

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

N° :



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNIQUES

FILIERE : Génie Civil

OPTION : Matériaux

**Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master
Académique**

Par : .Lakehal Amar .Cherhabil Yasser

**Etude des caractéristiques rhéologique et mécanique
d'un mortier auto-plaçant à base de sable fin de
boussaàda et fumée de silice**

Soutenu devant le jury composé de:

Dr : ZITOUNI Salim.

Université de M'sila

Encadreur

Pr : NACERI Abdelghani.

Université de M'sila

Co-Encadreur

Année universitaire : 2022 /2023

REMERCIEMENT

-Nous sommes reconnaissants envers notre encadreur, Zitouni Salim, pour son soutien tout au long de nos recherches.

Nous remercions également le professeur Nacéri Abd Elghani pour son assistance constante et le docteur Mekki Maza pour ses conseils précieux.

-Nous exprimons notre gratitude envers tous nos enseignants de génie civil et tous les ingénieurs du laboratoire de génie qui nous ont apporté leur aide dans nos travaux de recherche.

-Nous sommes profondément reconnaissants envers tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette modeste étude. Nous tenons à remercier chaleureusement chacun d'entre eux.

DEDICACE

Avec une profonde gratitude et un amour infini, nous souhaitons dédier ce modeste travail :

À nos familles, qui ont été un soutien constant tout au long de notre parcours. Leur amour, leur encouragement et leur soutien inconditionnel ont joué un rôle fondamental dans notre réussite académique.

À nos amis, qui ont été présents à nos côtés, nous offrant leur soutien, leur amitié et leur réconfort tout au long de cette aventure de recherche. Leurs encouragements et leur présence ont enrichi notre expérience et ont contribué à notre épanouissement personnel.

Nous voulons également exprimer notre profonde reconnaissance envers chaque professeur qui a croisé notre chemin et qui a partagé avec nous ses connaissances, compétences et valeurs. Leurs enseignements et leur guidance ont été une source d'inspiration, nous permettant de grandir intellectuellement et professionnellement.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail, nous vous adressons notre dédicace sincère. Votre soutien indéfectible, vos encouragements et vos conseils précieux ont été d'une importance capitale dans la réalisation de ce projet de recherche.

Liste Des Tableaux	
Liste Des Figures	
Introduction générale.....	1
ChapitreI:GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS.....	
I.1-Introduction:	2
Les composants du MAP	3
I.2-Sable:.....	3
I.2.1-Définition :	3
I.2.2-Choix Du Sable :	3
I.2.3-Caractéristiques Des Sables:	3
I.2.4-Classification Des Sables:	4
I.2.5-Types De Sable:	5
I.2.6-Module De Finesse(Mf):	6
I.3-Le Ciment:.....	8
I.3.1-Définition:	8
I.3.2-Les Constituants Du Ciment:	8
I.3.2.1-Clinker:	8
I.3.2.2-Le Gypse(Caso4):	9
I.3.3-L'hydratation De La Pâte De Ciment:.....	9
I.3.4-Classification Des Ciments:.....	10
I.3.5-Désignation Des Ciments:.....	12
I.4-L'eau De Gâchage:	13
I.5. -Fumée de silice :	13
I.5.1-Propriétés fumée de silice:.....	13

I.5.2-Les caractéristiques de la fumée de silice :	14
I.6-Adjuvants:	15
I.7-Les Mortiers :	16
I.7.1-Définition:	16
I.7.2-Structure De MAP:	16
I.7.3-Méthodes De Formulation :	17
I.7.4-Fluidité Et Déformabilité De MAP:	19
I.7.5-Essais De L'étalement Au Mini Cône DeMortier:	19
I.7.6-EssaisDeDéformabilitéDel'EntonnoirEnV(V-Funnel):	19
I.7.7-RésistanceALaCompression:	20
I.8-Conclusion :	21
CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATÉRIAUX UTILISÉS	22
II. INTRODUCTION :	22
II .1.SABLE :	22
II .1.1. Origine du sable :	22
II .1.2. Caractéristique physiques des sables utilisés	22
II. 1.2.1.Masse volumique absolue :	22
II .1.2.2. masse volumique apparente:	23
II .1.2.3. Porosité : (NF P 18-554)	24
II.1.2.4.L a Compacité :	25
II .1.2.5. L'indice des vides :	25
II .1.2.6. Equivalent de sable :NF P 18-598	25
II.1.2.9. Analyse granulométrique : NA EN 993-1	28
II .1.2.10.Module de finesse: NA EN 12620	30
II .1.3.Les caractéristique chimique du sable :	30
II.2.Ciment	31
II.2.1. Domaine d'emploi:	31
II.2.2.Composition et caractéristiques mécaniques:	31
II.2.3. Caractéristiques physiques et chimiques :	32
II .3. La Fumée De Silice :	32
II .3.1. Caractéristiques chimiques et physiques de la fumée de silice:	32
II .4. Les Adjuvants :	33

II .5. L'eauDeGâchage:	33
II.6-Essais sur mortier auto plaçant frais	34
III.6.1Essai Au Mini Cône D'étalement :	34
II.6.2 Essai Au Mini V-Funnel :	35
II.6.3 Essai Au Bac En Plexiglas :	35
II.6.4.Essai de ressuage :	40
II.7 Essais Sur Mortier Auto Plaçant Durci :	40
II.7.1 Mesure De La Résistance A La Traction Par Flexion	40
II.7.2 Mesure De La Résistance A La Compression :	41
III.1- Composition de mortier auto plaçant pour 1m³ :	43
III.2 L'étalement au mini cône et au V Funnel en fonction du pourcentage de ciment.	49
III.3 Masse volumique des mélanges de mortier (NF EN 196-1) :	50
III.4 Résistance à la traction par flexion :	51
III.5 Résistance à la compression:	54
III.6 Influence l'étalement relatif RP sur la Résistance mécanique	56
III.7 Influence du pourcentage de ciment sur la résistance mécanique :	59
CONCLUSIONS GENERALES	61

Liste Des Tableaux

N° du tableau	Intitulé	N° de Page
Tableau (I-1)	Classification de sables en fonction de sa composition (teneurs en % massique).	11
Tableau (I-2)	Composition chimique et minéralogique du clinker	9
Tableau (I-3)	Désignation des ciments	12
Tableau (I.4)	Composition chimique type de certaines fumées de silice	15
Tableau (II.1)	La masse absolue de sable.	23
Tableau (II.2)	La masse volumique apparente à l'état lâche en (g/cm ³)	24
Tableau (II.3)	La masse volumique à l'état compact du sable en (g/cm ³).	24
Tableau (II.4)	La classification de la nature du sable en fonction de l'équivalent de sable(E.S)	27
Tableau (II.5)	Résultats obtenus pour l'équivalent de sable	27
Tableau (II.6)	Analyse granulométrique du sable	29
Tableau (II.7)	Modules de finesse du sable	30
Tableau (II.8)	La composition chimique de sable	31
Tableau (II.9)	Caractéristiques mécaniques	31
Tableau (II.10)	Caractéristiques physiques et chimiques du CEMII/B42,5.	32
Tableau (II-11)	Caractéristiques chimiques de la fumée de silice	32
Tableau (II-12):	Caractéristiques physiques de la fumée de silice.	33
Tableau (II.13)	Caractéristique de l'adjuvant«MEDAFLOW30».	33
Tableau (II-14):	Analyse chimique de l'eau de gâchage	33
Tableau (III.1)	pourcentage des matériaux pour les combinaisons MAP, MAP*,MAP**	43
Tableau (III.2)	Composition des mortiers pour les différentes combinaisons	43
Tableau (III.3)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP.	45
Tableau (III.4)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP**.	45
Tableau (III.5)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP	46
Tableau (III.6)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP*	47
Tableau (III.7)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP**	48
Tableau :(III.8)	Ressuage pour différents combinaisons.	50
Tableau (III.9)	Masse volumique des mélanges de mortier MAP**	51
Tableau (III.10)	Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiés (MAP).	51
Tableau (III.11)	Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers	52

	étudiés MAP*	
Tableau (III.12)	Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiésMAP**.	53
Tableau (III.13)	Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges MAP	54
Tableau (III.14)	Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges MAP*.	54
Tableau (III.15)	Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges MAP**.	55
Tableau (III.16)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP	56
Tableau (III.17)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP**.	57
Tableau (III.18)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP.	57
Tableau (III.19)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP**.	58
Tableau (III.20)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de Ciment	59
Tableau (III.21)	Résistance à la compression à 28J en fonction du pourcentage de Ciment.	59

Liste Des Figures

N° de la Figure	Intitulé	N°de Page
Figure (I-1)	Courbe granulo métrique des différents cas.	7
Figure (I-2)	Poudre de ciment courant.	8
Figure (I-3)	Différentes classes de résistance des ciments.	11
Figure (I-4)	Constituants des mortiers	16
Figure (I-5)	Étalement au Mini cône de mortier auto placent	18
Figure (I-6)	Dimensions de Mini cône à mortier	19
Figure (I-7)	Dimensions de l'entonnoir en mini v(v-funnel)	20
Figure (I-8)	Déroulement de l'essai d'entonnoir en mini v(v-funnel).	20
Figure (II-1)	Principe de l'équivalent de sable	26
Figure (II-2)	Essai équivalent de sable exécuté au laboratoire	27
Figure (II.3)	Matériels utilisé pour l'analyse granulométrique	28
Figure (II.4)	Courbe d'analyse granulométrique du sable de Boussaâda.	29
Figure (II-5)	Poudre de la fumée de silice	32
Figure (II.6):	Essai Au Mini Côn D'étalement	34
Figure (II.7)	Essai Au Mini V-Funnel	35
Figure (II.8)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP01	36
Figure (II.9)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP02	36
Figure (II.10)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP03	36
Figure (II.11)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP04	37
Figure (II.12)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*01	37
Figure (II.13)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*02	37
Figure (II.14)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*03	38
Figure (II.15)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*04	38
Figure (II.16)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**01	38

Figure (II.17)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**02	39
Figure (II.18)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**03	39
Figure (II.19)	Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**04	39
Figure (II.20)	Essai de ressuage	40
Figure (II.21)	Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion	41
Figure (II.22)	L'appareil de résistance à la flexion par traction	41
Figure (II.23)	.Dispositif pour l'essai de résistance à la compression	42
Figure (II.24)	L'appareil de compression	42
Figure (III.1)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP	45
Figure (III.2)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP**	46
Figure (III.3)	L'étalement relatif au mini cône pour les différents compositions	46
Figure (III.4)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP	47
Figure (III.5)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP*	47
Figure (III.6)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP**	48
Figure (III.7)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour les différents compositions	48
Figure (III.8)	L'étalement au mini cône en fonction du pourcentage de ciment	49
Figure (III.9)	L'écoulement au V Funnel en fonction du pourcentage de ciment	49
Figure (III.10)	Ressuage en fonction du pourcentage de ciment	50
Figure (III.11)	Masse volumique des mélanges de mortier pour(MAP**)	51
Figure (III.12)	Résistance à la traction par flexion en fonction du temps pour MAP	52
Figure(III.13)	Résistance à la traction par flexion en fonction du temps pour MAP*	52
Figure (III.14)	Résistance à la traction par flexion en fonction du temps pour MAP**	53
Figure(III. 15)	Evolution de la résistance à la traction par flexion du mortier auto-plaçant pour différents compositions à 28 jours	53
Figure (III.16)	Résistance à la Compression à fonction de temps pour MAP	54
Figure (III.17)	Résistance à la Compression à fonction de temps pour MAP*	55

Figure (III.18)	Résistance à la Compression à fonction de temps pour MAP**	55
Figure(III.19)	Evolution de la résistance à la compression du mortier auto-plaçant .pour différents compositions à 28 jours	56
Figure(III.20)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp pour MAP	56
Figure (III.21)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp pour MAP**	57
Figure (III.22)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp .pour MAP	58
Figure(III.23)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp pour MAP**	58
Figure(III.24)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de Ciment	59
Figure (III.25)	Evolution de la résistance à la compression du mortier auto-plaçant pour différents compositions à 28 jours en fonction du pourcentage de Ciment	60

Résumé

Résumé :

Notre étude vise à examiner les effets de l'ajout de matériaux locaux tels que la fumée de silice et le sable fin de Boussaâda sur les caractéristiques rhéologiques des mortiers autoplaçants.

L'objectif est d'assurer une mise en œuvre facile sans vibration, grâce à la fluidité élevée et à la stabilité rhéologique du mortier. Pour obtenir un mortier autoplaçant et autonivelant, il est essentiel d'incorporer une grande quantité de fines dans la formulation, afin de garantir une bonne fluidité sans ressuage.

Dans notre étude, nous avons exploré différentes combinaisons de mortiers autoplaçants, avec des taux de substitution variant de 50% à 80% en ciment et 8% en fumée de silice et 30% filler, pour évaluer leurs propriétés rhéologiques.

Mots clé :

Mortier autoplaçant , fumée de silice, filler, sable fin , ressuage.

Résumé

Asbact :

Our study aims to examine the effects of adding materials such as silica fume and fine sand from Boussaâda on the rheological properties of self-compacting mortars .

The objective is to ensuring easy implementation without the need for vibration, to the high fluidity and rheological stability of the mortar. To achieve a self-compacting and self-leveling mortar, it is essential to incorporate a large volume of fines in the mixture to ensure good fluidity without segregation or bleeding.

However, the use of cementitious additives provides a simple and cost-effective solution to address environmental issues related to clinker production. In our study, we explore different combinations of self-compacting mortars, with substitution rates ranging from 50% to 80% cement, 8% silica fume, and 30% filler, to evaluate their rheological properties.

Key words : Self-compacting Mortar, silica fume, filler Fine sand , bleeding.

Résumé

ملخص :

تهدف دراستنا إلى فحص آثار إضافة مواد مثل دخان السيليكات والرمال الدقيقة من بوسعادة على الخصائص الريولوجية لملاط ذاتي التسوية . الهدف هو امكانية صب الملاط دون هز بحيث يكون سطحه مستويا سهولة التنفيذ دون اهتزاز، وذلك بفضل السيولة العالية والاستقرار الريولوجي لمكونات هذا الملاط

للحصول على ملاط ذاتي التسوية والتسوية الذاتية، من الضروري إدراج كمية كبيرة من الحبيبات الدقيقة، لضمان سيولة جيدة دون صعود للمياه الى سطح الملاط

في دراستنا، اختبرنا مجموعة كبيرة من تشكيلات الملاط لنصل الى نتائج جيدة لانتاج ملاط ذاتي التسوية بمعدلات استبدال تتراوح من 50% إلى 80% أسمنت و 8% دخان سيليكات و 30% (رمل دقيق من بوسعادة)، لتقييم خصائصه الريولوجية

كلمات المفتاح:

ملاط ذاتي التسوية ، دخان السيليكات ، حبيبات دقيقة ، صعود المياه.

Introduction générale

Introduction générale

Les mortiers auto-plaçants, également appelés "MAP" (pour mortiers auto-plaçants), sont des mélanges spéciaux conçus pour s'écouler facilement et se mettre en place sans vibration externe. Leur caractéristique principale est leur fluidité élevée et leur stabilité rhéologique, qui signifie qu'ils maintiennent leur cohésion et leur forme pendant leur mise en œuvre.

La formulation des mortiers auto-plaçants est cruciale pour garantir leurs caractéristiques uniques. Pour obtenir une bonne fluidité sans ou ressusage (écoulement de l'eau à la surface), ils nécessitent généralement une quantité importante de ciment et de fines (particules de petite taille). En fonction des exigences spécifiques du mortier, le ciment Portland, la fumée de silice, les remplissages ou d'autres ajouts de ciment peuvent être utilisés dans la formulation.

Objectifs:

- L'élaboration d'un mortier auto-plaçant à consistance fluide est abordée en mettant l'accent sur l'équilibre de la composition, l'utilisation d'additifs et l'importance des essais pour obtenir les caractéristiques souhaitées.
- Varier le pourcentage de ciment pour améliorer la rhéologie du mortier auto-plaçant.
- Etudier Le ressusage, l'étalement, la planéité du mortier et le temps d'écoulement du V-funnel sont influencés par l'effet du filler et de l'adjuvant.
- Examiner les propriétés mécaniques et physiques du MAP.

Chapitre:
**GENERALITES SUR LE
MORTIERSES
COMPOSANTS**

ChapitreI:GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

I.1-Introduction:

Dans ce premier chapitre, nous montrons les principales notions de ce thème dans notre étude sur les pâtes et mortiers d'auto-placement utilisés dans la construction dans la société civile. Nous abordons leurs origines, leurs classifications et leurs granulométries, ainsi que les différentes applications des mortiers auto-plaçants dans la construction, les types et les caractères principaux.

Nous synthétiserons également les différents travaux de recherche sur la valorisation de différents types de sable (sable de dune, sable de carrière et sable de rivière) pour la confection de bons mortiers auto-plaçants, en exposant les principaux résultats obtenus.

La plateforme est un processus qui n'a pas une structure aussi fragile que fragile, brillante et esthétique. Il est réalisé à l'aide de matériaux tels que la plaque à la chaux, la plaque au ciment, la plaque à la chaux de ciment et autres. La résistance du mortier doit être équivalente à celle de l'unité de maçonnerie et son épaisseur doit être limitée pour éviter tout risque de défaillance sur l'unité de maçonnerie. C'est une défaillance de ce produit, la surface de la plaque qui se fissurera et sa propagera dans la maçonnerie porteuse. Elle est alors considérée comme une fissure non structurelle et peut être réparée.

Dans le contexte des technologies modernes de la technologie de l'intérieur et des matériaux de construction, l'étude sur la plate-forme doit être un maître majeur dans la solution des problèmes de réparation des fissures, de protection contre l'humidité et de réhabilitation des structures. Le mortier auto-compactant (MAP) est un type de mortier très fluide qui peut être utilisé pour réparer et réhabiliter les structures en passant, remplissant et suivant la forme souhaitée. La résistance à la compression des cubes de béton par différentes méthodes de durcissement des mortiers auto-plastiques confirme son importance et sa résistance. [1]

Selon la norme ASTM, la résistance à la compression la plus élevée des mortiers de ciment est obtenue lorsque ceux-ci sont soumis à un durcissement dans de l'eau chauffée pendant 20 heures, puis à un durcissement à l'air libre. [2]

D'après une étude expérimentale portant sur du béton auto-compactant, l'utilisation d'adjuvants visant à réduire le retrait a permis de constater que l'affinement de la taille des pores augmentait avec l'âge de polymérisation, [3]

L'étude portant sur le mortier auto-compactant (MAP) a examiné les effets des proportions de mélange de 1:1 et 1:3, ainsi que les rapports poids/masse de 0,34 et 0,5, en utilisant des adjuvants tels que le polyéthylène glycol 4000 et 200. Les résultats ont montré une amélioration des propriétés fraîches, de la résistance et de la durabilité du MAP.[4]

Les composants du MAP

I.2-Sable:

I.2.1-Définition :

Le sable est un élément clé dans la composition du mortier durci, car il forme le squelette inerte. Il est important que le sable ait une bonne répartition granulométrique et soit exempt de matières organiques et de particules argileuses. Bien que les maçons choisissent généralement un sable fin, il est possible d'utiliser du sable moyen agros ($D_{max} = 5 \text{ mm}$) pour confectionner un mortier correctement ouvrable. Ce type de mortier nécessitera moins de liant tout en offrant de bonnes propriétés de résistance mécanique.

I.2.2-Choix Du Sable :

Il est crucial de bien choisir le sable car cela a un impact fondamental sur les propriétés du mortier, notamment sur sa maniabilité lorsqu'il est frais et sur sa résistance une fois durci. De même que pour les éléments constitutifs en pierre, il est essentiel d'obtenir une granularité homogène du squelette du mortier.

Les sables naturels gros (avec une granulométrie de 0/2 à 0/4) sont caractérisés par une granularité continue et étalée, tandis que les sables naturels fins (avec une granulométrie de 0/1) ont une granularité plus serrée.

En effet, les sables gros ont des avantages en termes de résistance du mortier car ils permettent de travailler avec des teneurs en eau plus faibles que les sables fins. Cela permet également de réduire le risque de fissuration du mortier frais et durci, en diminuant le retrait hygrométrique

Les sables gros ont l'avantage de favoriser la rugosité des revêtements, tandis que les sables fins permettent d'améliorer la continuité de la granularité du squelette d'un mortier. Cependant, l'utilisation d'un sable gros seul peut manquer de fines, d'où la nécessité de trouver un compromis en ajoutant une proportion limitée de sable moyen ou fin. Cette solution améliore la cohésion du mélange frais sans affecter négativement les propriétés finales du mortier. [5]

I.2.3-Caractéristiques Des Sables:

Il est important que les sables utilisés dans la composition du mortier soient conformes aux normes NF EN 12-620 et NF EN 13-139. Ils doivent être sains, siliceux, silico-calcaires ou même calcaires, à condition que les grains ne soient pas friables, et propres, c'est-à-dire exempts d'impuretés telles que l'argile, la vase, la terre végétale, le plâtre et les sels minéraux, qui pourraient altérer la qualité du mortier. Le degré de propreté du sable est mesuré par l'essai d'équivalent de sable, et il est préférable d'utiliser des sables roulés de rivière. Les

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

sables de carrière conviennent également s'ils ne contiennent pas d'impuretés nocives. En revanche, les sables de mer doivent être lavés pour éviter les efflorescences causées par les sels qu'ils contiennent. Enfin, la granulométrie des sables ne doit pas dépasser 4 mm.

