

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



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNIQUES  
FILIERE : Génie Civil  
OPTION : Matériaux

N° : .....

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par: GHERZOULI Abdallah  
RAHALI Lakhdar

Intitulé

**Etude Des Caractéristiques Rhéologique Et  
Mécanique D'un Mortier Auto-Plaçant A Base  
De Fillers Calcaire**

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 : 2018 /2019



# Remerciment



Merci à notre encadreur Zitouni Salim

Qui nous a accompagné dans nos recherches.

Au professeur Nacéri Abd Elghani pour son aide constante.

Au docteur Mekki Maza de nous avoir guidé et orienté.

Merci également

Au professeur Ben Cheikh Mohammed

et à son épouse de nous avoir accueillis tout au long de notre

Recherche au sein du laboratoire.

Aux ingénieurs du laboratoire de la Faculté de technologie

qui nous ont aidé dans notre travail de recherches.

Avec toutes les expressions de gratitude envers tous ceux qui

ont contribué avec nous à la réalisation

de cette modeste recherche.

Merci à tous.





# Dédicace



Ce modeste travail est dédié:

À nos familles

À nos amis

À chaque professeur qui nous a appris les lettres

A tous ceux qui nous connaissent

et ne nous épargnent pas leurs sourires

A tous sans exception

Avec beaucoup d'amour



## Liste des tableaux

## Liste des figures

## Introduction général ..... 1

### CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE MORTIER AUTO- PLAÇANT ET SES COMPOSANTS.

I.1-Introduction.....	3
I.2-Sable .....	4
I.2.1-Définition .....	4
I.2.2-Choix de sable .....	4
I.2.3-Caractéristiques des sables.....	5
I.2.4-Classification des sables.....	5
I.2.5-Types de sable .....	7
I.2.5.1- Sable alluvionnaire.....	7
I.2.5.2- Sable de Dune .....	7
I.2.6-Module de finesse Mf .....	8
I.3-Ciment.....	9
I.3.1- Définition .....	9
I.3.2- Les constituants du Ciment .....	9
I.3.2.1- clinker .....	9
I.3.2.2-Le gypse(Caso4).....	10
I.3.3- L'hydratation de la pâte de ciment.....	11
I.3.4- Classe des ciments .....	12
I.3.5- Désignation des ciments.....	13
I.4-Eau de gachage .....	14
I.5-Les Fillers calcaire .....	14
I.5.1- Propriétés requises du filler calcaire .....	14
I.5.2- l'utilisation Des Fillers Calcaires.....	14
I.5.3-Le rôle des fillers calcaires .....	15
I.5.4- Influence des fillers calcaires sur les propriétés des bétons .....	16
I.5.5- Caractéristiques du Filler Influençant Les Propriétés a l'état frais.....	16
I.5.6- Fillers calcaire et résistance mécanique .....	17
I.6-Les adjuvants.....	18
I.7-Mortiers auto plaçant.....	18

I.7.1-Définition .....	19
I.7.2-Structure des MAP .....	19
I.7.3-Méthodes de formulation.....	20
I.7.3.1- Méthode d'okamura.....	20
I.7.4-Fluidité et déformabilité des MAP .....	22
I.7.5- Essais au cône de March (essai de saturation) .....	22
I.7.6- Essais de l'étalement au mini cône de mortier .....	23
I.7.7-Essais de déformabilité de l'Entonnoir en V (V-funnel) .....	23
I.7.8-Résistance à la compression .....	24
I.8 Conclusion .....	25

## **CHAPITRE II : MATÉRIAUX MATÉRIELS ET ESSAIS**

II.1-Introduction .....	27
II.2-Matériaux utilisés.....	27
II.3-Caractéristiques principales des matériaux utilisés.....	27
II.3.1-Sable .....	27
II.3.1.1-L'analyse granulométrique : [NF P 18-304].....	28
II.3.1.2-Module de finesse : NFP 18- 540.....	28
II.3.1.3-l'équivalent de sable :NF-18-598. ....	29
II.3.1.4-Masse volumique apparente : NFP 18-554. ....	30
II.3.1.5-La Masse spécifique (absolue) du sable : NFP18- 555. ....	31
II.3.2-Le ciment .....	32
II.3.3-Fillers calcaires.....	33
II.3.4-La fumée de silice.....	34
II.3.5-Super-plastifiant.....	35
II.3.6-L'eau de gâchage.....	36
II.4-Porosités des mélanges de sable.....	36
II.4.1-Porosité des mélanges de sables .....	36
II.4.2-Porosité des mélanges de sables avec Filaires Calcaire .....	37
II.5-Formulation de mortier normal (NF –P 15-403).....	38
II.5.1- Composition de mortier auto plaçant pur 1m3. ....	38
II.5.2- Dénomination des différents mélanges. ....	39
II.6-Essais sur mortier auto plaçant frais .....	41
II.6.1-Essai du taux de saturation .....	41

II.6.2-Essai au mini cône d'étalement .....	42
II.6.3-Essai au mini V-Funnel .....	45
II.6.4-Essai au Bac en plexiglas.....	47
II.7-Essais sur mortier auto plaçant Durci.....	48
II.7.1-Mesure de la résistance a la flexion.....	48
II.7.2-Mesure de la résistance a la compression.....	49

### **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.**

III.1 Masse volumique des mélanges de mortier (NF EN 196-1).....	51
III.2-Résistance à la traction par flexion.....	52
III.3- Résistance à la compression .....	55
III.4-Influence du pourcentage de fillers calcaire sur la Résistance mécanique.....	58
III.5-Influence de la Porosité du mélange de sables mixte avec filaires calcaire sur la Résistance mécanique.....	60
III.6-Influence l'étalement relatif RP sur la Résistance mécanique.....	62
III.7-Influence du rapport E/L sur la Résistance mécanique .....	66

### **CHAPITRE VI :CONCLUSION GENERALE.**

IV.1-Conclusion générale.....	69
Référence et bibliographes.....	

