*», Ed. CANMET, Ottawa, Canada, 1998.

[44] Spiratos, N., Pagé, M., Mailvaganam, N.P., Malhotra, V.M., Jolicoeur, C. «*Superplasticizers for Concrete: Fundamentals, Technology, and Practice*», Ed. CANMET, Ottawa, Canada, 2003.

[45] JolicoeurC., Nkinamubanzi, P.C., Simard, M.A., Piotte, M. (1994).
« *Progress in understanding the functional properties of superplasticizer in fresh concrete* », ACI SP-148, p. 63-68.

[46] Uchikawa, H., Hanehara, S., Sawaki, D. (1997).
«*The role of steric repulsive force in the dispersion of cement particles in fresh paste prepared with organic admixture*», Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 1, pp. 37 – 0.

[Baron 96] BARON J. et OLLIVIER J.P. « Les Bétons – Bases et données pour leur formulation », éditions Eyrolles, 1996.

[47] H.T. Huynh, F. De Larrard. « La compatibilité ciment-superplastifiant dans les bétons à hautes performances synthèsebibliographique ». Bulletin du Laboratoires des Ponts et Chaussées-206-Novembre-Décembre 1996-Réf.4053- PP. 63-73

[48] V.S. Ramachandeanet **P.C. Aïtcin.**« L'interaction ciment/superplastifiant. Cas des polysulfonates ». Bulletin des Laboratoiresdes Ponts et Chaussées-233-Juillet-Aout 2001- Réf.4373- PP. 87-98.

[49] P-C. Aïtcin. « Bétons Haute Performance ». Edition Eyrolles, 2001.

[50] KHAYAT, K.R, (mars-avril 1995) Effects of antiwashoutadmütwes 02 fieshconmete properties, AC1 Màterïals Journal, V.92, No. 2,. 8 p.

[51] Rols S., Ambroise J. and PéraJ."Effects of different viscosity agents on the properties of self-leveling concrete" Cement and Concrete Research, 1999, vol 29, pp. 261-266.

[52] Lachemi M., Hossain K.M.A., Lambros V., Nkinamubanzi P.C. and BouzoubaâN. "Self-consolidating concrete incorporating new viscosity modifying admixtures » Cement and Concrete Research, 2004, vol 34, pp. 917-926.

[53] Petersson Ö. and Billberg P. "Investigation on blocking of Self-Compacting Concrete with different maximum aggregate size and use of viscosity agent instead of filler" Proceedings of the first International RILEM Symposium on Self Compacting Concrete 1999 in Sweden, pp. 333-344.

[54] Gibb I. "Single-Shot: Admixture for Self-Compacting Concrete" 3rd International Symposium on Self Compacting Concrete, 17-20 August 2003, Reykjavik,Iceland, pp. 415-419.

[55] GHIO, V.A.., MONTETRO, P.J.M., GJORV O.E. (1994) Efects of poLysaccharide gums on fiesh concrete properties, AC1 Materials Journal, V. 9 1, No.6, p. 602406

[56] KHAYAT, KK, YAHIA, k (1997).

Effects of welan gum - high ronge water reducer combinafions on rheology of cernent grout, acceptédans AC1 &terialsJr, 23 p.

[57] GHIO, VA-, MONTEIRO, P.J.M., DEMSETZ, L.A-, (1994).

The rheology offesh cement paste corrraining polysaccharide gums, Cernent and Concrete Research, V.24, N0.2, pp 243-249

[58] WALLEVIK, O.K, GJORV, O.E. (S.&) Practical descripion of the rheoIogyoffiesh concrete, The Norwegian Institute of Technology, Division of Building Materials, 12 p

[59] RAI (TTSKY, W.G. (novembre 1993)Sÿrpendng agent applcations in cementitiotrs systems, presented at the ConChem International Exhibition&Conference, Karlsruhe, KAWAKAMI, M, WADA S., SUZUKAWA, K (1980).

[60] SKAGGS, C.B., RAKZTSKY, W.G., WHITAKER, S.F., (1994) Applications of rheological modzflers and superplasticizers in cementitious system, Proceedines of the Fourth International Conference of the ACI, Montréal, Canada, p. 189-207.

[61] T. Fukute, A. Moriwake, K. Sano, K. Hamasaki .
« Development of super workable concrete for multi-functional port structures » ACI SP 154, Las Vegas (1995) d'après [18]

[62] M. Lanez. « Contribution à l'étude des bétons de poudres réactives » Thèse de magistère, USTHB 2005.

[63] Fiche technique. « Sable normalisé », 2009.

[64] CEN EN 196-1 Norme Française CENEN 196-1. « Méthode d'essais des ciments, partie I : «Détermination des résistances mécanique » AFRON, Paris, Août 1995

[65] (C.N.E.R.I.B) Centre national d'étude et de recherche intégrés du bâtiment « Les sables de concassage », Alger ,2005.

[66] NF EN933-1. « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 1: Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par Tamisage », AFNOR.

[67] 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.

[68] NF EN 933-8. « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats.

[69] GRANITEX Fiche technique. «Adjuvant superplastifiant MEDALOW 145 H.R Fiche technique « Adjuvant de viscosité MEDACOL BSE : Quelques propriétés sur « Adjuvant de viscosité BENTONITE

[70] Boukendakdji.O. " Etude de l'influence des paramètres de formulation sur les propriétés d'un béton auto plaçant : Optimisation des conditions opératoires ", Thèse de doctorat de l'Université Saad Dahleb de Blida, Algérie, 2010.

[71] DUPAIN.R et all. « Granulats, sols, ciment et béton : Caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire » ,2eme édition CASTEILLA, Paris ,2000.

[72] Z.E.Abib. « Formulation et Caractérisation des Bétons Autoplaçants », Thèse de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene USTHB, Juillet 2004.