Les dosages du mortier sont généralement exprimés en poids de liant par m³ de sable sec, mais sur le chantier, le sable peut contenir un certain pourcentage d'eau, pouvant varier de 0 à 20 %. Il est donc important de prendre en compte le phénomène de foisonnement du sable, qui modifie le poids du m³ de sable avec très peu d'eau. Pour éviter les surdosages en liant qui pourraient conduire à des enduits plus fissurables, il est conseillé de déterminer la teneur en eau du sable par un essai simple pratiqué sur le chantier (séchage et pesée du sable). À défaut, un coefficient de foisonnement forfaitaire de 25 % peut être utilisé. [6]

I.2.4-Classification Des Sables:

a.Selon son origine:

En fonction de son origine, le sable peut être classé en trois catégories :

- **Les sables naturels** : ce sont des sables qui proviennent de la dégradation de roches ou de la fragmentation de coquillages ou de squelettes d'animaux marins.
- **Les sables artificiels** : il s'agit de sables produits par concassage ou broyage de roches.
- **Les sables de recyclage** : il s'agit de sables provenant de la valorisation de déchets de béton ou de briques par exemple.

b.Sel nsa composition:

En effet, le sable peut être classé en fonction de sa composition minéralogique. On distingue généralement quatre catégories :

- **Les sables siliceux** : ce sont des sables composés principalement de silice. Ils sont souvent utilisés pour la réalisation d'enduits, de mortiers et de bétons de qualité.
- **Les sables silico-calcaires** : ce sont des sables contenant à la fois de la silice et de la chaux. Ils sont souvent utilisés pour les travaux de maçonnerie courante.
- **Les sables calcaires** : ce sont des sables contenant principalement de la chaux. Ils sont utilisés pour la réalisation de bétons légers.
- **silico-alumineux** : est utilisé pour décrire des matériaux qui contiennent à la fois du silicium (Si) et de l'aluminium (Al), souvent sous forme de silicates d'aluminium. Ces matériaux sont souvent utilisés comme réfractaires dans les applications industrielles où ils doivent résister à des températures élevées.

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

Tableau(I1):Classification de sables en fonction de sa composition(teneurs en %massique).

Composition	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)
Siliceux	70 à 90	0,1 à 1	1 à 10
Silico-alumineux	50 à 70	1 à 5	10 à 25
Silico-calcaires	15 à 20	15 à 30	3 à 10
Calcaires	2 à 10	30 à 50	0,5 à 2

C. Selon Sa Densité:

Il existe trois types de sable en fonction de leur densité :

- **Le sable léger** : sa masse volumique se situe entre 1200 et 2000 kg/m³ et il est généralement composé d'argile expansée, de schiste expansé ou de laitier expansé.
- **Le sable courant** : sa masse volumique varie entre 2000 et 3000 kg/m³ et il est constitué de basalte, quartzite, grès, porphyre, diorite, granite, schiste ou encore de laitier.
- **Le sable lourd** : sa masse volumique est comprise entre 4000 et 8000 kg/m³. Les types les plus couramment utilisés sont la barytine (avec une densité absolue de 4,2 à 4,7), la magnétite (avec une densité absolue de 4,5 à 5,1), les riblons (avec une densité absolue de 7,6 à 7,8) et la grenaille (avec une densité absolue de 7,6 à 7,8).

D. Selon Sa Forme :

Selon la forme de sable, on peut désigner deux grands types :

- **Roulé** : dont la forme a été acquise par l'érosion de roches meubles (alluvions des fleuves ou des rivières) ou des dunes. Les grains de sable roulés sont souvent arrondis et lisses, et ont une surface généralement uniforme.
- **Angulaire ou Concassé** : dont la forme a été obtenue par abattage et concassage de roches massives et dures. Les grains de sable angulaires ont souvent des arêtes et des coins vifs, et leur surface peut être inégale. Ce type de sable est souvent utilisé pour la fabrication de béton et d'autres matériaux de construction.

I.2.5-Types De Sable:

I.2.5.1-Sable Alluvionnaire:

Le sable alluvionnaire, également appelé sable roulé, est formé par l'érosion des roches meubles des dépôts d'alluvions dans les lits des fleuves ou des rivières. Bien qu'il puisse y avoir différentes roches selon la région d'origine, le sable utilisé dans la fabrication de béton est généralement siliceux. Pour être recommandé dans la confection de béton, le

sable doit présenter une granulométrie qui permette d'avoir une proportion adéquate d'éléments fins. Si le sable contient trop de grains fins, le dosage en eau du béton devra être augmenté. À l'inverse, si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante, ce qui rendra la mise en place difficile. Cette granularité est caractérisée par le module de finesse (Mf)

En effet, le module de finesse est un critère important dans le choix du sable utilisé pour la confection des bétons. Il représente la somme des pourcentages des différentes mailles qui constituent le sable, pondérée par leur taille. Plus le module de finesse est faible, plus le sable est fin et plus il contient de grains de petite taille.

- Un module de finesse compris entre 1.8 et 2.2 est idéal pour obtenir une bonne ouvrabilité et une résistance satisfaisante du béton.
- Un module de finesse compris entre 2.2 et 2.8 convient pour obtenir une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance, avec des risques de ségrégations limités.
- Enfin, un module de finesse compris entre 2.8 et 3.2 convient pour obtenir une moins bonne ouvrabilité mais une résistance élevée, avec des risques de ségrégations plus importants.

I.2.5.2-Sable De Dune:

Le sable de dune est un produit résultant de la désagrégation lente des roches due à l'érosion causée par différents agents tels que l'air, la pluie, etc. Les déserts de sable, ou ergs, se trouvent généralement dans de vastes cuvettes d'épandage où se sont concentrées de puissantes accumulations alluviales suite aux grands écoulements liés aux périodes pluviales du début du quaternaire. Ces grands ergs coïncident avec des zones où des vents saisonniers de différentes directions se compensent.

Les dunes se forment dans des zones où le sable est abondant et non fixé par la végétation, telles que les déserts, les plages et les lits fluviaux à l'étiage. Le sable est érodé et pris en charge par le vent, puis transporté au ras du sol par saltation avant de s'accumuler lorsque la force du vent diminue (versant sous le vent). Une dune peut se déplacer par érosion du versant au vent et accumulation sur le versant opposé.

Le sable de dune est une solution au problème d'épuisement des ressources naturelles, car il est abondant dans la nature (en particulier dans le Sahara), a un coût d'extraction presque nul et présente une apparence propre. Il représente donc un matériau d'avenir prometteur.[7]

I.2.6-Module De Finesse(Mf):

Le module de finesse est une caractéristique importante, surtout pour les sables utilisés dans le béton. Un sable à béton de bonne qualité doit avoir un module de finesse (Mf)

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

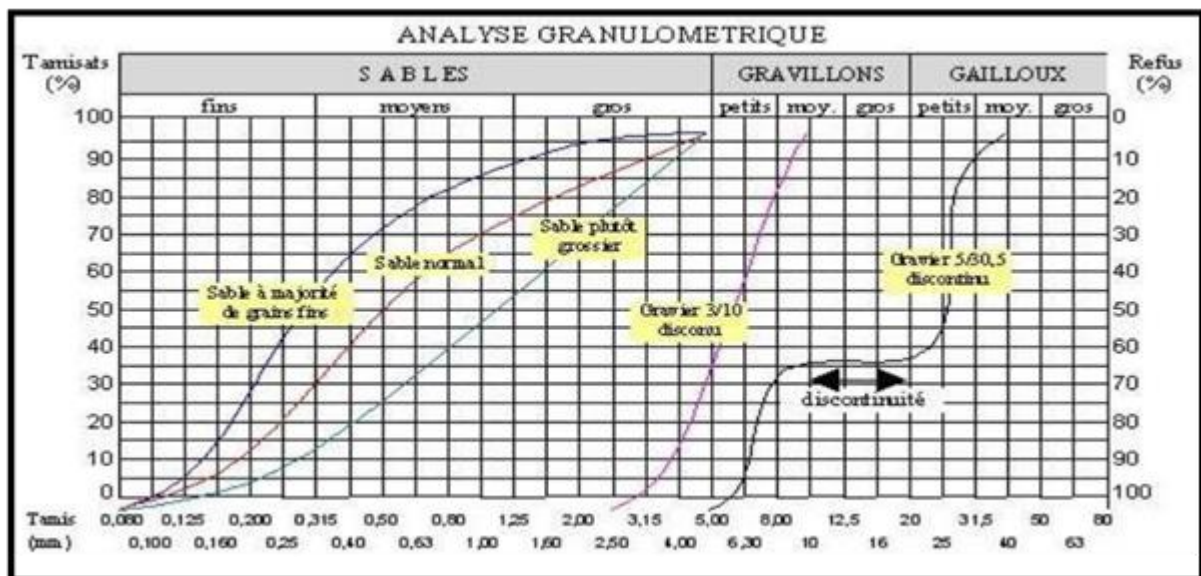
compris entre 2,2 et 2,8.

- Si le **Mf** est inférieur à 2,2, le sable contient une majorité d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau. Si le **Mf** est supérieur à 2,8, le sable manque de fines et le béton perd en ouvrabilité.
- Si le **Mf** est compris entre 1,8 et 2,2, le sable peut être utilisé si l'on recherche une facilité de mise en œuvre, mais cela peut réduire la résistance du béton.
- Si le **Mf** est compris entre 2,2 et 2,8, le sable est idéal pour obtenir une bonne ouvrabilité et une résistance satisfaisante, avec des risques limités de ségrégation.
- Si le **Mf** est compris entre 2,8 et 3,2, le sable est adapté si l'on recherche des résistances élevées, même si cela peut réduire l'ouvrabilité et augmenter les risques de ségrégation.
- Si le **Mf** est supérieur à 3,2, le sable doit être rejeté. Le module de finesse est calculé en fonction du refus cumulé sous les tamis utilisés lors du criblage du sable.

Ce paramètre est notamment utilisé pour caractériser la finesse des sables à béton selon la norme **NF P18-540**.

$$Mf = \frac{\sum RC}{100}$$

Rc: refus cumulé en (%) sous les tamis.



Figure(I-1):courbe granulométrique des différents cas[8].

I.3-Le Ciment:

I.3.1-Définition:

C'est un matériau de construction essentiel dans de nombreux projets de construction, notamment pour la production de béton et de mortier. Il est fabriqué à partir de matières premières telles que le calcaire, l'argile, le minerai de fer et le gypse, qui sont broyées en une fine poudre. Cette poudre est ensuite chauffée à des températures élevées dans un four pour former des clinkers, qui sont ensuite broyés pour former du ciment. Le ciment est utilisé pour lier des agrégats tels que du sable et des graviers pour produire du béton, ou pour lier des agrégats plus fins tels que du sable pour produire du mortier. Le ciment est également utilisé dans la construction de routes, de ponts, de barrages et d'autres structures importantes. Grâce à sa résistance et sa stabilité, le ciment est un matériau de construction fiable et durable pour de nombreux projets de construction.



Figure(I-2):Poudre de ciment courant.

I.3.2-Les Constituants Du Ciment:

I.3.2.1-Clinker:

Le clinker est un matériau obtenu par calcination partielle du mélange de calcaire et d'argile, préalablement dosé et homogénéisé, qui contient principalement de la chaux, de la silice et de l'alumine. Les matières premières utilisées pour la fabrication de ce mélange sont généralement des produits naturels extraits de carrières comme le calcaire, l'argile ou la marne. Après broyage et ajout d'un peu de sulfate de chaux pour réguler la réaction, le clinker est transformé en ciment Portland. La combinaison des éléments simples comme le CaO , le SiO_2 , l' Al_2O_3 et le Fe_2O_3 permet de former des composés minéraux comme :

- le silicate tricalcique (C3S).
- le silicate bicalcique (C2S).

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

- l'aluminate tricalcique (C3A).
- le ferro aluminate calcique (C4AF).

Tableau(I-2): Composition chimique et minéralogique du clinker.[10]

Composants	Teneurs limites (%)	Teneur moyenne (%)
Minéralogiques		
C3S	40-70	60
C2S	00-30	15
C3A	02-15	08
C4AF	00-15	08
Oxydes	-	-
CaO	60-69	65
SiO₂	18-24	21
AL₂O₃	04-08	06
Fe₂O₃	01-08	03
MgO	<05	02
K₂O,Na₂O₃	<02	01
SO₃	<03	01

I.3.2.2-Le Gypse(Caso4):

Le sulfate de calcium est un composé chimique minéral anhydre solide, constitué d'un anion sulfate et d'un cation calcium, représenté par la formule chimique CaSO_4 et ayant une masse molaire de 136,14 g/mol. Il est souvent trouvé sous forme de minéral naturel appelé anhydrite, qui est couramment présent dans les évaporites, bien qu'il soit caché car il se décompose en gonflant lorsqu'il est exposé à l'eau. Cette décomposition donne le composé di hydraté $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, connu sous le nom de « gypse », qui est un minéral emblématique des roches évaporites et est encore plus abondant que l'anhydrite. Le sulfate de calcium peut également se transformer thermiquement en un minéral héli hydraté, $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, appelé basanite ou l'un des composants principaux du « plâtre ». Le plâtre est une poudre blanche obtenue par cuisson du gypse et pilage.[11]

I.3.3-L'hydratation De La Pâte De Ciment:

- L'hydratation du ciment est un processus complexe qui implique :
- Des réactions chimiques exothermiques entre les constituants du ciment et l'eau.
- Des réactions physiques qui se produisent pendant le développement microstructural du béton.

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

- Des réactions mécaniques, car les cinétiques variables résultantes de ces réactions influencent les performances du béton.

Le processus d'hydratation du ciment est défini comme un ensemble de mécanismes complexes qui agissent simultanément, incluant la dissolution du ciment anhydre, la précipitation d'hydrates et la formation d'une solution sursaturée. Lorsque les concentrations en ions atteignent les produits de solubilité des hydrates, un processus de germination se déclenche. La précipitation des hydrates agit comme une pompe en consommant les ions en solution, ce qui accélère la dissolution rapide. Au fil du temps, les hydrates remplacent le volume occupé par l'eau et les grains de ciment anhydre, réduisant ainsi la porosité. L'hydratation du ciment implique des réactions chimiques de ses différents constituants avec l'eau et se produit en quatre phases distinctes.

a. La Période De Gâchage:

Dès le mélange des différents composants du ciment, la dissolution commence pour former deux composés importants :

- Le C-S-H (silicate de calcium hydraté), qui est un composé intermédiaire entre les gels et les cristaux, mal cristallisé et essentiel dans la formation de la structure du béton.
- La portlandite (Ca(OH)_2 ou CH en notation cimentaire), qui est bien cristallisée sous forme de feuillets hexagonaux.

b. La Période Dite « Dormante »:

Pendant plusieurs heures, les réactions mentionnées se produisent lentement, ce qui correspond à une période où la formation d'hydrates et la consommation d'eau sont très faibles, ce qui permet au béton de rester facilement manipulable. La fin de cette période est signalée par une augmentation du flux thermique.

c. La Période De Prise:

L'entrelacement des cristaux de portlandite et des C-S-H entraîne progressivement le remplissage des pores, ce qui confère à la pâte une certaine consistance, signalant ainsi le début de la prise. La densité et la solidité du matériau augmentent progressivement.

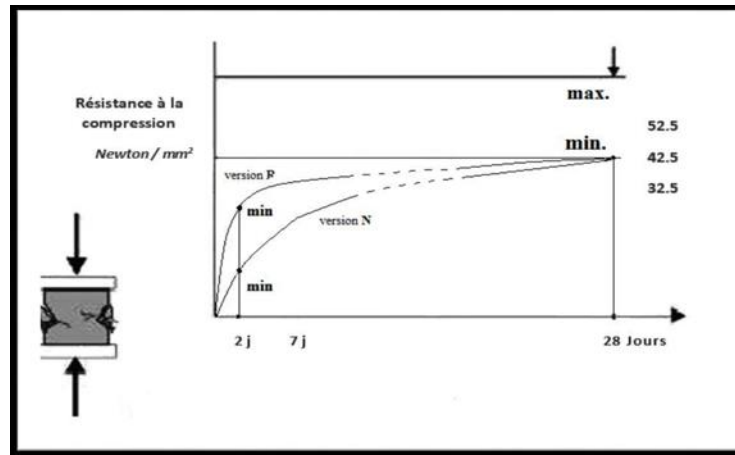
d. La Période De Durcissement:

Après plusieurs heures, la couche d'hydrate qui enrobe les grains de silicates devient suffisamment épaisse pour limiter la diffusion des ions et de l'eau. À ce stade, l'hydratation ralentit mais se poursuit tant qu'il reste de l'eau dans les pores capillaires. La résistance du béton continue d'augmenter progressivement pendant cette phase, qui peut durer plusieurs jours.

I.3.4-Classification Des Ciments:

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

Les ciments ont des propriétés de résistance qui dépendent de leur composition et de leur finesse de mouture. Selon leur évolution de résistance, ils sont classés en "classes de résistance" qui correspondent à des niveaux de performance minimums (et maximums) atteints à 28 jours. Chaque classe est ensuite subdivisée en version N (normale) et version R (rapide) en fonction de leurs performances à un jeune âge. Il existe trois classes de résistance normale à 28 jours avec une valeur minimale caractéristique exprimée en MPa: 32,5 - 42,5 - 52,5. De plus, il y a deux classes de résistance au jeune âge, qui sont soit ordinaires, soit élevées.



Figure(I-3): Différentes classes de résistance des ciments.

I.3.5-Désignation Des Ciments:

Tableau(I-3): Désignation des ciments.

Designations	Types de ciments	Teneur en clinker	Teneur en % de l'un des constituants suivants: laitier-pouzzolanes-cendres-calcaires-schistes-fumées de silice	Teneur en constituants secondaires (filler)
CPA-CEMI	Ciment portland	95 à 100%		0 à 5%
CPJ-CEMII/A	Ciment portland Composé	80 à 94%	- de 6 à 20% de l'un quelconque des constituants, sauf dans les cas où les constituants de fumées de silice auquel cas la proportion est limitée à 10%	0 à 5%
CPJ-CEMII/B		65 à 79%	de 21 à 35% avec les mêmes restrictions que ci-dessus	0 à 5%
CHF-CEM III/A	Ciment de haut-fourneau	35 à 64%	-35 à 65% de laitier de haut-fourneau	0 à 5%
CHF-CEM III/B		20 à 34%	-66 à 80% de laitier de haut-fourneau	0 à 5%
CLK-CEM III/C		5 à 19%	-81 à 95% de laitier de haut-fourneau	0 à 5%
CPZ-CEMIV/A	Ciment pouzzolanique	45 à 64%	10 à 35% de pouzzolanes, cendres siliceuses ou fumées de silice, ces dernières étant limitées à 10%.	0 à 5%
CPZ-CEMIV/B		65 à 90%	36 à 55% comme ci-dessus	0 à 5%
CLC-CEMV/A	Ciment au laitier et aux cendres	20 à 39%	-18 à 30% de laitier de haut-fourneau et 18 à 30% de cendres siliceuses ou de pouzzolanes.	0 à 5%
CLC-CEMV/B		40 à 64%	de chacun des 2 constituants comme ci-dessus	0 à 5%

I.4-L'eau De Gâchage:

L'eau joue un rôle essentiel dans le processus d'hydratation du ciment et facilite également la mise en œuvre du béton ou du mortier. Elle contribue à l'ouvrabilité et à la fluidité du mélange. Il est important que l'eau utilisée soit propre et exempte d'impuretés nuisibles telles que les matières organiques et les alcalis. L'utilisation d'eau potable est généralement recommandée pour le gâchage, tandis que l'utilisation d'eau de mer est à éviter, en particulier pour le béton armé. La norme NA-442 définit les caractéristiques de l'eau requises pour la fabrication des mortiers et des bétons. Les mortiers doivent contenir la quantité d'eau maximale compatible avec une ouvrabilité optimale.[12]

I.5. -Fumée de silice :

La fumée de silice, également connue sous le nom de microsiline, est un sous-produit de la production de silicium métallique ou de ferrosilicium. Elle est utilisée comme additif dans la production de béton et d'autres matériaux de construction pour améliorer leurs propriétés mécaniques, leur durabilité et leur résistance aux intempéries.

La fumée de silice est particulièrement appréciée pour sa grande surface spécifique, qui lui permet de réagir avec les ions de calcium dans le ciment pour former des liaisons chimiques plus fortes et ainsi améliorer la résistance du béton. Elle permet également de réduire la porosité et l'absorption d'eau du béton, ce qui améliore sa résistance aux cycles gel-dégel et à la corrosion.

De plus, la fumée de silice peut être utilisée pour améliorer la fluidité et la maniabilité du béton, réduire sa fissuration, améliorer sa résistance à la compression et à la traction, et augmenter sa durabilité. Elle peut également être utilisée comme additif dans les mortiers de réparation pour améliorer leur adhérence et leur résistance à l'abrasion.