## Liste Des Tableaux

N° du tableau	Intitulé	N° de Page
Tableau (I-1)	Classification de sables en fonction de sa composition (teneurs en % massique).	6
Le Tableau (I-2)	Composition chimique et minéralogique du clinker. [10]	10
Le Tableau (I-3)	Désignation des ciments.	13
Tableau (II-1)	L'analyse granulométrique des sables.	28
Tableau (II-2)	Classement de sable.	29
Tableau (II-3)	La classification de la nature sable en fonction d'équivalent de sable (E.S).	30
Tableau (II-4)	Résultats obtenus pour l'équivalent de sable de dune.	30
Tableau (II-5)	Résultats obtenus pour l'équivalent de sable alluvionnaire.	30
Tableau (II-6)	Masse volumique apparente du sable de dune.	31
Tableau (II-7)	Masse volumique apparente du sable alluvionnaire.	31
Tableau (II-8)	Masse volumique apparente du sable mixte.	31
Tableau (II-9)	Masse volumique absolue du sable de dune.	32
Tableau (II-10)	Masse volumique absolue du sable alluvionnaire.	32
Tableau (II-11)	Masse volumique absolue du sable mixte.	32
Tableau (II-12)	Analyse chimique du ciment Matine.	33
Tableau (II-13)	Caractéristique physico-mécanique du ciment Matine.	33
Tableau (II-14)	Analyse chimique de fillers calcaires.	34
Tableau (II-15)	Analyse minéralogique du calcaire.	34
Tableau (II-16)	Propriétés physiques du calcaire.	34
Tableau (II-17)	Caractéristiques chimiques de la fumée de silice.	35
Tableau (II-18)	Caractéristiques physiques de la fumée de silice.	35
Tableau (II-19)	Caractéristiques physico-chimiques du super plastifiant (SP 40).	36
Tableau (II-20)	Analyse chimique de l'eau de gâchage.	36
Tableau (II-21)	Porosité des mélanges de sables	36
Tableau (II-22)	la Porosité des mélanges de sables avec Filaires Calcaire.	37
Tableau (II-23)	Composition de mortier auto-plaçant pour $1m^3$ .	39
Tableau (II-24)	Composition de mortier auto-plaçant pour $E/L=0.82$ .	39
Tableau (II-25)	Composition de mortier auto-plaçant pour $E/L=0.7$ .	40
Tableau (II-26)	Composition de mortier auto-plaçant pour $E/L=0.78$ .	41
Tableau (II-27)	Essais du Taux de saturation.	41
Tableau (II-28)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP.	43
Tableau (II-29)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP*.	44
Tableau (II-30)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP**.	44
Tableau (II-31)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour $E/L=0.82$ .	45
Tableau (II-32)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour $E/L=0.7$ .	46
Tableau (II-33)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour $E/L=0,78$ .	46

Tableau (III-1)	Masse volumique des mélanges de mortier pour E/L = 0.82.	51
Tableau (III-2)	Masse volumique des mélanges de mortier pour E/L = 0.7.	51
Tableau (III-3)	Masse volumique des mélanges de mortier pour E/L = 0.78.	51
Tableau (III-4)	Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiés(MAP).	52
Tableau (III-5)	Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiés (MAP*).	53
Tableau (III-6)	Evolution de la résistance à la traction par flexion des mortiers étudiés (MAP**).	53
Tableau (III-7)	Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges (E/L=0.82).	54
Tableau (III-8)	résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges (E/L=0.7).	55
Tableau (III-9)	Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges (E/L=0.78).	55
Tableau (III-10)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.	58
Tableau (III-11)	Résistance à la Compression à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.	59
Tableau (III-12)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de la Porosité du mélange de sables mixte avec filaires calcaire.	60
Tableau (III-13)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de la Porosité de sables mixte avec filaires calcaire.	61
Tableau (III-14)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP).	62
Tableau (III-15)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP*).	62
Tableau (III-16)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP**).	63
Tableau (III-17)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP).	64
Tableau (III-18)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP*).	64
Tableau (III-19)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP**).	65
Tableau (III-20)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de rapport E/L.	66
Tableau (III-21)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de rapport E/L.	67

## Liste Des Figures

<b>N° de la Figure</b>	<b>Intitulé</b>	<b>N° de Page</b>
Figure (I-1)	courbe granulométrique des différents cas. [8]	8
Figure (I-2)	Poudre de ciment courant.	9
Figure (I-3)	Différentes classes de résistance des ciments [Jef 05].	12
Figure (I-4)	Illustration de l'effet filler.	15
Figure (I-5)	demande en eau d'un filler en fonction de sa surface spécifique BET. [17]	17
Figure (I-6)	Constituants des mortiers. [1]	19
Figure (I-7)	Étalement au Mini cône de mortier auto placent.	21
Figure (I-8)	Essais au Cône de March (Essai de saturation).	23
Figure (I-9)	Dimensions de Mini cône à mortier.	23
Figure (I-10)	Dimensions de l'Entonnoir en V (V-Funnel)	24
Figure (I-11)	Déroulement de l'essai d'entonnoir en v.	24
Figure (II-1)	Sable de dune.	27
Figure (II-2)	Sable alluvionnaire.	27
Figure (II-3)	Courbe d'analyse granulométrique des sables.	28
Figure (II-4)	Principe de l'équivalent de sable.	29
Figure (II-5)	Essai équivalent de sable exécuté au laboratoire.	29
Figure (II-6)	Fillers calcaires.	33
Figure (II-7)	Diffractogramme aux rayons X des fillers calcaires Ben fattacha .M.2016.	34
Figure (II-8)	Poudre de la fumée de silice.	35
Figure (II-9)	Super-plastifiant.	35
Figure (II-10)	la Porosité en fonction du pourcentage de sable de dune.	37
Figure (II-11)	la porosité en fonction de (%) fillers de calcaire.	38
Figure (II-12)	Essais du Taux de saturation.	41
Figure (II-13)	Taux de saturation en super plastifiant.	42
Figure (II-14)	Les étapes d'essai au mini cône d'étalement.	42
Figure (II-15)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP.	43
Figure (II-16)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP*.	44
Figure (II-17)	L'étalement relatif au mini cône pour les MAP**.	45
Figure (II-18)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0.82.	45
Figure (II-19)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0,7.	46
Figure (II-20)	Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0.82.	47
Figure (II-21)	Photos montrant la planéité de la surface libre des différents mélanges	47

Figure (II-22)	Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.	48
Figure (II-23)	L'appareil de résistance à la flexion par traction.	48
Figure (II-24)	Dispositif pour l'essai de résistance à la compression.	49
Figure (II-25)	L'appareil de compression.	49
Figure (III-1)	Masse volumique des mélanges de mortier pour $E/L = 0.82, 0.7$ et $0.78$ .	52
Figure (III-2)	Résistance à la traction par flexion en fonction du temps (pour $E/L = 0.82$ .)	52
Figure (III-3)	Résistance à la traction par flexion en fonction du temps (pour $E/L = 0.7$ .)	53
Figure (III-4)	Résistance à la traction par flexion en fonction de temps pour ( $E/L = 0.78$ ).	54
Figure (III-5)	Evolution de la résistance à la traction par flexion du mortier auto-plaçant pour différents valeurs d' $E/L$ .	54
Figure (III-6)	Résistance à la Compression en fonction de temps pour $E/L = 0.82$ .	55
Figure (III-7)	Résistance à la Compression à fonction de temps pour $E/L = 0.7$ .	56
Figure (III-8)	Résistance à la Compression en fonction de temps pour $E/L = 0.78$ .	57
Figure (III-9)	Evolution de la résistance à la compression des différents mortiers en fonction d' $E/L$ et en fonction du pourcentage de fillers calcaire.	57
Figure (III-10)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.	58
Figure (III-11)	Résistance à la Compression à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.	59
Figure (III-12)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de la Porosité de sables mixte avec filaires calcaire.	60
Figure (III-13)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de la Porosité de sables mixte avec filaires calcaire.	61
Figure (III-14)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP).	62
Figure (III-15)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP*).	63
Figure (III-16)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP**).	63
Figure (III-17)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ .	64
Figure (III-18)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP*).	65
Figure (III-19)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif $R_p$ (MAP**).	65
Figure (III-20)	Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de rapport $E/L$ .	66
Figure (III-21)	Résistance à la Compression à 28J en fonction de rapport $E/L$ .	67

## Résumé :

L'utilisation des matériaux de construction pour mortiers et bétons, tels que : les ciments, les sables, les fillers, et autres doivent respecter trois axes principaux à savoir l'aspect économique, l'aspect environnemental et l'aspect technologique afin d'obtenir un produit innovant.

Cette étude expérimentale est une contribution à l'amélioration du comportement rhéologique et mécanique d'un mortier auto-plaçant utilisé généralement dans les travaux de finition des plateformes, d'hangars industriels et la pose de carreaux de dalle de sol et de carrelage.

L'utilisation des fillers calcaire avec des pourcentages en poids 0,10,15,20,30,40 % en substitution du ciment, contribue à réduire le coût de revient de ces mortiers, réduire le dégagement de CO<sub>2</sub> lors de la fabrication du ciment, et améliorer la rhéologie de ces mortiers par la présence de ces particules fines de calcaire.

Douze (12) mélanges de mortiers ont été préparés avec un faible pourcentage de super plastifiant SP (1,5%).

Des essais sur mortier frais ont été élaborés afin d'étudier la rhéologie de ces mortier, des essais au cône d'étalement, au V- funnel et au bac en plexiglas ont été concluants.

Les résultats des essais expérimentaux réalisés au laboratoire de génie civil concernent l'analyse du comportement mécanique (traction-flexion et compression) des mortiers préparés à l'état durci sont acceptables du point de vue côté résistance mécanique.

## **Abstract:**

The use of construction materials for mortars, such as cements, sands, coatings and others, must respect three main axes, namely the economic aspect, the environmental aspect and the technology for dosing these materials. to obtain an innovative product. This experimental study contributes to the improvement of the rheological and mechanical behavior of a self-compacting mortar, used in the finishing work of industrial storage platforms and the laying of floor slabs. The use of calcareous fillers with percentages by weight of 0.10, 15.20, 30 and 40% in substitution for the cement contributes to reducing the cost price of these mortars, to reducing the CO<sub>2</sub> emissions during the manufacture of the cement and to improve the rheology of these mortars by the presence of these fine particles of limestone and by the optimization of the porosity of the granular skeleton. 12 mortar mixtures were prepared with a small percentage of super plasticizer (1,5%). Fresh mortar tests have been developed to study the rheology of these mortars. The spreading cone, the V funnel and the Plexiglas tank tests were conclusive. Compression and tensile tests on hardened mortars were conclusive.

Key words: optimization, porosity, self-placing mortar, limestone filler, rheology.

## ملخص:


إن مواد البناء التي تدخل في تكوين المونة والخرسانة مثل الإسمنت، الرمل، أو الحبيبات الدقيقة المألثة للفراغات، يجب أن تحترم ثلاثة محاور هي المحور التكنولوجي والمحور البيئي والمحور الاقتصادي للحصول على مواد مبتكرة ذات جودة عالية محترمة للبيئة واقتصادية.

هذه الدراسة التجريبية هي إضافة نوعية لتحسين التصرف الريولوجي و الميكانيكي لمونة أو ملاط ذاتي التوضع و التشكل, هذا الملاط المستعمل في أعمال التلبس لجدران البناءات و أرضيات المصانع و كذا وضع البلاط في الأرضيات.