Cependant, il est important de noter que l'utilisation de la fumée de silice dans les bétons et les mortiers nécessite une expertise et une attention particulières, car elle peut avoir des effets négatifs sur la maniabilité, la mise en place et la prise du béton si elle est mal utilisée. Il est donc essentiel de respecter les dosages recommandés et de suivre les procédures appropriées pour garantir des résultats optimaux

I.5.1-Propriétés fumée de silice:

La fumée de silice est un sous-produit industriel de la production de silicium et de silicates qui se présente sous forme de fines particules de silice amorphe. Elle possède plusieurs propriétés bénéfiques pour les matériaux de construction, notamment :

- Réduction de la perméabilité : La fumée de silice peut réduire la perméabilité des bétons en remplissant les vides entre les grains d'agrégats et les pores du

ciment. Cela peut améliorer la résistance aux agents agressifs tels que les sels de déneigement et l'eau salée.

- Amélioration de la résistance à la compression : L'ajout de fumée de silice dans les mélanges de béton peut améliorer la résistance à la compression du béton en renforçant la zone de transition entre la pâte de ciment et les agrégats.
- Réduction du retrait : La fumée de silice peut réduire le retrait du béton en réduisant la quantité d'eau nécessaire pour obtenir une consistance donnée, ce qui réduit la quantité de vide dans le béton.
- Amélioration de la résistance au feu : La fumée de silice peut améliorer la résistance au feu des bétons en réduisant la porosité et en augmentant la densité.
- Amélioration de la résistance à l'abrasion : L'ajout de fumée de silice peut améliorer la résistance à l'abrasion des surfaces en béton, ce qui peut être utile pour les revêtements de sols industriels.
- En résumé, la fumée de silice est un additif de béton multifonctionnel qui peut améliorer les propriétés physiques et mécaniques du béton, tout en améliorant sa durabilité et sa résistance aux agents agressifs.

I.5.2-Les caractéristiques de la fumée de silice :

La fumée de silice, également appelée "aérogel de silice" ou "silice pyrogénée", est un matériau finement divisé composé de particules de silice amorphe. Elle est produite par la combustion de composés organiques et de silanes dans un environnement oxydant. Les particules de fumée de silice ont une taille moyenne de l'ordre de 10 à 20 nanomètres et une surface spécifique élevée, allant de 50 à 600 m²/g.

Les caractéristiques de la fumée de silice sont principalement liées à sa grande surface spécifique. En raison de sa petite taille de particules, elle peut remplir efficacement les espaces vides entre les grains d'agrégats et de ciment, améliorant ainsi la densité apparente du béton et augmentant sa résistance à la compression.

La fumée de silice est également connue pour sa capacité à améliorer la résistance à la traction, la ductilité, la résistance à la fissuration et la durabilité du béton. Elle peut également améliorer les propriétés de la pâte de ciment en réduisant sa perméabilité et en augmentant sa résistance à la corrosion.

De plus, la fumée de silice est souvent utilisée comme un adjuvant dans les mélanges de béton à haute performance pour améliorer les propriétés rhéologiques et l'ouvrabilité du béton. Elle peut également être utilisée comme additif pour améliorer la résistance à la chaleur, à l'abrasion, à la corrosion et à l'usure des composites polymères.

D'un point de vue chimique, la fumée de silice est essentiellement composée de Silice (**Tableau I.4**).

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

Tableau (I.4) : Composition chimique type de certaines fumées de silice.

Composés	Silicium (grise)	Silicium (grise)	Blanche
% SiO ₂	93.7	87.3	90.0
% Al ₂ O ₃	0.6	1.0	1.0
% CaO	0.2	0.4	0.1
% Fe ₂ O ₃	0.3	4.4	2.9
% MgO	0.2	0.3	0.2
% Na ₂ O	0.2	0.2	0.9
% K ₂ O	0.5	0.6	1.3
% Perte au feu	2.9	0.6	1.2

I.6-Adjuvants:

La norme NF EN 934-2 est une norme européenne qui définit les différentes classes d'adjuvants pour bétons, mortiers et coulis, selon leur fonctions principaux.

Adjuvants modificateurs de prise du béton:

a).Plastifiants ou superplastifiants : permettent de modifier la rhéologie du béton en réduisant la tension superficielle de l'eau et en améliorant la dispersion des particules de ciment. Ils permettent donc d'augmenter l'ouvrabilité, de diminuer la quantité d'eau nécessaire au gâchage, d'améliorer la compacité et de réduire le retrait plastique.

- Modificateurs de viscosité : permettent de modifier la viscosité des mortiers et bétons, en les
- Inhibiteurs de corrosion : permettent de protéger les armatures métalliques contre la corrosion en formant un film passivant sur la surface des aciers.
- Pigments : permettent de colorer les bétons et les mortiers en leur donnant une teinte spécifique.
- Fibres : ajoutées en petite quantité, elles permettent de renforcer la résistance mécanique et la tenue à la fissuration du béton. Les fibres peuvent être en acier, en verre, en polypropylène, etc.
- Il existe d'autres types d'adjuvants tels que les agents de surface, les stabilisants, les durcisseurs de surface, etc. Le choix de l'adjuvant dépend de la fonction recherchée, des caractéristiques du béton ou du mortier et des conditions d'utilisation.

Adjuvants modificateurs de la rhéologie du béton:

C'est exact. Les adjuvants plastifiants réducteurs d'eau et super plastifiants haut réducteurs d'eau permettent de réduire la teneur en eau du béton sans modifier significativement sa consistance. Les plastifiants réducteurs d'eau permettent une réduction de 5 à 10 % de la teneur en eau tandis que les super plastifiants haut réducteurs d'eau permettent une réduction de 10 à 30 %. Ces adjuvants permettent d'obtenir un béton plus compact, avec une meilleure résistance et une plus grande durabilité, tout en conservant une bonne ouvrabilité. Ils sont largement utilisés dans la production de bétons prêts à l'emploi et dans la construction de structures en béton armé.

I.7-Les Mortiers :

Effectivement, il existe différents types de mortiers, chacun ayant ses propriétés et ses utilisations spécifiques.

Il est important de bien choisir le mortier adapté à chaque type de travaux pour obtenir un résultat durable et de qualité.[22]

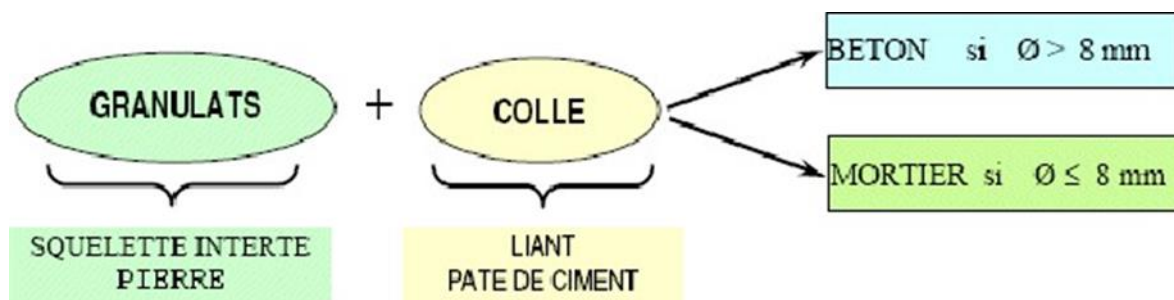


Figure (I-4): Constituants des mortiers.[22]

I.7.1-Définition:

Le mortier est un matériau de construction qui sert à lier les éléments ensemble, garantir la stabilité de l'ouvrage et remplir les espaces entre les blocs de construction. Il est généralement composé d'un mélange de sable, de liant (ciment ou chaux) et d'eau dans des proportions variables en fonction de l'utilisation prévue. Dans ce chapitre, nous aborderons les différents types de mortiers ainsi que leurs caractéristiques principales, notamment leur capacité à être travaillés, leur temps de prise et leur retrait.[22]

I.7.2-Structure De MAP:

L'objectif est de formuler une pâte et un mortier cimentaires auto-plaçants qui garantiront une stabilité et un écoulement optimaux en utilisant des matériaux locaux dans des proportions appropriées. Nous avons mis en place un programme expérimental pour étudier le rôle de

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

chaque paramètre sur le comportement de la pâte cimentaire et déterminer un domaine expérimental qui offrira un ensemble homogène et stable de mélanges avec des propriétés d'écoulement mesurables.

L'expérimentateur et la démarche expérimentale jouent un rôle crucial compte tenu de la sensibilité du comportement de la pâte de ciment. La pâte de ciment est élaborée en utilisant quatre composants : ciment, filler, plastifiant et eau.[23]

a). Un volume de pâte élevé :

Les frottements entre les gravillons limitent l'écoulement des bétons. C'est pourquoi, le MAP contient un volume de pâte important dont le rôle est d'écarter les gravillons les uns des autres.[24]

b). Une quantité importante de fines :

Afin de garantir leur maniabilité tout en évitant les risques de séparation des composants, les MAP contiennent une quantité de fines plus importante que les mortiers. Cependant, pour réduire les coûts et éviter des problèmes d'élévation de température pendant l'hydratation, le liant utilisé est souvent un mélange de deux ou même trois composés. [25,26] Par exemple, le ciment portland peut être mélangé avec des cendres volantes, du laitier, des fillers calcaires, des pouzzolanes naturelles ou de la fumée de silice.

c). Un fort dosage de superplastifiant :

L'ajout d'une quantité importante de superplastifiant dans les BAP permet avant tout de réduire la quantité d'eau tout en maintenant une grande maniabilité. Cependant, une dose excessive (proche ou supérieure à la dose de saturation) peut rendre le béton plus sensible aux variations de teneur en eau, entraînant des problèmes de ségrégation et de ressuage.[27]

I. Une utilisation éventuelle d'agent colloïdal :

Les bétons auto-plaçants (BAP) contiennent souvent un agent colloïdal,[28] bien que ce ne soit pas toujours le cas. Cet agent, en plus des fines, permet d'éviter le ressuage et de réduire les risques de ségrégation en épaississant la pâte. L'utilisation de ce produit semble justifiée pour les BAP ayant des rapports eau/liant élevés, car les fines ne sont pas toujours suffisantes pour fixer l'eau dans le béton. Cependant, pour les MAP ayant des rapports eau/liant faibles et des résistances supérieures à 50 MPa, l'utilisation de l'agent colloïdal semble inutile. Pour les bétons intermédiaires, son utilité doit être étudiée au cas par cas. Dans l'ensemble, l'agent colloïdal est réputé pour rendre les BAP moins sensibles aux variations d'eau et aux problèmes de ségrégation et de ressuage.[29][30]

I.7.3-Méthodes De Formulation :

I.7.3.1-Méthode D'okamura:

La formulation des MAP selon l'approche développée à l'université de Kochi au Japon [31] se

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

base sur une approche sécuritaire qui privilégie le volume de pâte plutôt que celui des granulats. Cette méthode de formulation combine des dosages forfaitaires pour les granulats et des dosages expérimentaux pour l'eau et les adjuvants. Pour formuler un BAP en utilisant la "méthode japonaise", les étapes suivantes doivent être suivies :

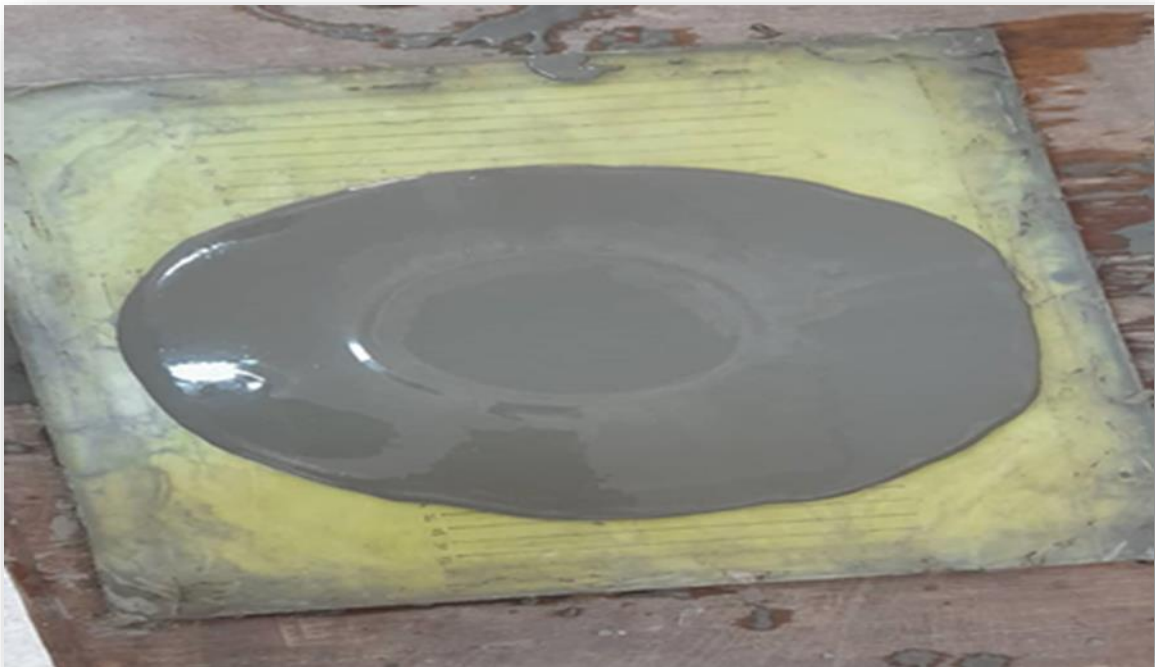
- choix du dosage en ciment en fonction des performances souhaitées.
- désignation du volume d'air occlus à 2%.
- détermination forfaitaire du volume de sable à 40% du volume du mortier.
- détermination du dosage minimal en eau en effectuant des tests d'étalement au mini-cône en faisant varier le rapport eau/liant avec le dosage choisi en liant.
- En traçant la courbe de l'étalement relatif en fonction du rapport eau/liant, il est possible de trouver le point d'intersection avec l'axe des ordonnées « βP », qui permet de déterminer la quantité d'eau minimale nécessaire pour cimenter les ajouts minéraux.[32] [33]

$$R_p = (d^2 - 100^2) / 100^2$$
$$= (d/100)^2 - 1$$

Avec:

« R_p » : L'étalement relatif.

« d » : le diamètre d'étalement moyen en millimètre de la galette de pâte.



Figure(I-5):Étalement au Mini cône de mortier autoplaçant.

I.7.4-Fluidité Et Déformabilité De MAP:

La déformabilité d'un mortier ou d'un béton est essentiel pour leur permettre de subir des changements de forme sous leur propre poids. Pour atteindre une déformabilité adéquate, il est crucial de minimiser le frottement inter-sable dans le mélange.[34]

Cela peut être réalisé en réduisant la quantité de gros sable et en augmentant le volume de pâte, ou en ajoutant des fillers minéraux pour réduire le frottement inter-sable. Pour augmenter la déformabilité de la pâte et réduire le frottement inter-sable dans le béton, on peut utiliser des super-plastifiants haut-réducteur d'eau (SPRE) qui maintiennent un rapport eau-matières cimentaires relativement bas tout en maintenant une fluidité élevée. En réduisant la viscosité, la déformabilité de la pâte peut également être améliorée. Il est possible d'obtenir un mortier fortement fluide sans réduction significative de sa cohésion en améliorant sa résistance à la ségrégation.[34]

Cependant, le critère de fluidité-stabilité est souvent difficile à atteindre, mais cela peut être réalisé en utilisant des agents colloïdaux, des taux élevés d'ajouts minéraux ou des quantités appropriées de sable.

I.7.5-Essais De L'étalement Au Mini Cône DeMortier:



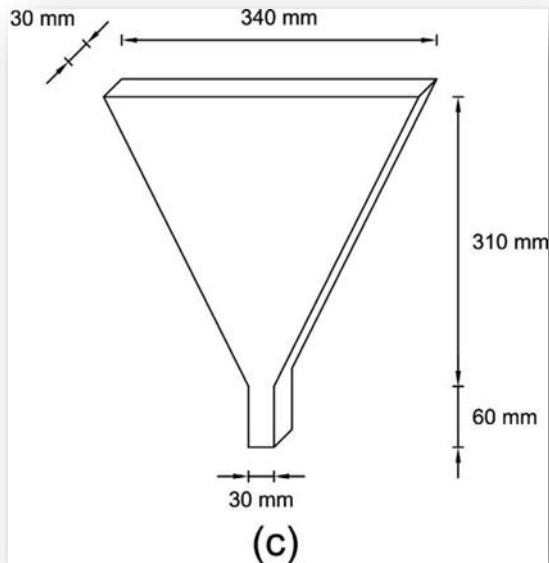
Figure (I-6):Dimensionsde Minicôneàmortier.

I.7.6-EssaisDeDéformabilitéDel'EntonnoirEnV(V-Funnel):

L'essai de V-funnel est une méthode d'évaluation de la viscosité et de la fluidité des mortiers à haute performance (MAP). Pour ce faire, un entonnoir spécialement conçu est rempli de mortier jusqu'à ras bord, puis le clapet situé à la base est ouvert, permettant au mortier de s'écouler. Le temps qu'il faut pour que tout le mortier s'écoule, appelé temps d'écoulement (Tv), est mesuré et doit être compris entre 8 et 14 secondes pour caractériser la

Chapitre I: GENERALITES SUR LE MORTIERSES COMPOSANTS

viscosité du mortier. Un temps d'écoulement plus court indique une viscosité trop faible, tandis qu'un temps d'écoulement plus long peut indiquer une faible déformabilité due à une viscosité élevée de la pâte et/ou un frottement intergranulaire élevé. Il convient de noter que les résultats de l'essai peuvent également être influencés par d'autres propriétés du MAP, telles que la forme et la taille des granulats. En fonction du temps d'écoulement mesuré à l'entonnoir, deux classes de viscosité sont définies : $T_v \leq 6$ secondes pour une bonne capacité de remplissage même avec des renforts denses et $9 \leq T_v \leq 25$ pour les autres cas.[35]



Figure(I-7): Dimensions de l'entonnoir en v-funnel

Figure(I-8): Déroulement de l'essai d'entonnoir en v-funnel.

I.7.7-Résistance A La Compression:

Les résultats des tests de résistance à la compression à 28 jours ont montré que la résistance à la compression atteint un maximum lorsque la teneur en fines de calcaire est comprise entre 10% et 15%. Cependant, pour des teneurs en fines de calcaire supérieures à 15%, la résistance à la compression diminue. Cette baisse de résistance est probablement due à une pâte de ciment insuffisante pour enrober toutes les particules d'agrégats fines, ce qui réduit la force de compression. En ce qui concerne le mortier incorporant du sable écrasé avec une teneur en fines de calcaire de 15%, les spécimens sans ou avec seulement 5% de fines de calcaire ont montré des valeurs de résistance à la compression inférieures à celles obtenues avec une teneur en fines de calcaire de 10-15%. Cela est probablement dû à une quantité insuffisante de particules fines pour remplir tous les vides entre la pâte de ciment et les

particules fines d'agrégats. [35]

I.8-Conclusion :

Ces dernières années, une nouvelle génération de béton, appelée MAPs et BAPs, est

Apparue au Japon. Ces bétons sont très fluides et peuvent être mis en œuvre sans vibrations, même dans des coffrages complexes et encombrés, tout en donnant un produit final homogène.

Cependant, la formulation de tels bétons est difficile car elle doit concilier des propriétés a priori contradictoires telles que la fluidité, la déformabilité et la stabilité. Pour obtenir ces propriétés rhéologiques, les BAPs doivent contenir une forte teneur en pâte au détriment des gravillons,

Ainsi qu'au moins une addition minérale et un super plastifiant en proportions précises. Les agents colloïdaux peuvent également être nécessaires. Bien que les MAPs aient généralement de bonnes résistances mécaniques et de durabilité, leur module élastique doit être plus fiable que celui des BO de même résistance à la compression. Les déformations différées, le retrait et le fluage peuvent également être augmentés. L'optimisation de la formulation des MAPs nécessite un ajustement minutieux de plusieurs paramètres, tels que la nature et le dosage d'additions minérales, La concentration en super plastifiant et en agent colloïdal, qui peuvent avoir une influence Significative sur les performances des MAPs.

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATÉRIAUX

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATÉRIAUX UTILISÉS

II. INTRODUCTION :

Le présent chapitre a pour objet de décrire les différents composants entrant dans la composition d'un mortier autoplaçant, notamment les granulats, le ciment, les ajouts minéraux, les adjuvants et l'eau, ainsi que les principales caractéristiques de chaque composant. En outre, une description détaillée des procédures d'essai pour chaque composant est présentée, avec une indication que ces essais sont effectués au laboratoire de génie civil à l'université de M'sila.

Les matériaux utilisés sont :

- Le sable fin de la région de BOUSAADA (OUED MAITAR).
- Ciment **portlande CMII /42.5 N (Group GICA)**.
- L'adjuvant : MEDAPLAST SP 30 super plastifiant haut réducteur d'eau provenant de la société Granitex – Oued Smar.
- L'ajout : le filler (farine de fumé de silice).
- L'eau de gâchage et conservation : eau potable fournie.