إن استعمال الحبيبات الدقيقة المألثة للفراغات بنسب مئوية % 0,10,15,20,30,40 كتعويض لكتلة الإسمنت المستعمل في تركيبة الملاط يسمح بالتقليل من كلفة هذا الملاط, التقليل من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث من مصانع الإسمنت و يحسن الخصائص الريولوجية لهذا الملاط.

12 خليط تم تحضيرهم لهذه الدراسة، أجريت عليهم جميع التجارب في الحالة الرخوة والحالة الصلبة وذلك في مخبر الهندسة المدنية.

كلمات مفتاحية: الحبيبات المألثة للفراغات، المونة، ملاط ذاتي التوضع و الشكل، الريولوجي .



**INTRODUCTION  
GENERAL**

# INTRODUCTION GENERAL

---

## INTRODUCTION GENERAL

Les mortiers auto-plaçant «MAP» se caractérisent par une grande fluidité et une grande capacité de remplissage tout en étant stables et garantissent aussi de bonnes performances mécaniques et de durabilité.

En effet, les recherches menées, au cours des dernières années, montrent que les MAP sont formulés différemment des bétons ordinaires : ils contiennent plus d'éléments fins qui doivent comporter au moins une addition minérale, un dosage élevé en super-plastifiant et assez souvent un agent colloïdal.

Le présent travail consiste à étudier l'effet de l'incorporation de filler de calcaire sur les propriétés rhéologiques vis-à-vis de l'étalement (fluidité) et mécaniques (la résistance à la ségrégation : stabilité) du mortier auto-plaçant et la résistance à la compression et flexion.

### **Objectifs:**

L'objectif de notre travail de recherche consiste à étudier les parties suivantes :

- Améliorer la rhéologie du mortier auto-plaçant en faisant varier le rapport E/L par l'utilisation d'un adjuvant : fumée de silice et super-plastifiant SP (1,5%).
- Substitution du ciment par des fillers calcaires (0, 10, 15, 20,30, 40%) afin de réduire le coût de revient du mortier.
- Analyse des caractéristiques mécaniques des mortiers testés.

Le présent travail expérimental s'articule en quatre chapitres :

- Le chapitre 1 : Généralités Sur Le Mortier Et Ses Composants.
- Le chapitre 2 : Matériaux Matériels Et Essais.
- Le chapitre 3 : Résultats Et Discussion.
- Le chapitre 4 : Conclusion Générale.



**CHAPITRE I :**  
**Généralités Sur Le Mortier Auto**  
**Plaçant Et Ses Composants**

## **Chapitre I:**

### **GENERALITES SUR LE MORTIER SES COMPOSANTS**

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

Dans ce premier chapitre, nous allons essayer de faire une description générale issue de notre recherche bibliographique sur toutes les principales notions à traiter dans notre étude. Nous allons donner une présentation générale sur les propriétés de pâte et mortier auto plaçant des différents types de sables utilisés dans le domaine de construction en génie civil. Notamment leurs origines, leurs classifications et leurs granulométries. Nous allons également donner un aperçu sur les mortiers auto plaçant. Nous allons surtout basé sur leurs applications dans la construction, les différents types et les principales caractéristiques.

Dans ce chapitre nous allons fait aussi une synthèse sur les différents travaux de recherche qui ont été fait sur le thème de notre étude, plus particulièrement en ce qui concerne la valorisation pour type de (sable de dune et sable carrière et sable de rivière ) pour la confection des bon mortiers auto-plaçant , où nous allons exposer les principaux résultats obtenus.

L'apparence de toute structure a été rendue fragile, brillante, et esthétique grâce au processus, à savoir le plâtrage. Le type de plâtrage est constitué de matériaux tels que le plâtre à la chaux, au ciment, à la chaux de ciment et autres. La résistance du mortier ne doit pas dépasser la résistance de l'unité de maçonnerie et une épaisseur plus élevée peut également être évitée. Une fois la défaillance survenue sur l'unité de maçonnerie, la surface de plâtrage se sacrifierait en formulant des fissures et en se propageant dans le mur de maçonnerie porteur. Ainsi, elle est considérée comme une fissure non structurelle et peut être réparée par la maintenance.

En ce qui concerne les technologies récentes du béton et des matériaux de construction, l'étude sur le plâtrage (avec différents matériaux) joue un rôle majeur dans la résolution des problèmes liés à la réparation des fissures, à la protection contre l'humidité et à la réhabilitation des structures. Le mortier auto-compactant (MAP) est un type de mortier très fluide qui a tendance à passer, à remplir et à suivre la forme désirée pour réparer et réhabiliter les structures. La résistance à la compression des cubes de béton par différentes méthodes de durcissement des mortiers auto plaçant confirme l'importance et la résistance de ces mortiers.

[1]

La résistance à la compression des mortiers de ciment soumis au durcissement à l'eau chauffée pendant 20 heures, puis au durcissement à l'air conduit à la résistance à la compression la plus élevée par rapport aux normes ASTM, BS et Irak.[2]

Une étude expérimentale sur du béton auto-compactant utilisant des adjuvants réduisant le retrait ont conclu que l'âge de polymérisation augmentait l'affinement de la taille des pores et réduisait le rétrécissement dès le plus jeune âge. [3]

La recherche sur le mortier auto-compactant (MAP) contenant des proportions de mélange de 1: 1 et 1: 3 avec un rapport poids / masse de 0,34 et 0,5; avec l'influence d'adjuvant à savoir le polyéthylène glycol 4000 et 200 améliorent les propriétés fraîches, la résistance et la durabilité. [4]

### **I.2-Sable :**

#### **I.2.1-Définition:**

Le sable forme le squelette inerte du mortier durci. Il doit présenter une bonne répartition granulométrique et être propre, c'est-à-dire ne contenir ni matériau organique ni particules argileuses. Bien que le maçon choisisse traditionnellement un sable fin, il est également possible de confectionner du mortier correctement ouvrable avec du sable moyen agros ( $D_{\max} = 2 \text{ mm}$ ). Un tel mortier exigera moins de liant et donnera néanmoins de bons résultats sur le plan de la résistance mécanique.