II .1.SABLE :

II .1.1. Origine du sable :

Le sable utilisé est un sable fin de Bousaada, dans la région de Oued Maiter wilaya de m'sila, Le sable a été soumis à plusieurs essais au laboratoire de génie civil de l'université de M'sila, suivant les normes françaises AFNOR .

II .1.2. Caractéristique physiques des sables utilisés

II. 1.2.1.Masse volumique absolue :

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

- **Mode opératoire :**

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS

- Remplir l'éprouvette échantillon graduée avec un volume d'eau $V_e=140$ ml
- Peser un échantillon sec $M= 120$ g de granulats
- Introduire les granulats dans l'éprouvette graduée en chassant les bulles d'air
- Lire le nouveau volume V
- Calculer la masse volumique absolue : $\rho_s=M/V_1$, $M=120$ g , $V_1 = V - V_e$
- Refaire la mesure **3** fois

Tableau(II.1) : La masse absolue de sable.

Essai	M (g)	V_e (cm ³)	V (cm ³)	ρ_{sMoy} (g/cm ³)
1	120	140	195	2,26
2	120	140	193	
3	120	140	191	

II .1.2.2. masse volumique apparente:

II .1.2.2.1. masse volumique apparente à l'état l'ache :

C'est la masse du matériau par unité de volume compris des vides existants entre les grains.

- **Mode opératoire :**

- on détermine la masse volumique apparente du sable à l'aide d'un entonnoir

Standardisé de capacité 2 à 2.5 litres.

- On remplit l'entonnoir avec du sable sec.
- On pèse le récipient vide **M1**.
- On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de 10 à 15 cm et on le remplit Avec du sable.
- Une fois le récipient est rempli, on nivelle la surface du sable et on pèse le tout. soit **M2** ce poids.
- Volume de récipient $V_r = 900$ cm³.

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS

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

$$\rho_{pp} = (M2 - M1) / V_r.$$

Tableau(II.2) : La masse volumique apparente à l'état lâche en (g/cm³).

Essai	M1 (g)	M2 (g)	ρ_{pp} (g/cm ³)	ρ_{moy} (g/cm ³)
1	114,9	1407,9	1,436	1,4385
2	114,9	1411	1,440	
3	114,9	1409,9	1,438	

II .1.2.2.2.Masse volumique à l'état compact :

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

Mode opératoire :

Même méthode que celle de l'état lâche, après remplissage du récipient " après tassement " on soumet ce dernier à 30 secousses manuelles. On complète le remplissage du récipient après le tassement du sable, puis on nivelle ce dernier et on le pèse. Soit M2 le poids de l'ensemble (sable + récipient), la masse volumique à l'état compact est donnée par la formule suivante :

$$\rho = (M0 - M1) / v$$

M1 : Masse du récipient ; **M2 :** Masse du récipient plus le sable ; **V r :** Volume du récipient.

Tableau (II.3): La masse volumique à l'état compact du sable en (g/cm³).

Essai	M1 (g)	M2 (g)	ρ_c (g/cm ³)	ρ_{cmoy} (g/cm ³)
1	114,9	1506,3	1,546	1,534
2	114,9	1505,3	1,545	
3	114,9	1476,1	1,512	

II .1.2.3. Porosité : (NF P 18-554)

C'est le volume des vides entre les grains du sable. La porosité peut être déterminée par la formule suivante :

$$p(\%) = 100 - (Masse\ volumique\ apparente / Masse\ volumique\ absolue) * 100$$

$$P = (1 - \rho_{\text{app}} / \rho_{\text{abs}}) \cdot 100\%$$

$$p = \left(1 - \frac{1.438}{2.26}\right) 100\%$$

$$p = 36.37\%$$

II.1.2.4.L a Compacité :

compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolu des grains au volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C = \rho_{\text{app}} / \rho_{\text{abs}} = 100 - P$$

$$C = 100 - 36.37$$

$$C = 63.63\%$$

II .1.2.5. L'indice des vides :

L'indice des vides est le rapport entre le volume du vide et le volume de solide.

$$e = V_v / V_s = p / (100 - p) \text{ Avec } p \text{ en pourcent } (\%) .$$

$$e = \left(\frac{36.73}{100 - 36.73}\right)$$

$$e = 0.57$$

II .1.2.6. Equivalent de sable :NF P 18-598

Notre essai vise à mettre en évidence la proportion d'impuretés argileuses ou ultrafines contenues dans le sable, ainsi que le pourcentage de poussières nuisibles et d'éléments argileux qui réduisent la qualité du béton et du mortier.

• Mode opératoire :

- Tamiser une quantité de sable d'une masse supérieure à 500g.
- Prélever une pesée de 120g et remplir l'éprouvette avec de la solution la vante jusqu'au premier repère (10cm).
- Verser délicatement la prise d'essai (120g) dans l'éprouvette à l'aide d'un entonnoir et tapoter fermement avec la paume de la main pour éliminer les bulles d'air et faciliter la pénétration de la solution dans l'échantillon.
- Laisser reposer pendant 10 minutes.

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS

- Fermer l'éprouvette avec un bouchon en caoutchouc et l'agiter manuellement avec un agitateur mécanique pendant 90 cycles de 20cm de cours horizontale en 30 secondes.
- Enlever le bouchon, rincer-le avec de la solution la vante au-dessus de l'éprouvette et rincer les parois de celle-ci.
- Utiliser un tube laveur pour laver le sable et faire monter les éléments fins et argileux en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette tout en faisant un léger piquage avec le tube. Répéter cette opération jusqu'à ce que la solution la vante atteigne le 2ème repère, puis laisser reposer pendant 20 minutes.

A / Equivalent de sable visuel (ESV):

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

$$ESV = h_2 / h_1 * 100 (\%)$$

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

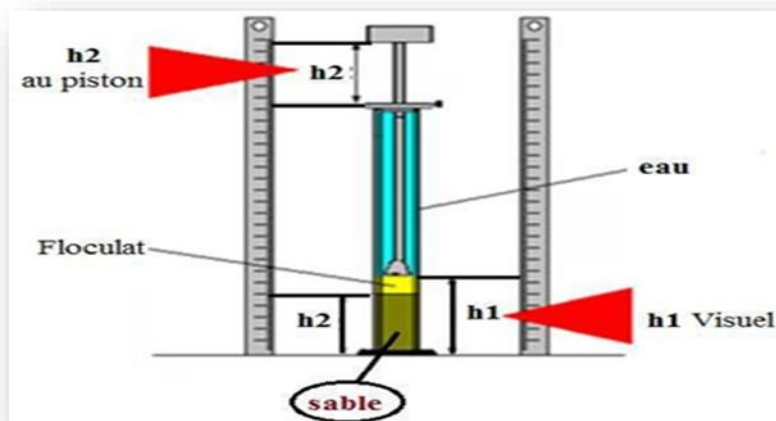


Figure (II-1): Principe de l'équivalent de sable.

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS



Figure (II-2): Essai équivalent de sable exécuté au laboratoire.

Tableau (II.4): La classification de la nature du sable en fonction de l'équivalent de sable (E.S).

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

Tableau (II.5) : Résultats obtenus pour l'équivalent de sable.

Essais	h1(cm)	h2(cm)	E.S.V(%)	h2'(cm)	E.S.P(%)
1	10,9	9,6	88,07	9,4	86,23
2	10,8	10	92,59	9,65	89,35
3	10,7	9,6	89,71	9,3	86,91

- E.S.V(%) = 90,12% ; Donc E.S ≥ 85
- E.S.P(%) = 87,49% ; Donc E.S ≥ 80

II.1.2.9. Analyse granulométrique : NA EN 993-1

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



Figure (II.3) : Matériels utilisé pour l'analyse granulométrique

• Mode opératoire :

- Prélever (1,5 kg) de matériau sable sec
- Peser chaque tamis à vide à 1g près, soit mi la masse du tamis.
- Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des maille est respectivement de haut en bas :(5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,125-0,08-fond).
- Verser le matériau (sable sec) sur la colonne et la fixer soigneusement sur la machine d'agitation mécanique, agité pendant 5 minutes.
- Peser chaque tamis séparément à 1g près.
- Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement.
- Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à **R1**, soit **R2** la masse du refus cumulé du tamis 2 ($R2R1 + \text{Refus partiel sur tamis}$).

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS

- Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés **R3,R4.....**

Le tamisât cumulé est donné par la relation suivante :

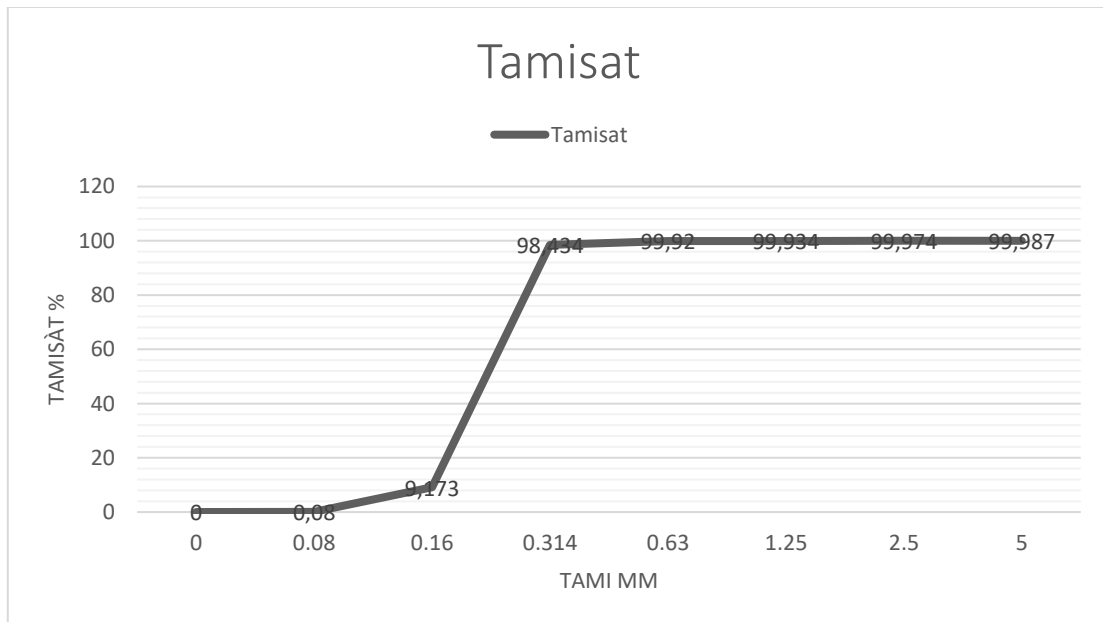
$$T = 100 - R_c$$

T: Tamisât en (%) , **RC :** Refus cumulés en (%)

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau (II.6) : Analyse granulométrique du sable.

Tamis(mm)	Refus partiel(g)	Refus cumulés		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
5	0,2	0,2	0,013	99,987
2,5	0,2	0,4	0,026	99,974
1,25	0,6	1	0,066	99,934
0,63	0,2	1,2	0,08	99,92
0,315	22,3	23,5	1,566	98,434
0,16	1339,4	1362,9	90,826	9,173
0,08	135,9	1498,8	99,92	0,08
Fond	1,2	1500	100	0



Figure(II.4) : Courbe d'analyse granulométrique du sable de Boussaâda.

II .1.2.10.Module de finesse: NA EN 12620

C'est un facteur très important, qui nous permet de juger la grosseur du sable, il est exprimé par le rapport de la somme des refus cumulés destamis de mailles :(0,16-0,315-0,63-1,25-2,5-5)

$$Mf = \sum(R/100)$$

RC : Refus cumulé.

Tableau II.7: Modules de finesse du sable.[02]

Quantité du sable	Module de finesse
Gros	>2.5
Moyen	2 à 5
Fin	1.5 à 2
Très fin	1 à 1.5

Les résultats obtenus sont :

$$Mf = (89,515+45,75+19,605+14,34+7,79+0,055) / 100$$

$$Mf = 1.77$$

On se basant sur cette classification on trouve le résultat suivant sable fin **1.5 à 2** C'est un sable fin.

On se basant sur cette classification on trouve le résultat suivant sable fin 1.5 à 2 C'est un sable fin .

II .1.3.Les caractéristique chimique du sable :

• Caractéristique chimique du sable :

La composition chimique de sable est établie en mars 2009, à la cimenterie Lafarge (M'sila). Elle est donnée au (Tableau II.9).

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS

Tableau(II.8) : La composition chimique de sable.

Eléments	Symboles	Teneur en (%)
Silice	SiO ₂	86.95
Chaux	CaO	6.33
Oxyde de ferrique	Fe ₂ O ₃	0.90
Alumine	Al ₂ O ₃	1.92
Oxyde de magnésium	MgO	0.53
Pente de fer	P.A.F	2.81
Sulfate	SO ₃	0.44

II.2.Ciment

le CEM II/A-L 42.5 N est un ciment portland au calcaire (cpc) certifié selon les exigences et les normes en vigueur.

II.2.1. Domaine d'emploi:

Le ciment CEM II/A-L 42.5 N de GICA est adapté pour les usages suivants:

- 1) Travaux de fondation , souterrains, d'assainissement ;
- 2) Génie civil (ouvrage et routes ...).
- 3) Les bétons armés et non armés.
- 4) Précontraints, étuvés et auto étuvés .
- 5) Produits dérivés du ciment.
- 6) Travaux de construction comme locaux commerciaux et industriels.

II.2.2.Composition et caractéristiques mécaniques:

Tableau(II.9):Caractéristiques mécaniques.

Composition		caractéristiques mécaniques	
Type	Taux %	Jour	Résistance à la compression
Clinker	(80 à 94) %	2j	$\geq 10 \text{ N/mm}^2$
Ajout calcaire	(6 à 20)%	28j	$\geq 42.5 \text{ N/mm}^2$ et $\leq 62.5 \text{ N/mm}^2$
Constituant secondaire	(0 à 5)%		

II.2.3. Caractéristiques physiques et chimiques :

Tableau(II.10) :Caractéristiques physiques et chimiques du CEMII/B42,5.

Caractéristiques physiques		Caractéristiques chimiques	
Propriété	Temps	Teneur	%
Prise	≥ 60 minutes	Sulfates (SO ₃)	≤ 3.5
Stabilité	≤ 10 minutes	Chlorures (Cl)	≤ 0.10

II .3. La Fumée De Silice :

C'est des substances minérales composée essentiellement de silice du couleur gris clair comme le ciment, que possède une propriété pouzzolanique. Grace à la structure fine de la fumée de silice (10 à 20 fois que le ciment).



Figure (II-5):Poudre de la fumée de silice.

II .3.1. Caractéristiques chimiques et physiques de la fumée de silice:

•Analyse chimique

Tableau (II-11):Caractéristiques chimiques de la fumée de silice.

Oxydes	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Pert au feu
Massique %	85 – 95	0.8 – 1.2	1 – 2	0.05 – 1	1 – 3	0.5 – 1

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS

•Analyse physique

Tableau (II-12):Caractéristiques physiques de la fumée de silice.

Désignation	Masse volumique absolue	Densité	Surface spécifique (Blaine)	Taille des particules
Valeurs	2.2	25	15000	<1
Unité	g/cm ³	Kg/cm ³	m ² /Kg	µm

II .4. Les Adjuvants :

Les superplastifiants de type « MEDAFLOW 30 », produits par la société Granites à Oued Smar-BP 85-16270 Alger, ont été utilisés comme adjuvants dans notre étude (**Tableau III.24**).

Le «**MEDAFLOW30**» est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de poly carboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons. Et permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

Tableau (II.13) :Caractéristique de l'adjuvant«MEDAFLOW30».

Aspect	Couleur	PH à 20°C	Densité	Chlorure	Extrait sec
Liquide	Brun clair	6 – 6.5	1.07 ±0.01	< 0.1 g/l	30%

II .5. L'eau de Gâchage:

La source d'eau utilisée dans notre étude est une eau potable (eau du robinet) fournie au laboratoire de génie civil de l'université de M'sila. L'analyse chimique a été réalisée au laboratoire de la société Epidemia à M'Sila, conformément à la norme NF EN 1008.

Tableau (II-14):Analyse chimique de l'eau de gâchage.

Paramètres physicochimique	PH	Potentiel redox E H	Conductivité à 20°C	Turbidité	Oxygène dissous	Salinité	CO2 libre	CO2 total
Unité	-	Mv	S / cm	NTU	Mg/l	%	Mg/l	Mg/l
Résultat	7.94	-60.6	1926	2.05	5.47	09	9.26	223.96

II.6-Essais sur mortier auto plaçant frais.

III.6.1 Essai Au Mini Cône D'étalement :

L'essai d'étalement est une méthode utilisée pour évaluer la consistance et la fluidité du mortier, en particulier dans le cas des mortiers autoplacants. Il consiste à mesurer le diamètre de la galette formée lorsque le mortier est déposé sur une surface horizontale lisse.

Voici les étapes principales de l'essai d'étalement :

Un petit cône conique est placé sur la surface horizontale. Ce cône est ouvert à la base et possède des dimensions spécifiques.

Le mortier est préparé selon les spécifications du mélange et est déposé dans le cône.

Une fois le cône rempli, il est soulevé verticalement, permettant ainsi au mortier de se répandre librement sur la surface.

Le mortier s'étale et forme une galette de forme circulaire.

Les diamètres d'étalement du mortier sont mesurés dans deux directions perpendiculaires à l'aide d'une règle ou d'un instrument de mesure approprié.

Les deux diamètres mesurés sont ensuite utilisés pour calculer la moyenne.

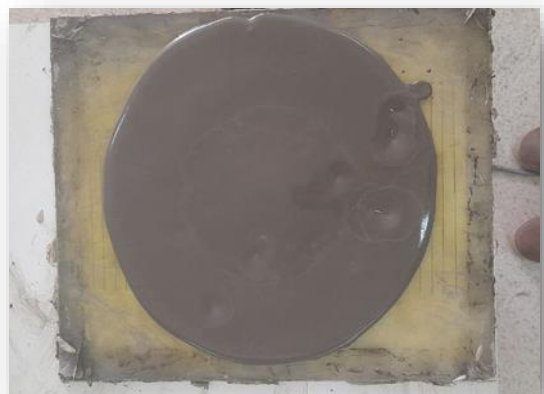
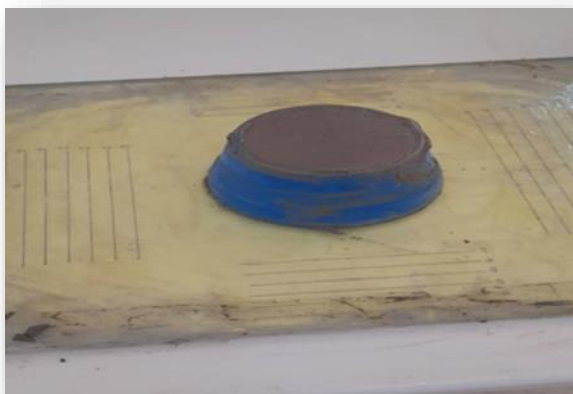


Figure (II.6): Essai Au Mini Cône D'étalement

Pour déterminer l'étalement relatif RP on utilise méthode D'okamura. [33]

$$R_p = (d^2 - 100^2) / 100^2 = (d/100)^2 - 1$$

Avec : **R_p** : l'étalement relatif, d : le diamètre d'étalement moyen de la galette de la pâte.

II.6.2 Essai Au Mini V-Funnel :

L'essai au Mini V-Funnel est une méthode utilisée pour évaluer la fluidité du mortier. Cet essai est couramment utilisé pour mesurer la capacité d'écoulement d'un matériau.

-Un entonnoir en forme de V inversé, appelé Mini V-Funnel, est utilisé. Cet entonnoir a des dimensions spécifiques et est fixé verticalement.

-Le Mini V-Funnel est rempli de béton ou de mortier jusqu'à ras bord.

-Une fois l'entonnoir rempli, retire le bouchon du fond de l'entonnoir pour permettre au matériau --de s'écouler librement.

Une fois que tout le matériau s'est écoulé, le Temp est mesuré.



Figure (II.7):Essai Au Mini V-Funnel.

II.6.3 Essai Au Bac En Plexiglas :

Voici comment se déroule généralement l'essai au bac en plexiglas :

Un bac en plexiglas transparent est utilisé, ayant des dimensions spécifiques et étant placé sur une surface plane et horizontale.

Le mortier, est versé dans le bac jusqu'à atteindre une hauteur spécifiée.

L'état de la surface libre du mortier auto plaçant nous indique la qualité de ce mortier.

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS

Si la surface libre du mortier auto plaçant est horizontale est bien uniforme, le mortier est de bonne qualité, sinon il faut améliorer la rhéologie de ce mortier en combinant sur ces composants.



Figure (II.8) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP01.

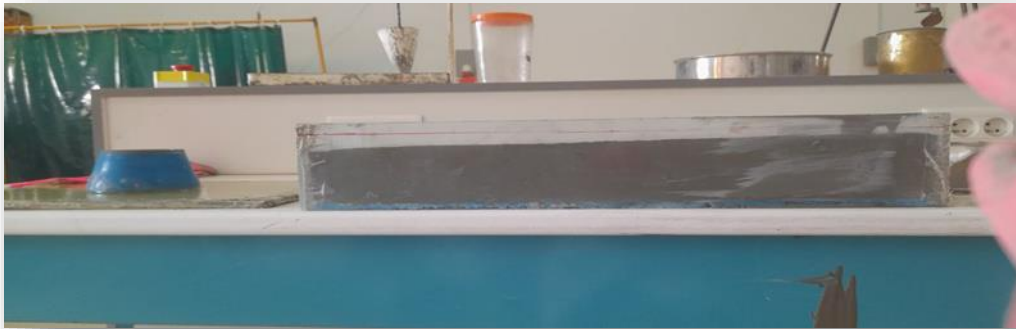


Figure (II.9) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP02.



Figure (II.10) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP03.



Figure (II.11) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP04.



Figure (II.12) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*01.



Figure (II.13) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*02.



Figure (II.14) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*03.



Figure (II.15) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP*04.

On remarque que les mortiers MAP* 1,2,3et 4 donne une bonne surface horizontale, mais cela n'est pas suffisant, la planéité du mortier est une condition nécessaire mais pas suffisante, car il faut vérifier le phénomène de ressuage qui est très important.



Figure (II.16) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**01.



Figure (II.17) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**02.



Figure (II.18) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**03.



Figure (II.19) : Photo montrant la planéité de la surface libre du MAP**04.

Le mélange MAP**04, composé de 80% de ciment et de 20% de sable fin de Boussaâda avec filler, présente les meilleures caractéristiques en termes de planéité du mortier.

II.6.4. Essai de ressuage :

L'essai de ressuage revêt une grande importance, car le phénomène de ressuage constitue un inconvénient majeur pour les mortiers MAP. Après la mise en place de ces mortiers, des flaques d'eau se forment à la surface, créant des concavités et des vides. En conséquence, le mortier perd sa capacité d'auto-nivellement.

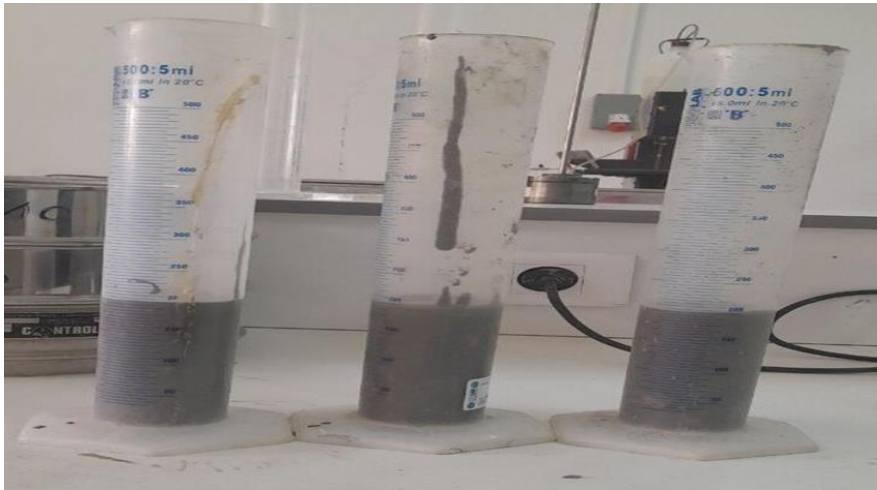


Figure (II.20) : Essai de ressuage.

II.7 Essais Sur Mortier Auto Plaçant Durci :

II.7.1 Mesure De La Résistance A La Traction Par Flexion

Pour réaliser l'essai de flexion, placez le prisme dans le dispositif approprié en veillant à ce que l'une de ses faces latérales de moulage repose sur les rouleaux d'appui, avec son axe longitudinal perpendiculaire à ces derniers. Appliquez ensuite une charge verticale sur la face latérale opposée du prisme à l'aide du rouleau de chargement. Augmentez progressivement la charge à un taux de $50 \text{ N/s} \pm 10 \text{ N/s}$ jusqu'à ce que le prisme se rompe.

Il est recommandé de conserver les demi-prismes dans des conditions humides jusqu'au moment des essais en compression. Assurez-vous de les maintenir dans un environnement approprié pour éviter qu'ils ne sèchent avant l'essai en compression.

La résistance en flexion R_f (exprimée en N/mm^2) est calculée en utilisant une formule appropriée.

$$R_f = F_c / B^2$$

Avec : R_f : Résistance à la compression en (MPa).

F_c : Charge de rupture en (N).

B^2 : Cote de l'éprouvette est égale à 40mm.

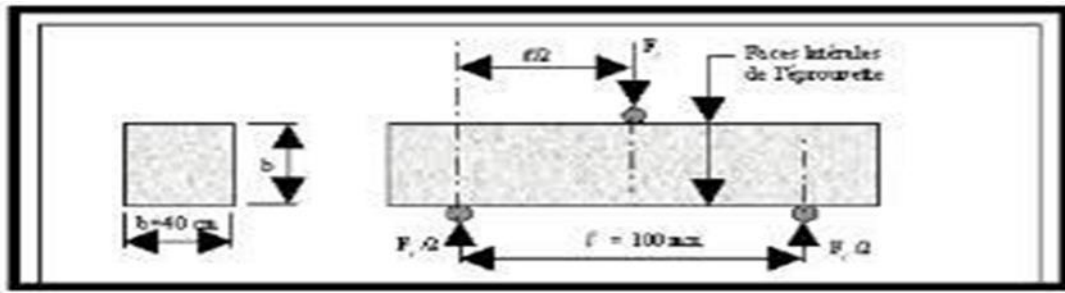


Figure (II.21) : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.



Figure (II.22) : L'appareil de résistance à la flexion par traction.

II.7.2 Mesure De La Résistance A La Compression :

Pour toutes les caractérisations physico-mécaniques, des échantillons prismatiques de dimensions $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ sont utilisés. Ces échantillons sont soumis à un processus de maturation dans de l'eau. Les résultats de la résistance à la compression obtenus à 7, 14 et 28 jours sont calculés en prenant la moyenne de trois échantillons.

L'écrasement uni axial des cylindres est réalisé à l'aide d'une presse hydraulique dont la capacité maximale en compression est de 1500 kN. De même, une presse hydraulique est utilisée pour l'écrasement uni axial des échantillons prismatiques.

CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS



Figure (II.23) : Dispositif pour l'essai de résistance à la compression.



Figure (II.24) : L'appareil de compression.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

III.1- Composition de mortier auto plaçant pour 1m³ :

- sable fin de boussaàda (20%,30% ,40%,50% en substitution au volume 1m³(
- Ciment : CEM II A-L 42.5 N GICA) 50%,60% ,70%,80% en substitution au volume du mortier.
- fumé de silice (fixé à un dosage 8% du poids de ciment).
- Filler (0%,30%, en substitution au poids du sable).
- E/C= 0.6 fixé .
- Adjuvant(Medafluid40) (0%,1.5%, en substitution au poids du ciment).

Tableau (III.1) : pourcentage des matériaux pour les combinaisons MAP, MAP*,MAP**.

Combinaison	Ciment(%)	sable fin de boussaàda(%)	Fumée silice(%)	Fillers(%)	Adjuvant(%)
MAP01	50	50	8	0	0
MAP02	60	40	8	0	0
MAP03	70	30	8	0	0
MAP04	80	20	8	0	0
MAP*01	50	50	8	0	1.5
MAP*02	60	40	8	0	1.5
MAP*03	70	30	8	0	1.5
MAP*04	80	20	8	0	1.5
MAP**01	50	50	8	30	0
MAP**02	60	40	8	30	0
MAP**03	70	30	8	30	0
MAP**04	80	20	8	30	0

Tableau (III.2) : Composition des mortiers pour les différentes combinaisons.

Combinaison	Ciment (g)	sable fin de boussaàda (g)	Fumée de silice (g)	Fillers (g)	Adjuvant (g)	Eau (g)
MAP01	3680	4000	320	0	0	2400
MAP02	4413	3200	384	0	0	2880
MAP03	5152	2400	448	0	0	3360
MAP04	5888	1600	512	0	0	3840
MAP*01	3680	4000	320	0	60	2000
MAP*02	4413	3200	384	0	72	2400
MAP*03	5152	2400	448	0	84	2800
MAP*04	5888	1600	512	0	96	3200
MAP**01	3680	2800	320	1200	0	2400

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

MAP**02	4413	2240	384	960	0	2880
MAP**03	5152	1680	448	720	0	3360
MAP**04	5888	1120	512	480	0	3840

Dénomination des différents mélanges :

On a deux dénominations : MAPMAP*et MAP*

MAP01: { 50% ciment ,50% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP02: { 60% ciment ,40% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP03: { 70% ciment ,30% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP04: { 80% ciment ,20% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP*01: { 50% ciment ,50% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 1.5% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP*02: { 60% ciment ,40% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 1.5% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP*03: { 70% ciment ,30% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 1.5% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP*04: { 80% ciment ,20% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler, 1.5% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP01:** { 50% ciment ,50% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP02:** { 60% ciment ,40% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP03:** { 70% ciment ,30% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

MAP04:** { 80% ciment ,20% sable fin de boussaàda50, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6}.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Tableau (III.3) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP.

Mélange s	Ciment	sable fin de boussaà da	Fillers	Fumée silice 8%	Sp %	EAU	Etalement au mini cône(cm)		Dmoy	Rp (mm ²)
							D1	D2		
MAP01	3680	4000	0	320	0	2400	15	15	15	1.25
MAP02	4413	3200	0	384	0	2880	26	26.5	26.25	5.89
MAP03	5152	2400	0	448	0	3360	26	26	26	5.76
MAP04	5888	1600	0	512	0	3840	26	25.5	25.75	5.63

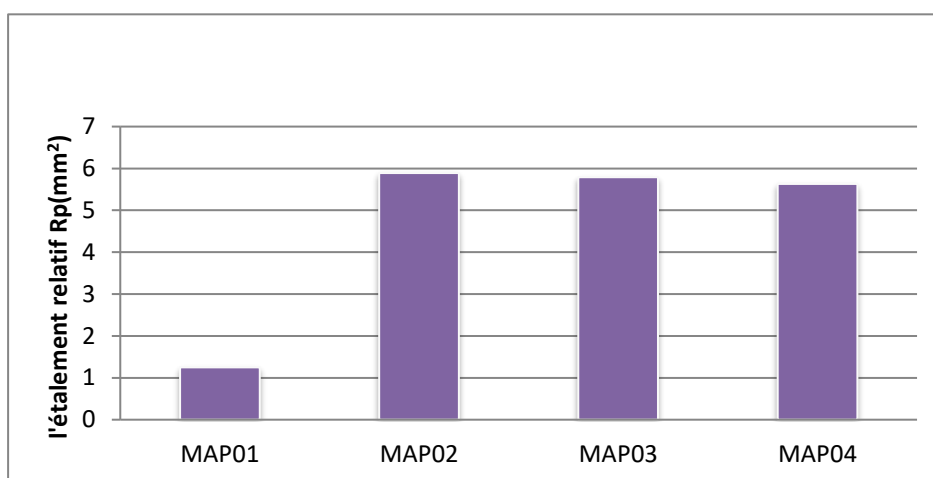


Figure (III.1) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP.

Tableau (III.4) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP**.

Mélange s	Ciment	sable fin de boussaà da	Fillers	Fumée silice 8%	Sp%	EAU	Etalement au mini cône(cm)		Dmoy	Rp (mm ²)
							D1	D2		
MAP**01	3680	2800	1200	320	0	2400	19	19	19	2.61
MAP**02	4413	2240	960	384	0	2880	26	26	26	5.76
MAP**03	5152	1680	720	448	0	3360	28.5	27.5	27.75	6.7
MAP**04	5888	1120	480	512	0	3840	28.5	28.5	28.5	7.12

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

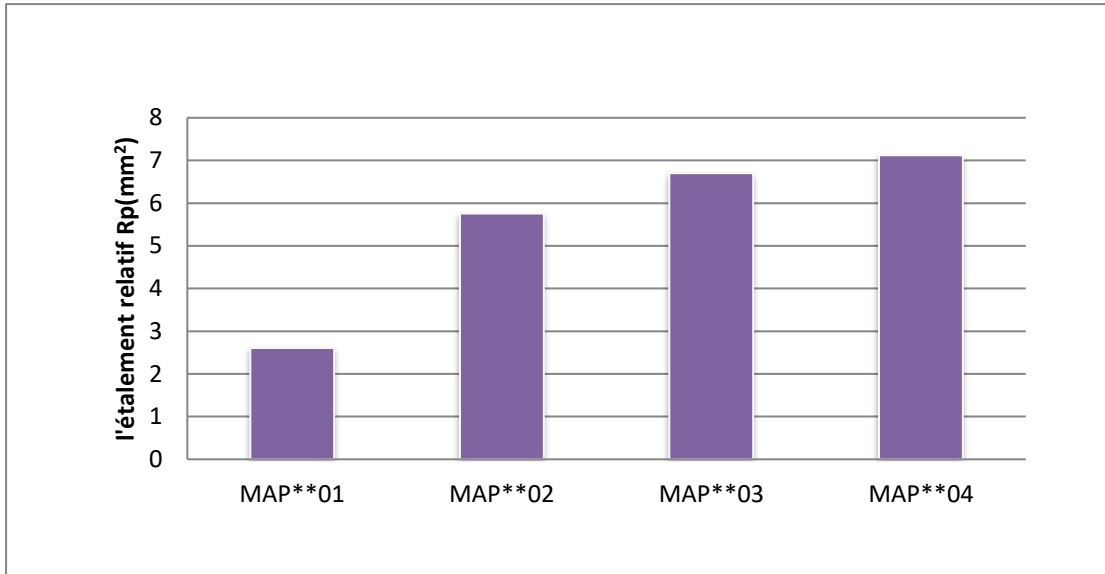


Figure (III.2) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP**.

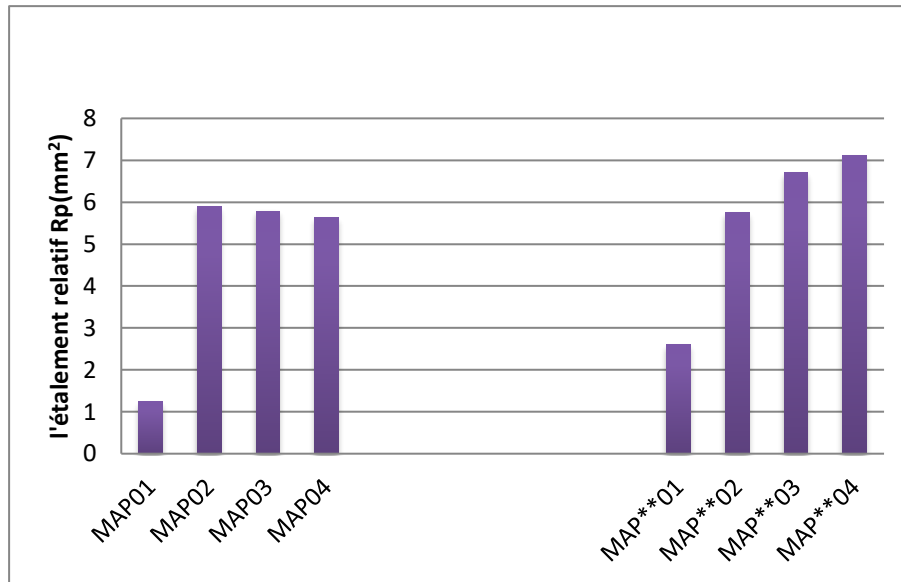


Figure (III.3) : L'étalement relatif au mini cône pour les différentes compositions.

Tableau (III.5) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP.

Mélangés	Ciment	sable fin de boussaâda	Filler	Fumée silice 8%	Sp	EAU	Temps d'écoulement au mini V funnel (S)
MAP01	3680	4000	0	320	0	2400	10.54
MAP02	4413	3200	0	384	0	2880	2.33
MAP03	5152	2400	0	448	0	3360	1.32
MAP04	5888	1600	0	512	0	3840	2,42

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

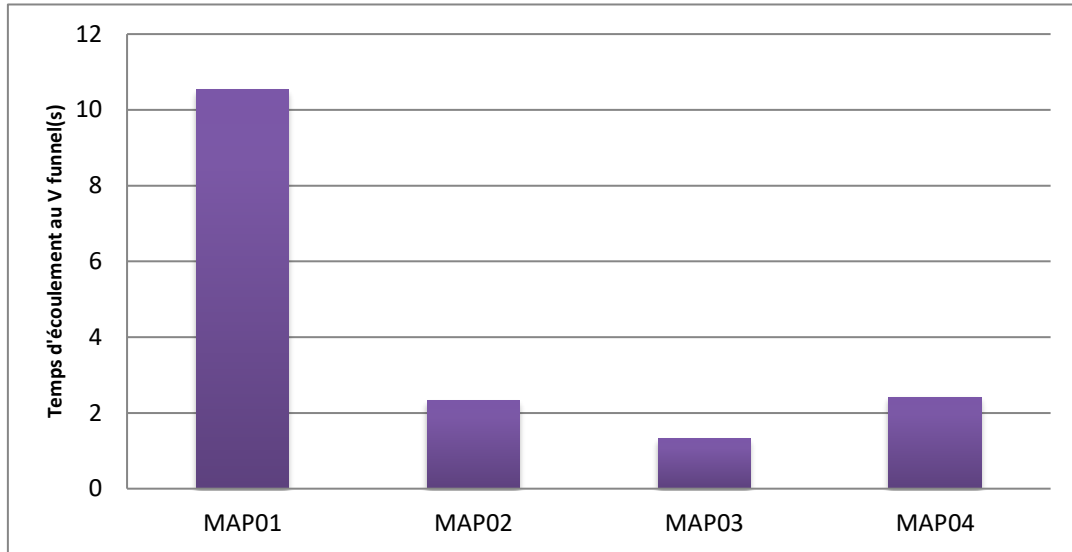


Figure (III.4) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP.

Tableau (III.6) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP*.

Mélangés	Ciment	sable fin de boussaouda	Filler	Fumée silice 8%	Sp	EAU	Temps d'écoulement au mini V funnel (S)
MAP*01	3680	4000	0	320	60	2000	1.81
MAP*02	4413	3200	0	384	72	2400	1.4
MAP*03	5152	2400	0	448	84	2800	1.39
MAP*04	5888	1600	0	512	96	3200	0.97

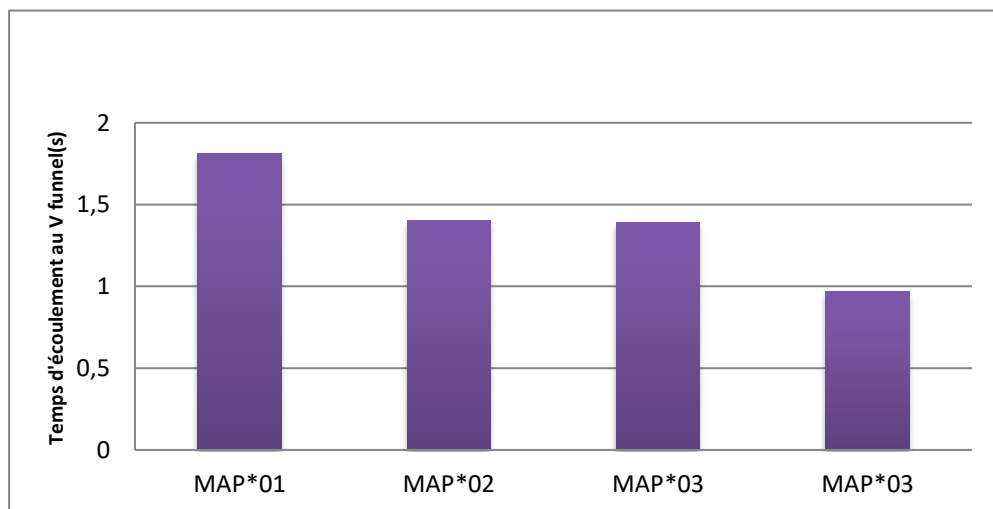


Figure (III.5) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP*.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Tableau (III.7) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP**

Mélangés	Ciment	sable fin de boussaâda	Filler	Fumée de silice 8%	Sp	EAU	Temps d'écoulement Aumini V funnel(S)
MAP**1	3680	2800	1200	320	60	2400	1.87
MAP**2	4413	2240	960	384	72	2880	1.39
MAP**3	5152	1680	720	448	84	3360	0.87
MAP**4	5888	1120	480	512	96	3840	0.8

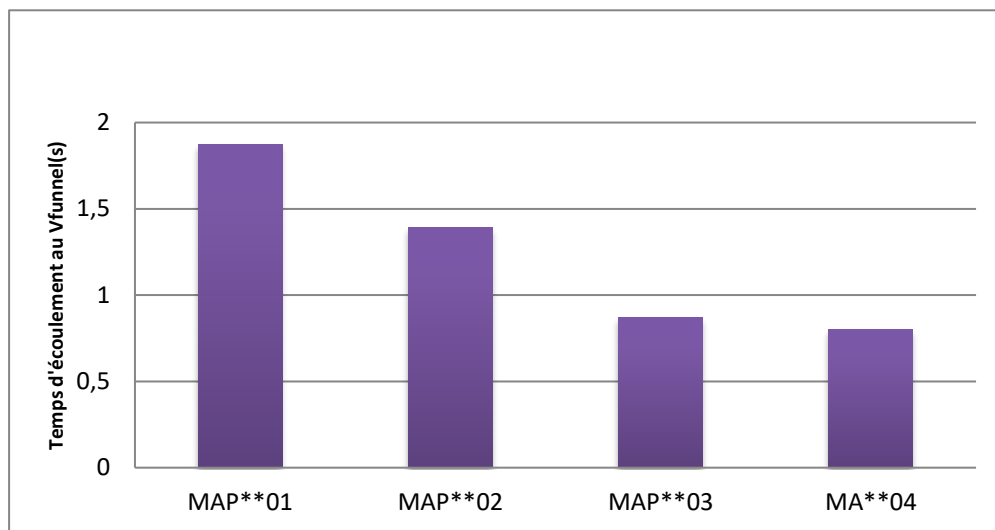


Figure (III.6) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour MAP.**

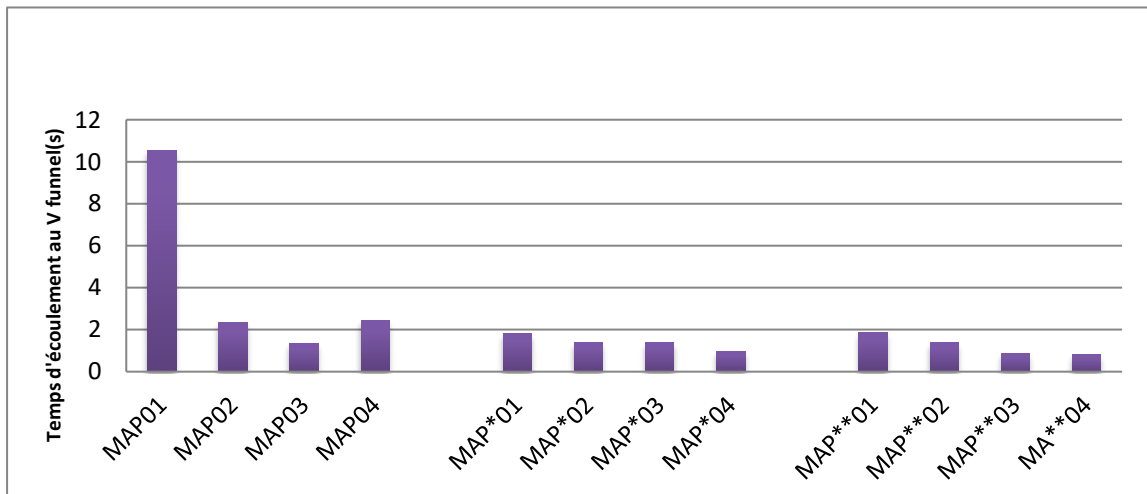


Figure (III.7) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour les différents compositions.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

III.2 L'étalement au mini cône et au V Funnel en fonction du pourcentage de ciment.