#### **I.2.2-Choix Du Sable:**

Le choix du sable constitue un élément particulièrement important car il a une influence fondamentale sur les caractéristiques du mortier, donc sur l'ouvrabilité du mortier frais et sur la résistance du mortier durci. Tout comme pour le squelette pierreux, il faut s'efforcer d'avoir une granularité continue du squelette du mortier.

Les sables naturels gros (0/2 à 0/4) ont une granularité continue et étalée; les sables naturels fins (0/1) ont par contre une granularité plus serrée.

Les sables gros favorisent la résistance du mortier car ils permettent de travailler à des teneurs en eau plus faibles que les sables fins; ceci permet en outre de réduire le retrait hygrométrique du mortier et le risque de fissuration tant du mortier frais que du mortier durci.

## **Chapitre I: Généralités Sur Le Mortier Et Ses Composants**

---

Les sables gros sont également favorables à la micro texture des revêtements et donc à leur rugosité. En revanche, une certaine quantité de sable fin peut permettre d'améliorer la continuité de la granularité du squelette d'un mortier qui ne serait composé que d'un sable gros manquant de fines. Il faut dans ce cas trouver le meilleur compromis. L'ajout d'une proportion limitée de sable moyen ou fin est donc parfois conseillé; il améliorera la cohésion du mélange frais sans influencer défavorablement les propriétés finales du mortier. [5]

### **I.2.3-Caractéristiques Des Sables:**

Ils doivent être conformes aux normes NF EN 12-620 et NF EN 13-139. Le sable doit être sain, siliceux, silico-calcaire ou même calcaire à condition que les grains ne soient pas friables. Il doit être propre, c'est-à-dire dépourvu d'impuretés susceptibles de compromettre la qualité du mortier en œuvre (argile, vase, terre végétale, plâtre, sels minéraux). Le degré de propreté du sable est mesuré par l'essai d'équivalent de sable, il est préférable d'utiliser des sables roulés de rivière. Les sables de carrière conviennent s'ils ne renferment pas d'impuretés nocives. Les sables de mer doivent être lavés (sinon ils sèchent mal et peuvent donner lieu à des efflorescences en raison des sels qu'ils contiennent). La granulométrie des sables doit être limitée à 4mm.

En général, les dosages du mortier sont exprimés en poids de liant par m<sup>3</sup> de sable sec. Or, le plus souvent, sur le chantier, le sable renferme un certain pourcentage d'eau (pouvant varier de 0 à 20 %) et il suffit de très peu d'eau pour que le poids du m<sup>3</sup> de sable soit modifié c'est le phénomène bien connu du « foisonnement » du sable.

Pour éviter des surdosages en liant pouvant conduire à des enduits plus fissurés, il est utile de déterminer la teneur en eau du sable par un essai facile à pratiquer sur chantier (séchage et pesée du sable). À défaut, on prendra un coefficient de foisonnement forfaitaire de 25 %. [6]

### **I.2.4-Classification Des Sables:**

#### **a. Selon son origine:**

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

- **Naturel:** d'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions des fleuves ou des rivières), de roches massives (sédimentaire, éruptives, métamorphique, etc.) ou de dunes. Le sable naturel n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

## Chapitre I: Généralités Sur Le Mortier Et Ses Composants

- **Artificiel:** d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres.
- **Recyclé :** obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition.

### b. Selon sa composition :

En fonction de sa composition minéralogique (teneurs en silice, alumine et chaux).

le sable peut être classé en quatre catégories.

**Tableau (I-1):** Classification de sables en fonction de sa composition (teneurs en % massique).

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

### C. Selon Sa Densité :

Selon la densité de sable, on distingue trois types :

- **Léger :** de masse volumique comprise entre 1200 et 2000 kg/m<sup>3</sup>, et le plus usuel est à base d'argile expansée, de schiste expansés ou de laitier expansé.
- **Courant :** de masse volumique entre 2000 et 3000 kg/m<sup>3</sup>, et il est généralement les basaltes, quartzites, grès, porphyre, diorite, granites, schistes, laitier.
- **Lourd :** de masse volumique varie de 4000 à 8000 kg/m<sup>3</sup>, et le plus utilisé est la barytine (d'une densité absolue de 4,2 à 4,7), la magnétite (d'une densité absolue de 4,5 à 5,1), les riblons (d'une densité absolue de 7,6 à 7,8) et la grenaille (d'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.
- **Angulaire ou Concassé :** dont la forme a été obtenue par abattage et concassage de roches massives et dures.

### **I.2.5- Types De Sable :**

#### **I.2.5.1- Sable Alluvionnaire :**

Le sable alluvionnaire, dit aussi roulé, dont la forme a été acquise par l'érosion. Il est issu de roches meubles des dépôts des alluvions trouvés dans les lits des fleuves ou des rivières. Bien qu'on puisse trouver différentes roches selon la région d'origine, le sable utilisé pour le béton est le plus souvent siliceux.

Ce sable, plus recommandé à la confection des bétons, doit présenter une granularité telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile. Cette granularité est caractérisée par le module de finesse (Mf).

Plus le module de finesse est faible, plus le sable est fin.

- $1.8 \leq MF \leq 2.2$  : le sable convient bien pour obtenir une bonne ouvrabilité et une résistance satisfaisante.
- $2.2 \leq MF \leq 2.8$  : le sable convient bien pour obtenir une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégations limités.
- $2.8 \leq MF \leq 3.2$  : le sable convient bien pour obtenir une moins bonne ouvrabilité et une résistance élevée avec des risques de ségrégations.

#### **I.2.5.2- Sable De Dune :**

Le sable de dune est un produit de la désagrégation lente des roches sous l'action des agents d'érosion tels que l'air, la pluie etc. Les déserts de sable, ou ergs, se localisent dans les vastes cuvettes d'épandage ou des puissantes accumulations alluviales se sont concentrées par de grands écoulements liés aux périodes pluviales du début du quaternaire. Les grands ergs coïncident avec des zones où des vents saisonniers de directions variées se compensent.

Les dunes se forment dans des zones où le sable est abondant et non fixé par la végétation (désert, plage, lit fluvial à l'étiage). Le sable est érodé et pris en charge par le vent (déflation). Il est transporté aux ras du sol par saltation, puis s'accumule quand la compétence du vent chute (versant sous le vent). Une dune peut se déplacer par érosion du versant au vent et accumulation sur le versant opposer.

Le sable de dune qui s'impose du fait de son abondance dans la nature (Sahara), de son coût d'extraction presque nul, et de sa propreté apparente, forme la solution au problème d'épuisement des ressources naturelles et se présente comme un matériau d'avenir. [7]

# Chapitre I: Généralités Sur Le Mortier Et Ses Composants

## I.2.6- Module De Finesse (Mf) :

Est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables. Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse  $M_f$  compris entre 2,2 et 2,8 ; au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau ; au-dessus, le sable manque de fines et le béton y perd en ouvrabilité.

- ❖ **Pour  $1,8 < M_f < 2,2$  :** le sable est à utiliser si l'on recherche particulièrement la facilité mise en œuvre au détriment probable de la résistance.
- ❖ **Pour  $2,2 < M_f < 2,8$  :** le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités.
- ❖ **Pour  $2,8 < M_f < 3,2$  :** le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
- ❖ **Pour  $M_f > 3,2$  :** le sable est à rejeter.

Ce paramètre est en particulier utilisé pour caractériser la finesse des sables à bétons (NF P18-540).[8].

$$M_f = \frac{\sum R_c}{100}$$

$R_c$ : refus cumulé en (%) sous les tamis.

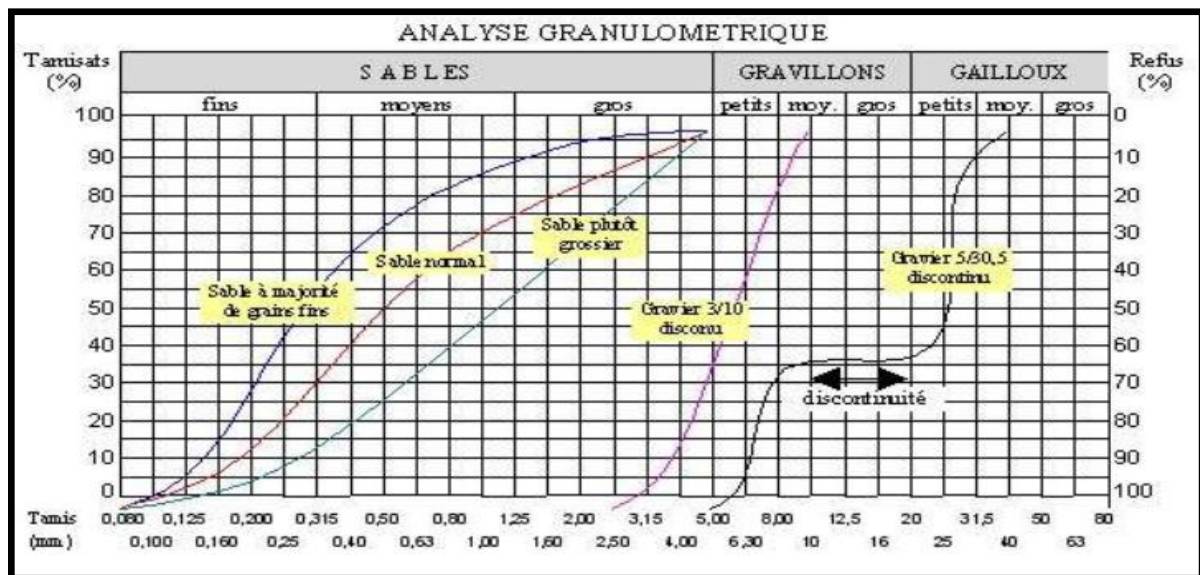


Figure (I-1): courbe granulométrique des différents cas. [8]

### I.3- Le Ciment :

#### I.3.1- Définition :

C'est un liant hydraulique durcissant rapidement et atteignant en peu de jours son maximum de résistance. Après durcissement, cette pâte conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. Son emploi le plus fréquent est sous forme de poudre, mélangée à de l'eau, pour agréger du sable fin, des graviers, afin de produire du mortier, ou encore du béton.



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

### I.3.2- Les Constituants Du Ciment :

#### I.3.2.1- Clinker :

C'est un produit obtenu par cuisson jusqu'à fusion partielle (Clink irisation) du mélange calcaire + argile, dosé et homogénéisé et comprenant principalement de la chaux (CaO) de la silice (SiO<sub>2</sub>) et de l'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Le mélange est en général constitué à l'aide de produits naturels de carrière (calcaire, argile, marne ...). C'est le clinker qui, par broyage, en présence d'un peu de sulfate de chaux (gypse) jouant le rôle de régulateur, donne des Portland. [9].

Les éléments simples (CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) se combinent pour donner les constituants minéraux suivants:

- Silicate tricalcique (C3S) : 3CaO.SiO<sub>2</sub> (Alite).
- Silicate bicalcique (C2S) : 2CaO.SiO<sub>2</sub> (Belite).
- Aluminate tricalcique (C3A) : 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- Ferro aluminate calcique (C4AF): 4CaO .Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> .Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Célite).