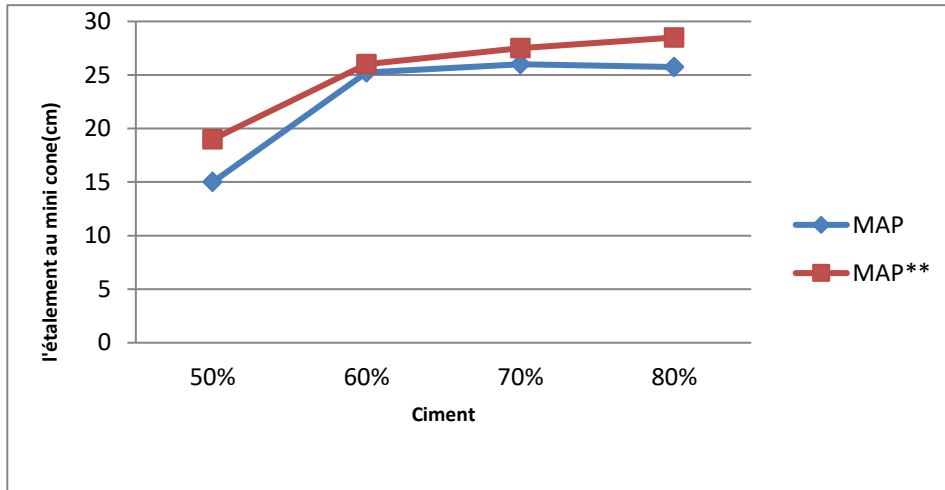


Figure (III.8) : L'étalement au mini cône en fonction du pourcentage de ciment.

On remarque que plus le pourcentage de ciment est grand (60 , 70 , 80%) plus l'étalement du mortier est grand, cela est due a l'augmentation du pourcentage des fines dans le mortier, plus le nombre de fines est grand plus l'étalement est important.

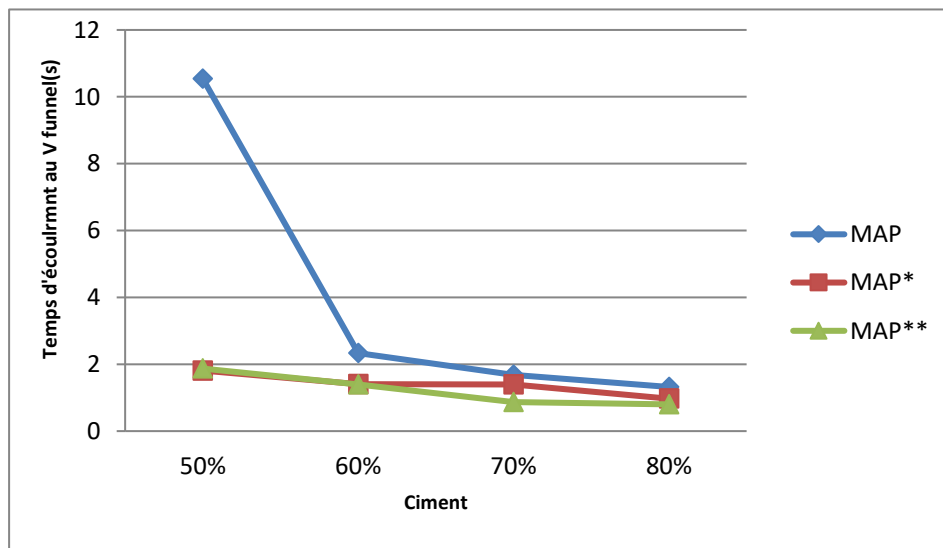


Figure (III.9) : L'écoulement au V Funnel en fonction du pourcentage de ciment.

On remarque que le temps d'écoulement au V Funnel est très court pour les trois types de mortier MAP ,MAP*, et MAP** pour un pourcentage égale ou supérieur a 60% de ciment, le MAP** donne les meilleurs résultats.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Tableau :(III.8) Ressuage pour différents combinaisons.

Combinaison	Ressuage %	Combinaison	Ressuage %	Combinaison	Ressuage %
MAP01	2.41	MAP*01	4.8	MAP**01	1.38
MAP02	5.66	MAP*02	5.21	MAP**02	2.81
MAP03	2.76	MAP*03	7.78	MAP**03	3.06
MAP04	5.41	MAP*04	6.9	MAP**04	3.13

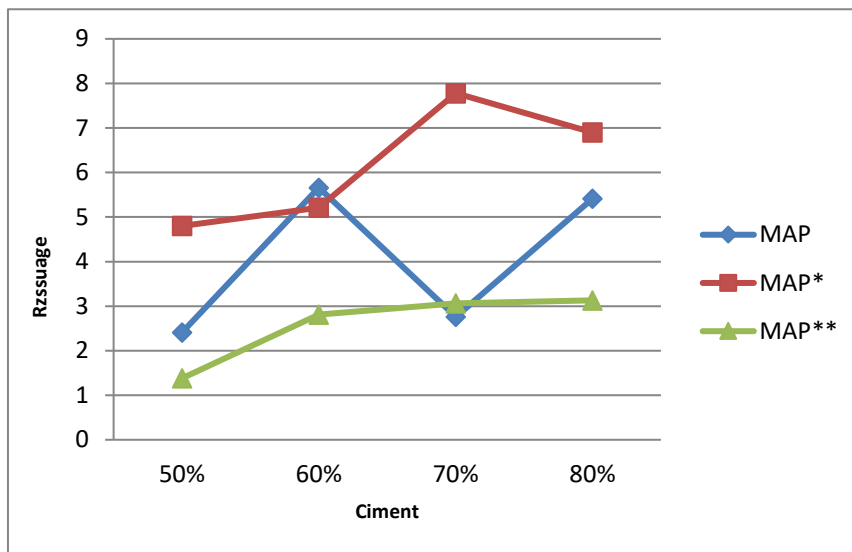


Figure (III.10) : Ressuage en fonction du pourcentage de ciment.

Il est observé que le phénomène de ressuaage devient plus prononcé lorsque les dosages de ciment dépassent 50 à 60 %.

Le mortier auto plaçant MAP** présente le taux de ressuaage le plus faible.

III.3 Masse volumique des mélanges de mortier (NF EN 196-1) :

La masse volumique ρ des mortiers, est mesurée par différence de pesées du moule 4X4X16 cm selon la norme NF EN 196-1. Chaque résultat est la moyenne de 3 mesures.

$Mv = [masse\ de\ mortier / volume\ de\ moule]$ Avec:

volume du moule=3(4x4x16)=768 cm³.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux :

Tableau (III.9) : Masse volumique des mélanges de mortier pour MAP**

Nomination	La masse volumique(g/cm ³)		
	7jours	14jours	28jours
MAP*01	1.95	2.00	2,03
MAP*02	1.89	1.97	1.96
MAP*03	1.86	1.92	1.97
MAP*04	1.77	1.83	1.81

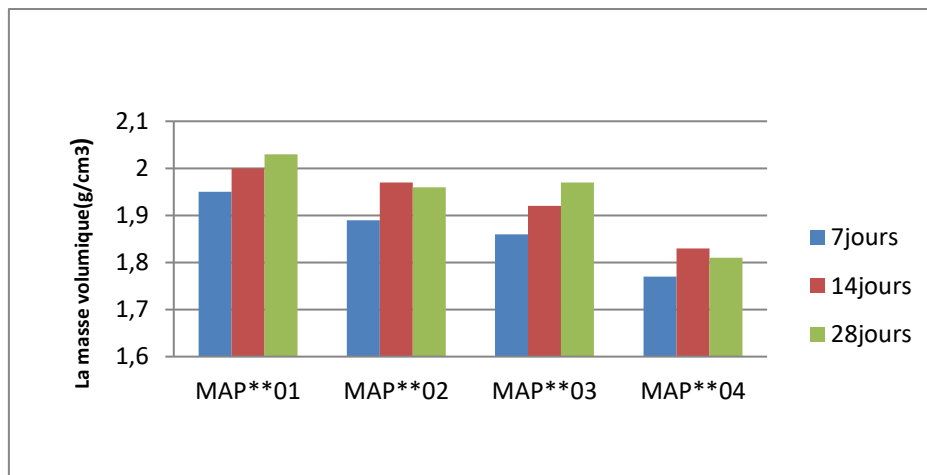


Figure (III.11) : Masse volumique des mélanges de mortier pour(MAP).**

III.4 Résistance à la traction par flexion :

Tableau (III.10): Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiés (MAP).

Nomination	Résistance à la traction par flexion(MPa)		
	7jours	14jours	28jours
MAP01	4.9	4.05	3.35
MAP02	4.51	2.78	3.43
MAP03	3.35	3.33	2.52
MAP04	3.37	3.36	3.36

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

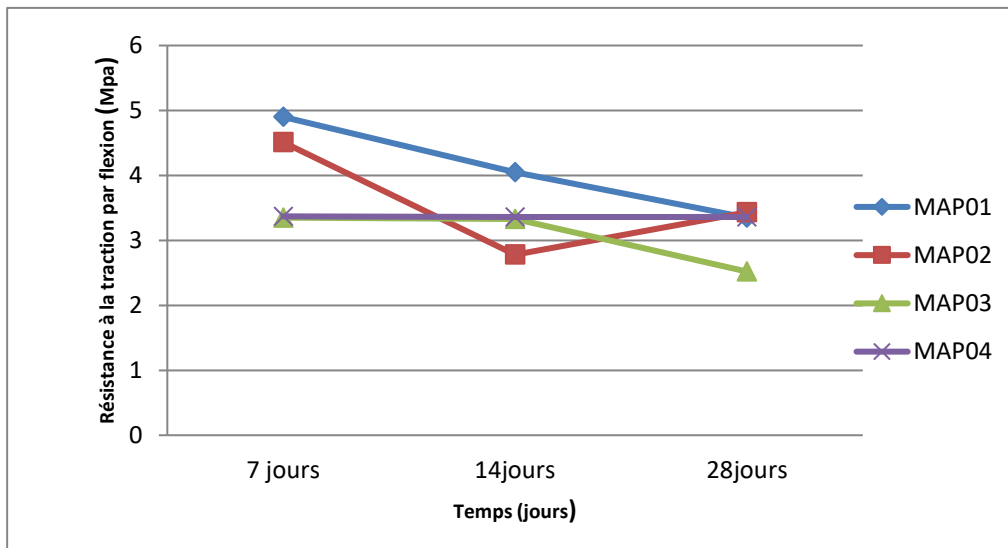


Figure (III.12): Résistance à la traction par flexion en fonction du temps pour (MAP).

Tableau (III.11) : Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiés MAP*.

Nomination	Résistance à la traction par flexion (MPa)		
	7 jours	14 jours	28 jours
MAP*01	2.71	2.6	3.6
MAP*02	3.15	2.65	2.92
MAP*03	2.59	3.4	3.1
MAP*04	2.31	2.38	2.39

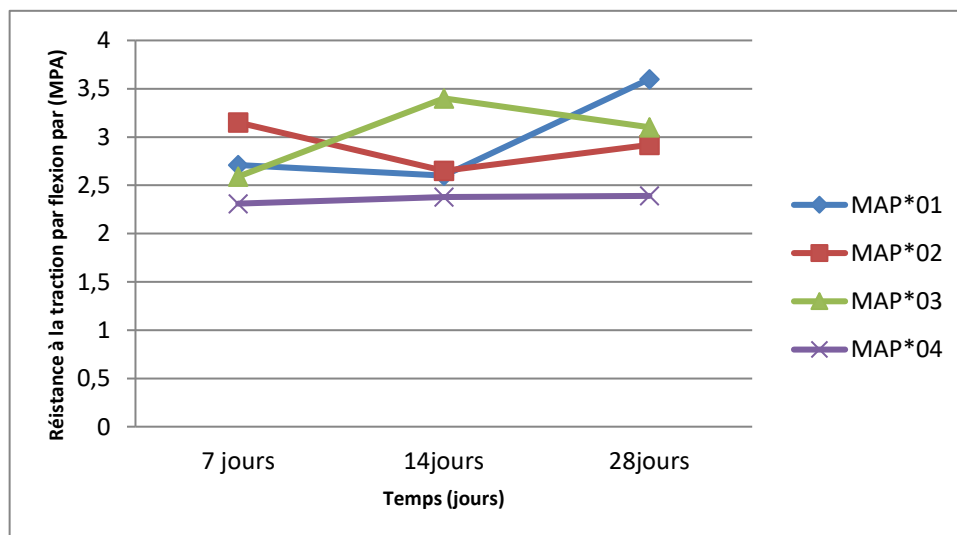


Figure (III.13) : Résistance à la traction par flexion en fonction du temps pour MA*P

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Tableau (III.12): Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiés MAP**.

Nomination	Résistance à la traction par flexion (MPa)		
	7 jours	14 jours	28 jours
MAP**01	3.54	3.1	3.05
MAP**02	3.39	3.05	3.1
MAP**03	2.94	3.06	3.02
MAP**04	3.12	3.29	3.31

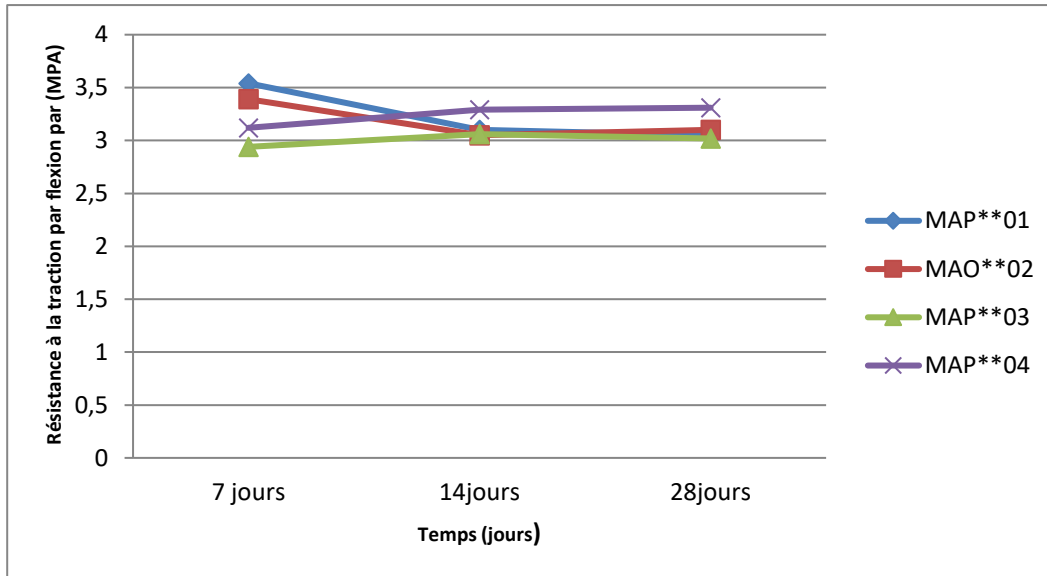


Figure (III.14) : Résistance à la traction par flexion en fonction du temps pour MAP**.

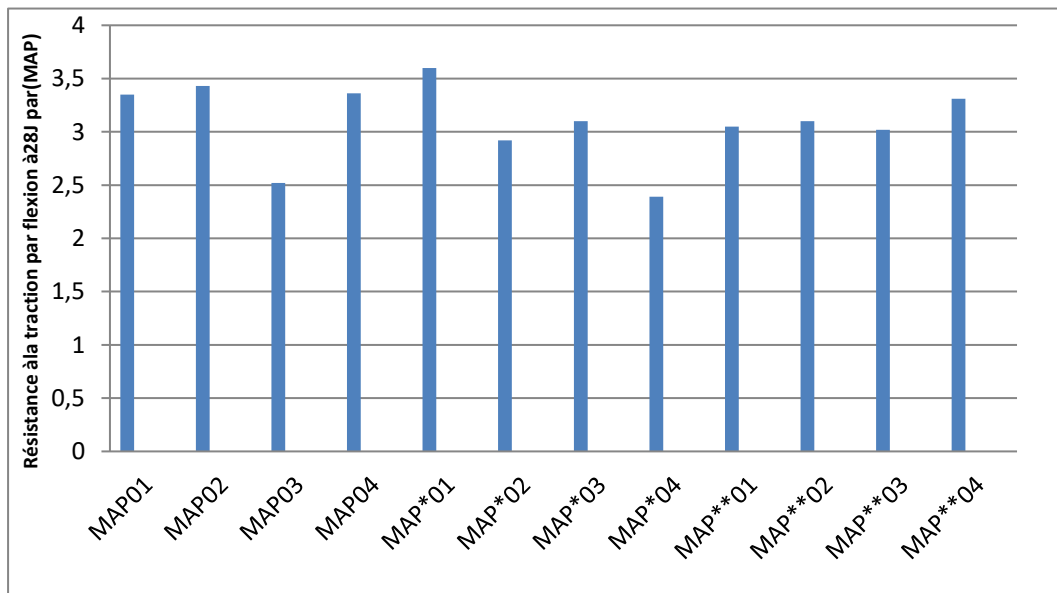


Figure (III.15) : Evolution de la résistance à la traction par flexion du mortier auto-plaçant pour différents compositions à 28 jours.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

III.5 Résistance à la compression:

Tableau (III.13) : Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges MAP.

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)		
	7jours	14jours	28jours
MAP01	28.7	30.8	32.65
MAP02	15.34	19.29	23.62
MAP03	9.9	15.84	17.12
MAP04	14.99	16.22	19.88

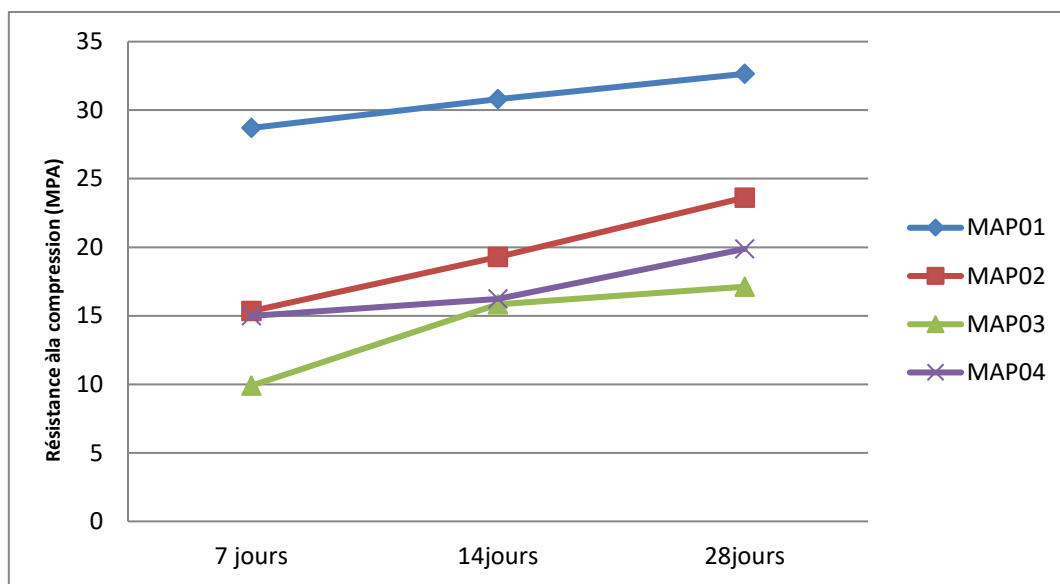


Figure (III.16) : Résistance à la Compression à fonction de temps pour (MAP).