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

Composants	Teneurs limites (%)	Teneur moyenne(%)
<b>Minéralogiques</b>		
<b>C3S</b>	40-70	60
<b>C2S</b>	00-30	15
<b>C3A</b>	02-15	08
<b>C4AF</b>	00-15	08
<b>Oxydes</b>	-	-
<b>CaO</b>	60-69	65
<b>SiO<sub>2</sub></b>	18-24	21
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	04-08	06
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	01-08	03
<b>MgO</b>	< 05	02
<b>K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	< 02	01
<b>SO<sub>3</sub></b>	< 03	01

### I.3.2.2-Le Gypse(Caso<sub>4</sub>) :

Le sulfate de calcium est un corps composé chimique minéral anhydre, solide de structure ionique, formé simplement d'un anion sulfate et d'un cation de calcium, de formule chimique CaSO<sub>4</sub> et de masse molaire 136,14 g/mol.

Il correspond en réalité le plus souvent à un corps minéral naturel, nommé anhydrite, typique des évaporites, assez abondant, quoique caché car il se dégrade en gonflant à l'eau, en engendrant en surface le plus souvent un composé di hydraté, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, minéral emblématique des roches évaporites, encore plus abondant, connu par les minéralogistes ou géologues sous le nom de « gypse ».

Il peut aussi former le plus souvent par transformation thermique un corps minéral héli hydraté, CaSO<sub>4</sub>·1/2H<sub>2</sub>O, il s'agit de la basanite ou plus communément un des composés majeurs du « plâtre », poudre blanche obtenue par cuisson du gypse et pilage. [11]

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

Ce phénomène fait intervenir à la fois :

- ✓ Des réactions chimiques exothermiques de ses constituants avec l'eau,
- ✓ Des réactions physiques, liées au développement microstructural du béton,
- ✓ Des réactions mécaniques, car les réactions précédentes conduisent à des cinétiques variables et des performances modulées en conséquence.

Elle est définie comme un processus qui repose sur des mécanismes complexes agissant simultanément, c'est à dire, la dissolution du ciment anhydre, la précipitation d'hydrates et la formation d'une solution sursaturée. Lorsque les concentrations en ions sont telles que les produits de solubilité des hydrates sont atteints, un processus de germination se déclenche.

La précipitation des hydrates, en consommant les ions en solution, agit comme une pompe ceci est de nature à accélérer un régime de dissolution rapide. Cette précipitation consomme de l'eau et petit à petit, les hydrates vont remplacer le volume occupé par l'eau et les grains de ciment anhydre. L'eau diminue au profit du solide entraînant alors une réduction de porosité.

L'hydratation du ciment fait intervenir les réactions chimiques de ces différents constituants avec l'eau. Elle se déroule en 4 phases :

#### a. La Période De Gâchage :

Dès le gâchage, la dissolution des différents composés du ciment pour former :

- ✓ Le silicate de calcium hydrate, appelé C-S-H, en notation cimentière, il s'agit d'un composé mal cristallisé et de structure intermédiaire entre les gels et les cristaux.
- ✓ La chaux hydratée  $\text{Ca(OH)}_2$  ou CH en notation cimentaire, appelée portlandite. Composé bien cristallisé en forme de feuillets hexagonaux.

#### b. La Période Dite « Dormante » :

Pendant quelques heures, les réactions précédentes se poursuivent lentement, c'est la période durant laquelle la quantité des hydrates formés et la consommation d'eau sont très faibles et le béton reste maniable. La fin de cette période est marquée par l'augmentation du flux thermique.

### c. La Période De Prise :

Les cristaux de portlandite et les C-S-H s'enchevêtrent alors et remplissent peu à peu les pores, petit à petit la pâte prend de la consistance : c'est le début de la prise. Le matériau devient de plus en plus dense et solide.

### d. La Période De Durcissement :

Au bout de plusieurs heures, la couche d'hydrate, enrobant les grains de silicates, devient assez épaisse, pour diminuer la diffusion des ions et de l'eau. L'hydratation est ralentie, mais se poursuit tant qu'il reste de l'eau dans les pores capillaire.

### I.3.4- Classification Des Ciments :

La composition et la finesse de mouture d'un ciment déterminent le développement de sa résistance. En fonction de cette évolution, les ciments sont divisés en « classes de résistance ». Celles-ci correspondent à des niveaux de performances minimales (et maximales) à 28 jours. Dans chaque classe, et suivant les performances au jeune âge, une distinction est faite entre la version N (normal) et la version R (Rapide).

Il existe trois classes de résistance normale à vingt-huit jours, désignées par leur valeur caractéristique inférieure exprimée en MPA soit : 32.5-42.5-52.5. Il existe deux classes de résistances au jeune âge, appelées ordinaires ou élevées.

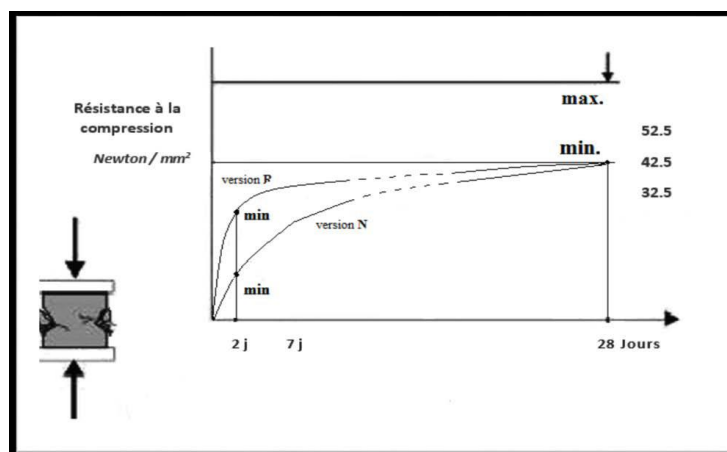


Figure (I-3) : Différentes classes de résistance des ciments.