Tableau (III.14) : Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges MAP*.

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)		
	7jours	14jours	28jours
MAP*01	20.27	26.9	27.2
MAP*02	20.41	29.08	29.4
MAP*03	22.91	25.43	26.3
MAP*04	17.42	20.40	21.7

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

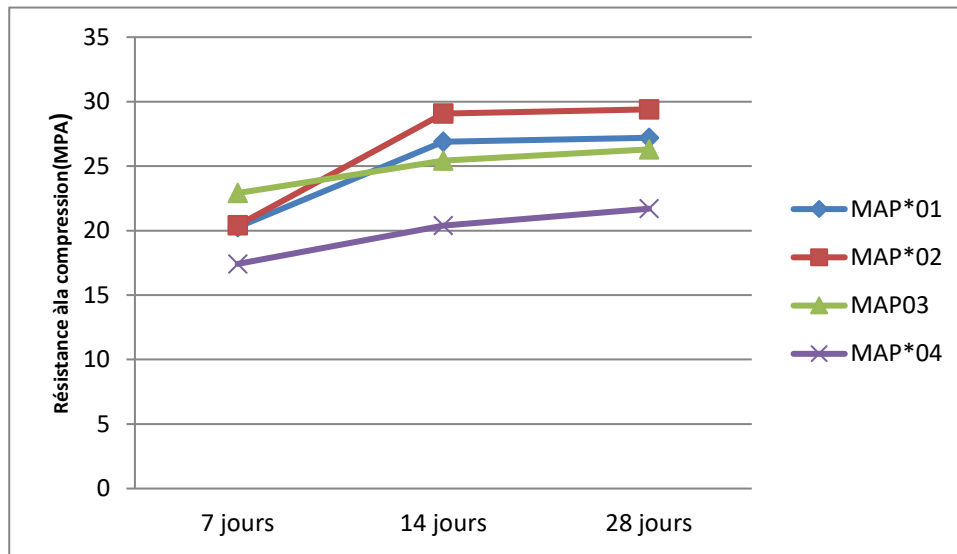


Figure (III.17) : Résistance à la Compression à fonction de temps pour MAP*.

Tableau (III.15) : Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges MAP**.

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)		
	7jours	14jours	28jours
MAP**01	14.34	16.67	22.65
MAP**02	10.74	16.75	21.51
MAP**03	9.8	15.13	20.23
MAP**04	10.67	13.42	21.3

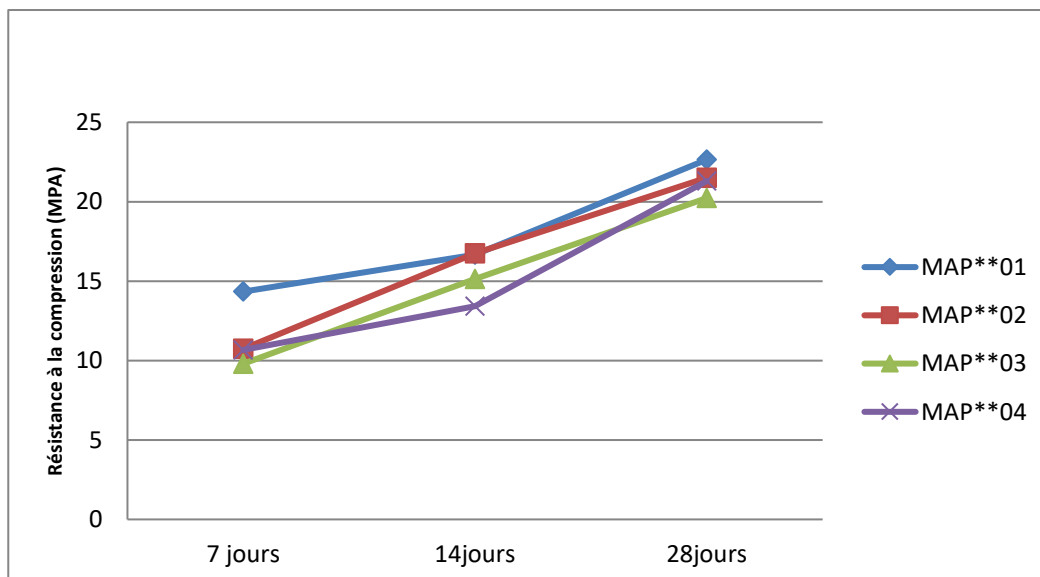


Figure (III.18) : Résistance à la Compression à fonction de temps pour MAP**.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

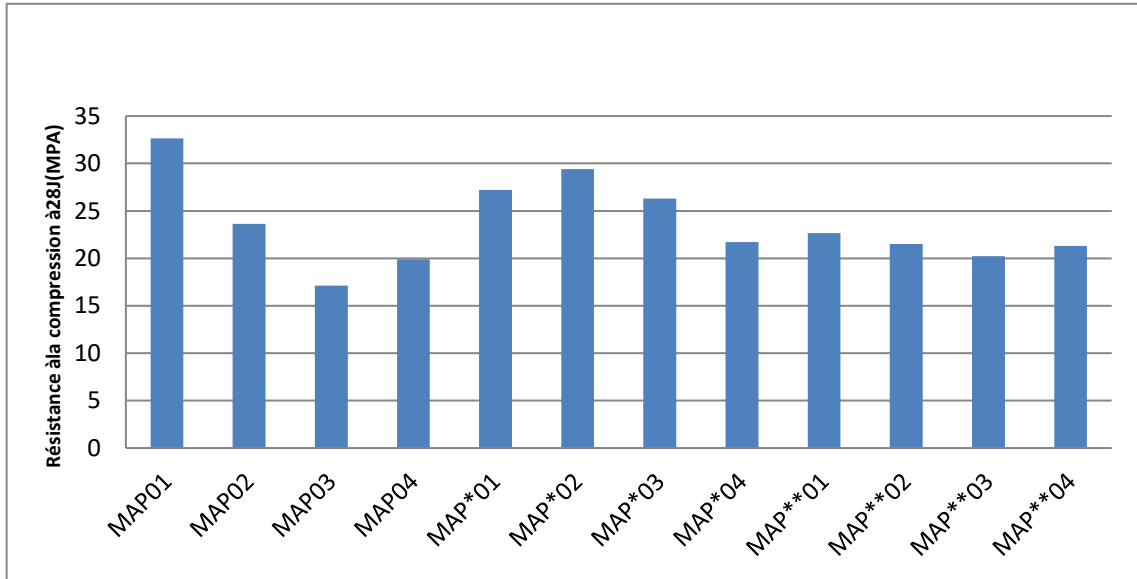


Figure (III.19): Evolution de la résistance à la compression du mortier auto-plaçant pour différents compositions à 28 jours.

III.6 Influence l'étalement relatif RP sur la Résistance mécanique.

Tableau (III.16): Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP.

Nomination	Résistance à la traction par flexion (MPa)	l'étalement relatif RP (mm ²)
MAP01	3.35	1.25
MAP02	3.43	5.89
MAP03	2.52	5.76
MAP04	3.36	5.63

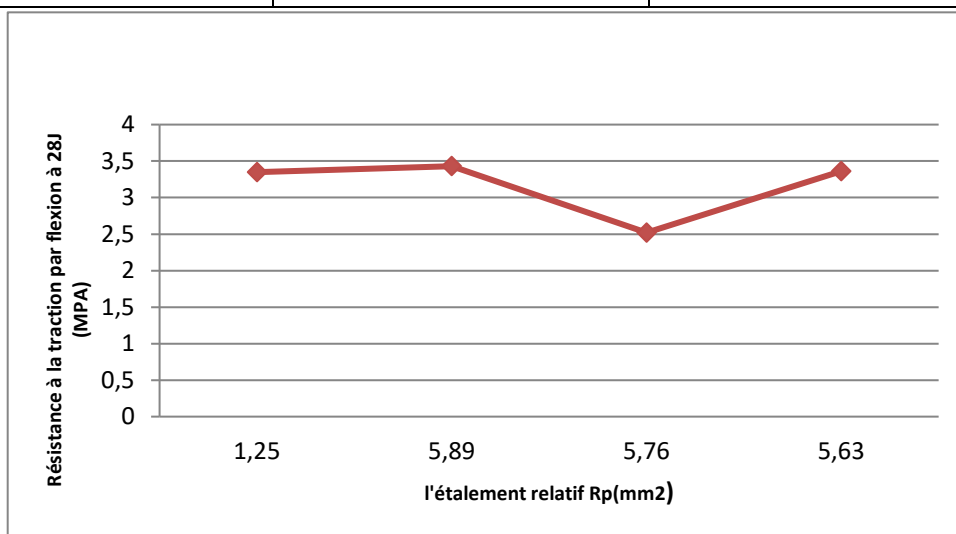


Figure (III.20) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp pour MAP.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Tableau (III.17):Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP**.

Nomination	Résistanceàlatraction parflexion(MPa)	l'étalementrelatif RP (mm ²)
MAP**01	3.05	2.64
MAP**02	3.1	5.76
MAP**03	3.02	6.7
MAP**04	3.31	7.12

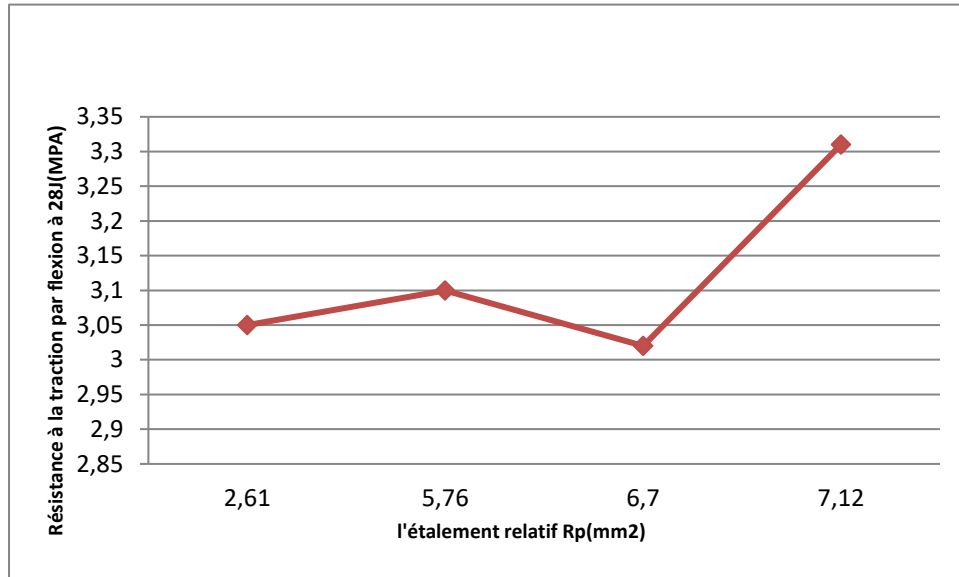


Figure (III.21) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp pour MAP**.

Tableau (III.18):Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP.

Nomination	Résistanceàla Compression(MPa)	l'étalementrelatif RP (mm ²)
MAP01	32.65	1.25
MAP02	23.62	5.89
MAP03	17.12	5.76
MAP04	19.88	5.63

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

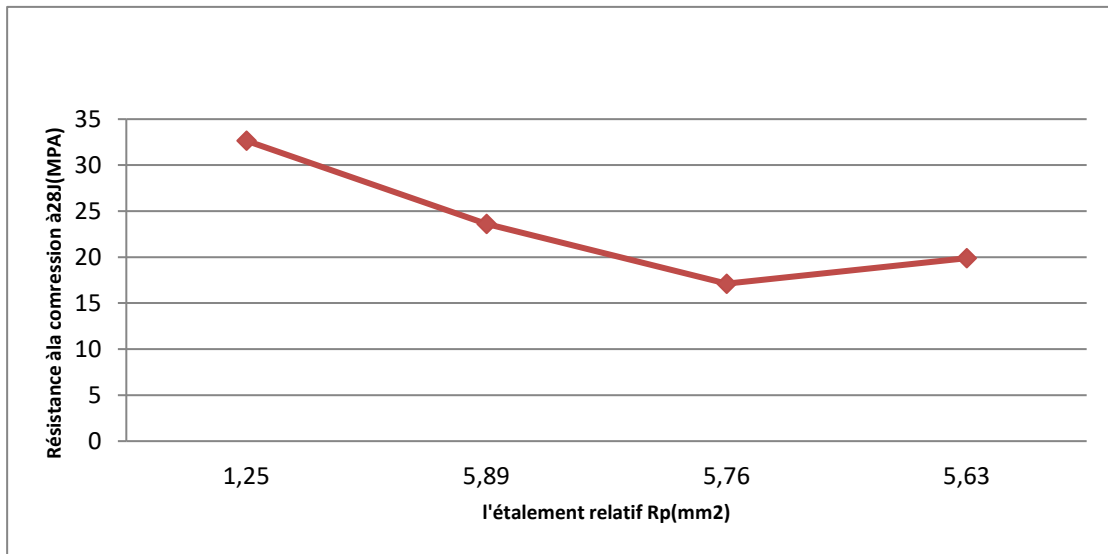


Figure (III.22) : Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp pour MAP.

Tableau (III.19): Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp MAP**.

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)	l'étalement relatif RP (mm ²)
MAP**01	22.65	2.61
MAP**02	21.51	5.76
MAP**03	20.23	6.7
MAP**04	21.3	7.12

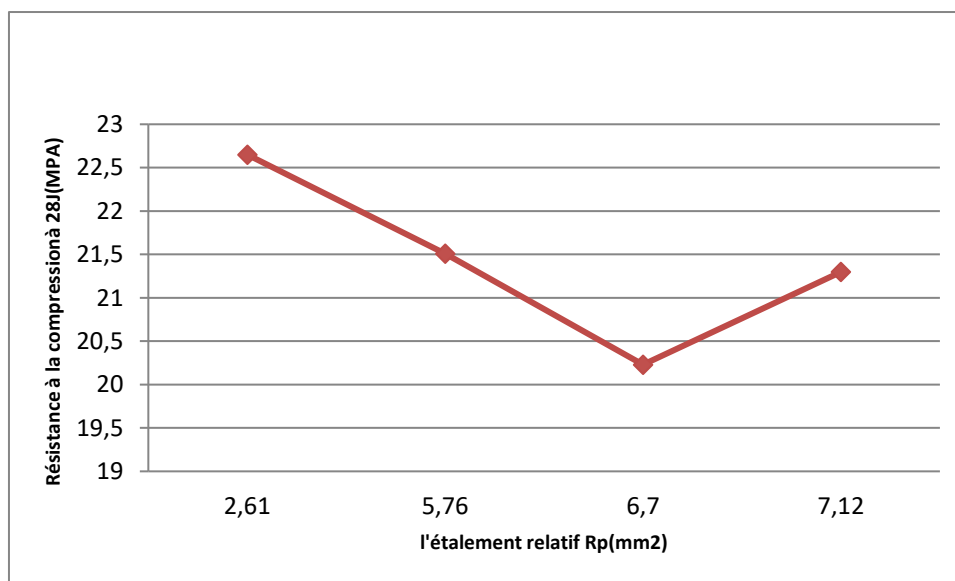


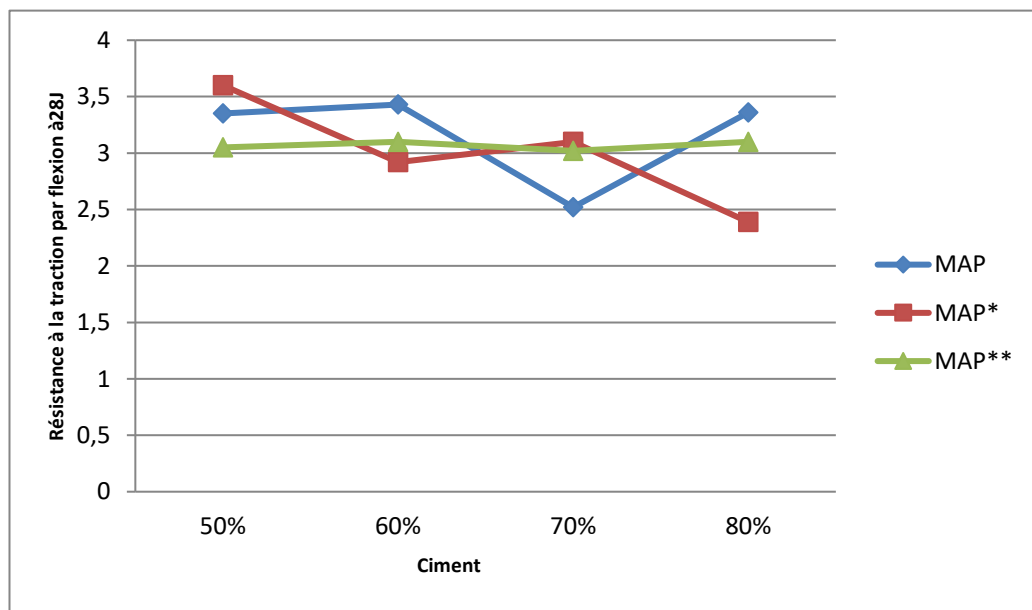
Figure (III.23) : Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif Rp pour MAP**.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.

III.7 Influence du pourcentage de ciment sur la résistance mécanique :

Tableau(III.20) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de Ciment .

Ciment (%)	Résistanceàlatractionparflexionà28J		
	MPA	MPA*	MPA**
50 (%)	2.69	2.80	2.03
60(%)	4.72	2.60	2.00
70 (%)	3.32	2.25	2.38
80(%)	3.72	3.98	2.55

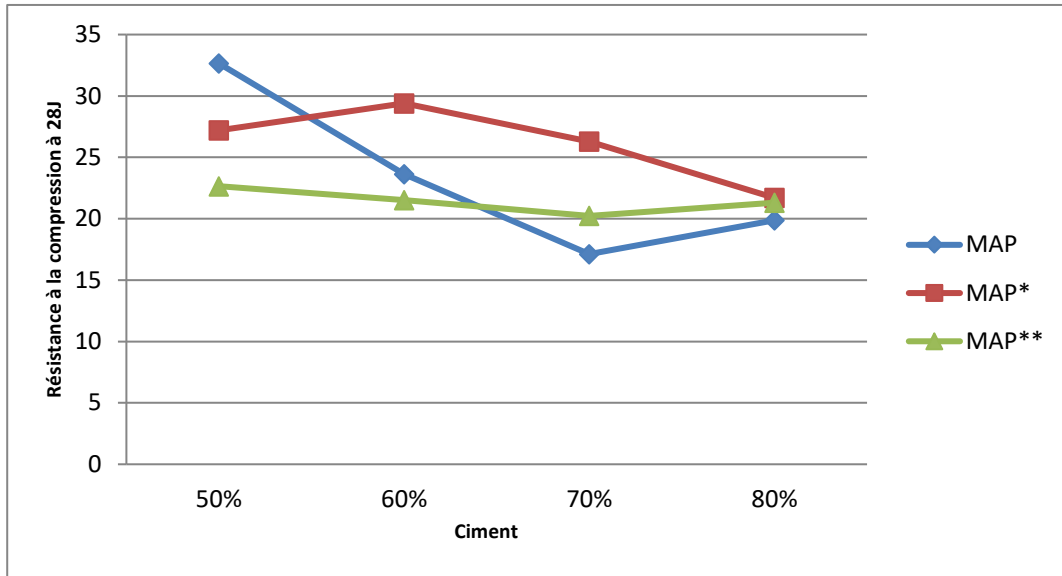


Figure(III.24) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de Ciment (%).

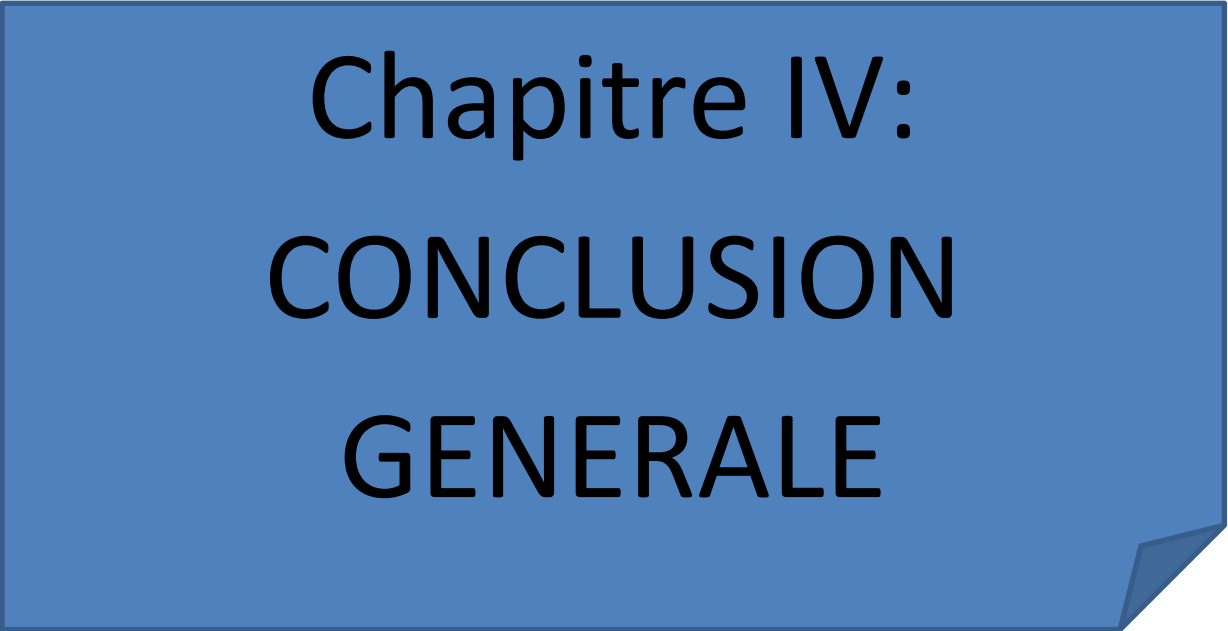
Tableau (III.21) : Résistance à la compression à 28J en fonction du pourcentage de Ciment.

Ciment (%)	Résistance à la Compression à28J		
	MPA	MPA*	MPA**
50 (%)	32.65	27.2	22.65
60(%)	23.62	29.4	21.51
70 (%)	17.12	26.3	20.23
80(%)	19.88	21.7	21.3

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.



Figure(III.25) : Evolution de la résistance à la compression du mortier auto-plaçant pour différents compositions à 28 jours en fonction du pourcentage de Ciment (%).



**Chapitre IV:
CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSIONS GENERALES

L'objectif de cette étude est de démontrer l'influence de la combinaison de fumée de silice et du sable fin de Boussaâda sur l'ouvrabilité et les paramètres rhéologiques des mortiers auto-plaçants. Au terme de cette étude, Nous exposons les conclusions suivantes:

L'évolution de la résistance à la traction à 28 jours montre que le mélange de mortier auto-plaçant (MAP*01) contenant (50% de ciment, 50% de sable fin de Boussaâda, 8% de fumée de silice (F.S), 0% de filler et 1,5% d'adjuvant (SP), avec un rapport E/C de 0,6), présente la meilleure valeur de résistance à la traction.

L'évolution de la résistance à la compression à 28 jours montre que le mélange de mortier auto-plaçant(MAP01) contenant (50% de ciment, 50% de sable fin de Boussaâda, 8% de fumée de silice (F.S), 0% de filler et 0% d'adjuvant (SP), avec un rapport E/C de 0,6), présente la meilleure valeur de résistance à la compression .

Il est également observé que le mélange (MAP01) présente un problème de ressuage.

Lorsque 30% du sable est remplacé par du filler, on obtient un bon étalement au mini cône.

La combinaison MAP**04 (80% ciment ,20% sable fin de boussaàda, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6), présente le meilleur étalement au mini cône.

En substituant 30% du sable fin par des filler, on constate une amélioration significative du temps d'écoulement au mini V Funnel. Cette substitution conduit à un meilleur étalement du matériau lorsqu'il est versé dans l'entonnoir.

Parmi les différentes combinaisons étudiées, le mélange MAP**04, composé de(80% ciment ,20% sable fin de boussaàda, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler, 0% Adjuvant (SP), E/C=0.6), présente le meilleur temps d'écoulement au mini V Funnel. Ce la indique une bonne fluidité et une capacité de remplissage élevée du mélange, ce qui est bénéfique pour son utilisation en tant que mortier auto-plaçant.

En contrôlant le ressuage, on assure la capacité du mélange à maintenir sa cohésion et sa fluidité sans séparation excessive de l'eau du mortier après sa mise en place. Cela permet d'éviter les défauts tels que les fissures, les creux , ce qui est essentiel pour obtenir une

Chapitre IV: CONCLUSION GENERALE

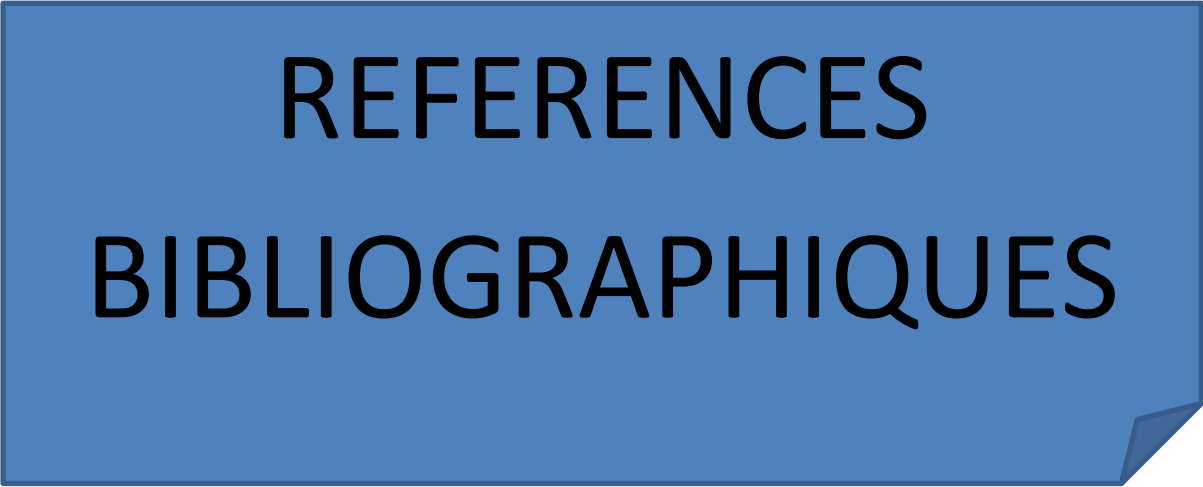
finition de qualité dans les applications nécessitant un nivellement précis.

Parmi les différentes combinaisons étudiées, le mélange MAP** se distingue par son faible ressuage lorsqu'on remplace 30% du sable par des filler, est réduit de manière significative le ressuage dans ce mélange spécifique.

En résumé, pour produire un mortier auto-plaçant auto-nivelant de haute qualité, il est essentiel d'atteindre les objectifs suivants : un étalement adéquat, un ressuage extrêmement limité et une résistance satisfaisante, Ces caractéristiques permettent d'obtenir une mise en place facile, une surface lisse. Un équilibre entre ces paramètres est essentiel pour garantir la réussite des applications nécessitant un nivellement précis, tels que les revêtements de sols.

Cette étude nous a permis d'acquérir plusieurs connaissances et compétences essentielles :

- Maîtriser l'utilisation des équipements de recherche scientifique : Nous avons appris à manipuler et à utiliser de manière appropriée les équipements nécessaires pour mener des expériences et des tests sur les mortiers auto-plaçants, tels que l'essai de V-Funnel et l'évaluation de l'étalement au Mini Cône.
- Évaluation de la fluidité du mortier auto-plaçant : Grâce aux essais réalisés, nous avons développé la capacité d'évaluer la fluidité d'un mortier auto-plaçant. Nous avons appris à interpréter les résultats obtenus à partir des essais de V-Funnel et d'étalement au Mini Cône, ce qui nous permet de mesurer la capacité du mortier à s'étaler facilement et à se mettre en place sans besoin de compactage manuel.
- Formulation d'un mortier auto-nivelant à faible ressuage : Grâce à nos recherches, nous avons acquis des connaissances sur les techniques et les matériaux qui favorisent la réduction du ressuage dans les mortiers auto-nivelant. Nous sommes capables de formuler des mélanges spécifiques qui limitent la séparation de l'eau et améliorent la stabilité du mortier après sa mise en place.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]-**James T, Malachi A, Gadzama EW and Anametemfiok V** 2011 Effect of curing methods on the compressive strength of concrete. Nigerian J. Tech. 30(3) 14-20.
- [2] **Mohamed JM** 2013 Effect of curing method and insoluble residue in cement on the compressive strength of portland cement mortar. Al-Qadisiya J. Eng. Sci. 6(1) 74-80.
- [3] **Miguel JO, Bettencourt R and Fernando GB** 2015 Curing effect in the shrinkage of a lower strength self-compacting concrete. Constr. Build. Mater. 93 1206–15.
- [4] **Sri RCM, Swamynaga RGP, Rathish KP, Rajesh KG and Raveena C** 2016 Effect of self-curing chemicals in self-compacting mortars. Constr. Build. Mater. 107 356–64.
- [5] Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton. Edition centre de recherche routière. Edité par le Centre de recherches routières. Bruxelles. 2005. Disponible
Sur: <http://www.brrc.be/publications/r/r7505.pdf>.
- [6] Cimbéton. Les bétons: formulation, fabrication et mise en oeuvre, tome II. Paris, éditeur: cimbéton. octobre 2006. disponibles sur : www.infociments.fr/telecharger/CT-G11.pdf.
- [7]-**BENFETTACHA Mohamed Abdou**: de COMPACITÉ DES BÉTONS AUTOPLAÇANTS AUX DIFFÉRENTS TYPES DES ABLESSoutenu le: 04/06/2016
- [8]-**J. Baronet J.P. Olivier** "les bétons: bases et données pour leur formulations" Edition Eyrolles-Paris-1999.
- [9]-**M. Venuat** – La pratique des ciments, mortiers et bétons – Tome 1 : « Caractéristiques des liants et des bétons, mise en oeuvre des coulis et mortiers » - édition 2 – Collection Moniteur.– 277p-1989.
- [10]-**J. Baron, J.P. Olivier et J.C. Weiss**, « Les bétons, bases et données pour leur formulation », Edition Eyrolles, Troisième tirage, 1999, P 3-12.
- [11]-**Belhocin aida, Nagoudi nadjia** .étude expérimentale d'un mortier avec les ajouts minéraux, mémoire de master en génie civil, université Kasdi Merbah, Ouargla. 2014.
- [12]-**R. DUPAIN, R. LANCHON, J-C. SAINT ARROMAN** « Granulat, sols, ciment et béton » Edition CASTEILLA-PARIS-2004.
- [13]- **P. Billberg**. Fine mortar rheology in mix design of scc. In Proceedings of the First International RILEM Symposium of Self-Compacting Concrete. RILEM, 1999.
- [14]-**Gibbs J.C and ZHU W.**, "Strength of hardened self-compacting concrete", Proceedings of First International RILEM Symposium on Self-Compacting (PRO7), Stockholm, Suède, pp. 199-209, 13-15 septembre (1999).
- [15]- **Kara-Ali R.**, influence des additions minérales sur le besoin en eau et les résistances mécaniques des mélanges cimentaires, Thèse de doctorat de l'université de Cergy-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pontoise,2002.

[16]- **Legrand C.**, «Contribution à l'étude de la rhéologie du béton frais», Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, 1971.

[17]- **Michel, 2007.** «Influence of physic-chemical characteristics of limestone fillers on fresh and hardened mortar performances», Proceedings of the International RILEM Symposium on SCC, p205-210, 3-5 September 2007, Ghent, Belgium.

[18]- **Filltech**, Rapport final FILLTECH, « Technologie des bétons liée à l'utilisation de fillers calcaires »: valorisation de ceux-ci par une utilisation dans les bétons, 2007

[19]- **Topçu**, «Effect of the use of mineral filler on the properties of concrete», Cement and Concrete Research 33, p1071-1075, 2003.

[20]- **Felekoglu B**, « utilisation of high volumes of limestone quarry wastes in concrete industry (self-compacting concrete case) », Resources, conservation and recycling, 1-22.2007

[21]- **Lawrence.P** « sur l'activité des cendres volantes et des additions minérales chimiquement inertes dans les matériaux cimentaires », Thèse de doctorat de l'université Paul Sabatier, Toulouse III, 2000.

[22]- **BOUALI Khaled** « Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires », mémoire de magister (spécialité: Génie des Matériaux) Option Physique et Mécanique des Matériaux UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES 2013/2014.

[23] **Mr. GUELLIL Mustapha Khadir** FORMULATION DES BETONS AUTOPLAÇANTS PAR LA METHODE DE LA PATE EN EXCES et soutenu le 2012

[24]- **ASSOCIATION FRANÇAISE DE GÉNIE CIVIL AFGC 2008**: Groupe de Travail-

Recommandations pour l'emploi des bétons auto-plaçants. Documents scientifiques et techniques. 2^e édition. Janvier 2008.

[25] **M. YURUGI, N. SAKATA, M. IWAI & G. SAKAI** 1993: Mix proportion for highly workable concrete. Conference Concrete 2000. Dundee. 7-9 September 1993.

[26]- **S. TANG, T. SIRIKUL, J. SAKAMOTO, T. SHINDOH & Y. H. MATSUOKA**

1991 : Evaluation of resistance to segregation of super workable concrete and role of a new type of viscosity agent. Taisei Technical Research Report. N° 24, pp 369-376. December 1991.

[27]- **F. DELARRARD, F. BOSCH, C. CATHERINE & F. DEFLORENNE** 1996: La

nouvelle méthode de coulis de l'AFREM pour la formulation des bétons à hautes performances. Bulletin

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

tindeliasondesLaboratoiresdesPontsetChaussées.N°202,pp61-69.Mars-Avril1996

[28]-Sedran T. (1999), « Rhéologie et rhéométrie des bétons : Application à la formulation des bétons autonivelants », Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France, Mars.

[29]-S.KUROIWA, Y.MATSUOKA, M.HAYAKAWA & T.SHINDOH 1993:

Application of super workable concrete to construction of a 20-story building. American Concrete Institute SP140 (High Performance Concrete in Severe Environments). Detroit, Michigan. pp147-161. 1993.

[30]-T.SHINDOH, Y.MATSUOKA, S.TANGTERMSIRIKUL & J.SAKAMOTO

1992: Effect of variation of material quality on properties of super workable concrete. Transactions of Japan Concrete Institute. V14, pp 71-78. 1992.

[31]- Okamura H. and Ouchi. M., “Self-compacting concrete, development, present use and future”, In Proceedings of the First International RILEM Symposium of Self-Compacting Concrete; RILEM, 1999.

[32]- Okamura H., Ozawa K., and Ouchi M., “Self-compacting concrete.” Structural Concrete, (1):3_17, March 2000.

[33]-Okamura H. and Ouchi M., “Self-Compacting Concrete”, Journal of Advanced Concrete Technology Vol. 1, No. 1, 5-15, April (2003).

[34] Khayat, K.H., Assaad, J., Daczko J., (2004). “Comparison of Field-oriented Test Methods to Assess Dynamic Stability of Self-Consolidated Concrete”, ACI Materials Journal, V. 101, No. 2, March – April 2004, pp. 168-176.

[35]-Hallal A., Ezziane K., Kadri A., 2011 : Fluidité des coulis de ciments composés avec additions minérales locales en fonction des superplastifiants de granitex, Séminaire International, INNOVATION & VALORISATION EN GENIE CIVIL & MATERIAUX DE CONSTRUCTION, N° : 10-148, UHBB Chlef, Algérie.

[36]-AbdelHamid R'MILI: Étude de formulation et de comportement des Bétons Auto-Plaçants: Incorporation du sable de concassage et du sable du désert 13 janvier 2014.

Annexe A



المجمع الصناعي لإسمنت الجزائر
GRUPE INDUSTRIEL DES CIMENTS D'ALGERIE
 SOCIETE DES CIMENTS DE TEBESSA
 « S.C.T »

N° Identification Fiscale: 099 412 200 315 638 - N° Article d'imposition: 12 200 101 077 - N° Registre de Commerce: 98 B05 82 093 00/12

Enreg : FTC 13-1/PRO 05
 Réf: 019/SceCQ/18
 Mois de Novembre 2018

FICHE TECHNIQUE

CIMENT PORTLAND COMPOSE CEM II/A-M(P-L) 42,5 NA 442/2013

Conformément à la norme NA 442/2013

ANALYSES CHIMIQUES		
Eléments	Garanties NA 442	Teneurs%
SiO ₂ (NA 5042)		21,35
Al ₂ O ₃ (NA 5042)		4,48
Fe ₂ O ₃ (NA5042)		4,70
CaO(NA5042)		63,67
MgO (NA5042)	≤ 5%	1,18
SO ₃ (NA 5042)	≤3,5%	1,95
CL	≤0,10 %	0,002

ESSAIS PHYSIQUES			
		Garanties NA 442	Mesures
P.S (g/Cm ³)(NA231)			3,02
SSB cm ² /g (NA 231)			3895
Temps de Prise (NA 230)	Début	≥1h	2:13
	Fin		3:08
Expansion mm (NA 230)	A. Chaud	≤ 10 mm	1,14
	A.Froid		
Refus %		45μ	13,40

ESSAIS MÉCANIQUES(NA 234)			
Resistances	Échéance en Jours	Garanties NA 442	Mesures
Résistance à la flexion MPA	02 JOURS		3,0
	07 JOURS		4,5
	28 JOURS		7,1
Résistance à la compression Mpa	02 JOURS	≥10	17,8
	07 JOURS		28,4
	28 JOURS	≥40	43,5

NB: Resistance âge de 28 jours est la moyenne de mois d'octobre 2018



Société des Ciments de Tébessa

Filiale du GROUPE INDUSTRIEL DES CIMENTS D'ALGERIE «Groupe GICA»

Siège Social: rue Belkacem Youcef, BP n°83 RP - Tébessa - Algérie

Tél: +213(0)37 59 27 98 Fax: +213(0)37 59 25 84

email: secretariat.dg.sct@gmail.com

www.sct.dz



Annexe B

NOTICE TECHNIQUE

Version 03

Edition février 2017

2

1

1

9

MEDAFLOW 30

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

Super plastifiant-haut réducteur d'eau**Description**

Le **MEDAFLOW 30** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de Polycarboxylates d'Ether qui améliore considérablement les propriétés des bétons.

Le **MEDAFLOW 30** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de super plastifiant, il permet sans modifier la consistance, de réduire fortement la teneur en eau du béton.

Le **MEDAFLOW 30** ne présente pas d'effet de retard de prise.

Domaines D'application

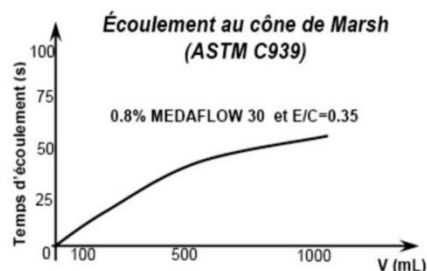
- Les bétons de préfabrication.
- Les bétons prêts à l'emploi.
- Les bétons lourds et légers.
- Les bétons d'ouvrages d'art.
- Les bétons de dallages industriels.
- Les bétons de bâtiment.
- Les bétons précontraints.
- Les bétons pompés.
- Les bétons pour fondations profondes.
- Les bétons pour ouvrages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

Propriétés

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 30** permet :

Sur béton frais :

- Obtention d'un rapport E/C très faible
- Amélioration considérable de la fluidité
- Une très bonne maniabilité
- Éviter la ségrégation
- Faciliter la mise en œuvre du béton

**Sur béton durci :**

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

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

Caractéristique

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

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



Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23

www.granitex.dz - E-mail: granitex@granitex.dz



MEDAFLOW 30

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

Super plastifiant-haut réducteur d'eau

Mode D'emploi

Le **MEDAFLOW 30** ne doit pas être ajouté directement dans l'eau de gâchage, mais après un temps préalable de malaxage et après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait été ajoutée.

Le **MEDAFLOW 30** peut être aussi ajouté directement dans le camion malaxeur (toupie), et après introduction de la dose convenable, le malaxeur devra tourner à grande vitesse pendant 2 à 3 minutes après l'introduction du super plastifiant ;

Il est conseillé d'ajouter le **MEDAFLOW 30** à un béton qui ne soit pas trop ferme

Dosage :

Plage de dosage recommandée :

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

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

Conditionnement Et Stockage

Le **MEDAFLOW 30** est conditionné en bidons de 10Kg, fûts de 210 Kg et 240 Kg, cubique 1100kg.

Délai de conservation :

Une année dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur ($5^{\circ}\text{C} < t < 35^{\circ}\text{C}$).

Lors d'une exposition du produit au soleil, sa couleur est sujette à changer de ton.

Précautions D'emploi

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : www.granitex-dz.com

NB : La couleur des produits à base de Polycarboxylates d'Ether (PCE) lors d'une exposition aux UV, est sujette à changer de ton , mais qui n' a aucune incidence sur les propriétés et les effets de l'adjuvant.

PV d'essais conforme aux normes, établi par le **CNERIB** en **22 AVR 2012**

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



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