## Chapitre I: Généralités Sur Le Mortier Et Ses Composants

### I.3.5-Désignation Des Ciments :

Le Tableau (I-3): Désignation des ciments.

désignations	Types de ciments	Teneur en clinker	Teneur en% de l' un de constituants suivants : laitier-pouzzolanes-cendres-calcaires-schistes-fumées de silice	Teneur en constituants secondaires (filler)
<b>C P A- CEM I</b>	Ciment portland	95 à 100%		<b>0 à 5%</b>
<b>C PJ-CEM II/A</b>	Ciment portland Composé	80 à 94%	- de 6à20% de l'un quelconque des constituants, sauf dans les cas ou les constituant est des fumées de silice auquel cas la proportion est limitée à 10% - de 21à35% avec les mêmes restrictions que ci-dessus	0à5%
<b>CPJ-CEMII/B</b>		65 à 79%		0à5%
<b>CHF-CEM III/A</b>	Ciment de haut-fourneau	35 à 64%	-35à65% de laitier de haute-fourneau	0à5%
<b>CHF-CEMIII/B</b>		20 à 34%	-66à80% de laitier de haut-fourneau	0 à5%
<b>CLK-CEMIII/C</b>		5 à 19%	-81 à95% de laitier de haut-fourneau	0à5%
<b>CPZ-CEMIV/A</b>	Ciment pouzzolanique	45 à 64%	-10à35%de pouzzolanes, cendres siliceuses ou fumées de silice, ces dernières étant limitées à10%. -36 à 55%comme ci-dessus	0à5%
<b>CPZ-CEMIV/B</b>		65 à 90%		0à5%
<b>CLC-CEMV/A</b>	Ciment au laitier et aux cendres	20à39%	-18 à 30% de laitier de haut-fourneau et 18 à30% de cendres siliceuses ou de pouzzolanes. -31 à 50% de chacun des 2 constituants comme ci-dessus	0à5%
<b>CLC-CEMV/B</b>		40à64%		0à5%

### **I.4-L'eau De Gâchage :**

L'eau joue un rôle important, elle sert à hydrater le ciment, elle facilite aussi la mise en œuvre du béton ou du mortier, ainsi elle contribue à son ouvrabilité. L'eau doit être propre et ne pas contenir d'impuretés nuisibles (matières organiques, alcalis). L'eau potable convient toujours le gâchage à l'eau de mer est à éviter, surtout pour le béton armé.

Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers et des bétons sont précisées dans la norme NA-442. Les mortiers devraient contenir la quantité d'eau maximale compatible avec une ouvrabilité optimale. [12]

### **I.5- Les Fillers Calcaires :**

#### **I.5.1- Propriétés Requises Du Filler Calcaire :**

Un filler calcaire est une fine minérale obtenue par broyage d'une roche calcaire de manière à répondre aux critères de conformité de la norme sur les additions minérales calcaires (NF P18-508). L'appellation de filler calcaire vient du fait que cette addition, si elle est broyée assez finement, s'insère dans le squelette granulaire du ciment (Figure I-4) et permet donc de combler les vides entre les autres particules de dimensions plus importantes du béton (ciment, granulats). L'effet, appelé effet filler, se traduit par une compacité plus importante du squelette granulaire et va donc avoir des effets sur les propriétés aussi bien à l'état frais qu'à l'état durci.

#### **I.5.2- L'utilisation Des Fillers Calcaires :**

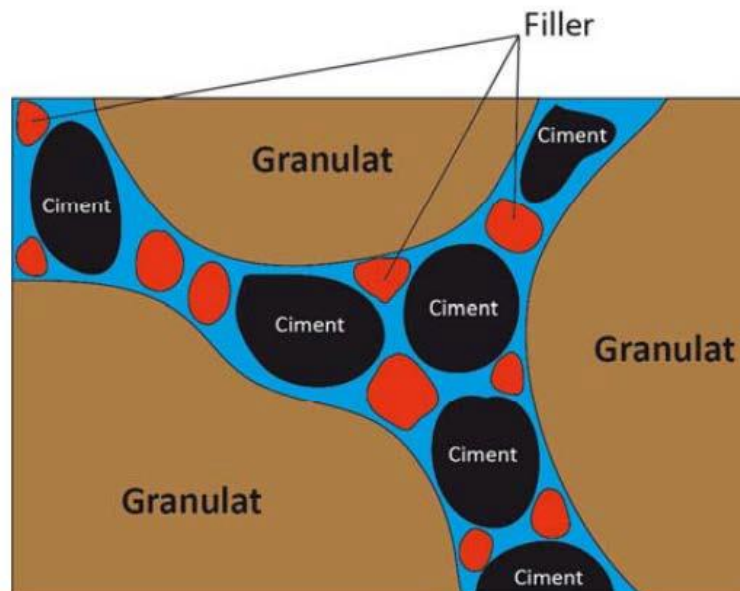
L'utilisation des fillers calcaires dans l'industrie du ciment et du béton est assez récente. Ils sont soit récupérés lors du concassage des granulats calcaires et peuvent alors contenir des résidus argileux et des matières organiques, soit obtenus par broyage du matériau cru. Leur composition chimique est celle du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). Un filler est dit calcaire s'il contient au moins 90% de carbonate de calcium. Dans les autres cas, le filler est désigné par le nom de sa roche d'origine.

### I.5.3-Le Rôle Des Fillers Calcaires :

Les différents résultats montrent que les fillers calcaires peuvent jouer plusieurs rôles:

- un rôle de remplissage en substitution du ciment dans les éléments fins de la courbe granulométrique (bétons ouvrables retenant mieux l'eau).
- un rôle rhéologique par leur pouvoir fluidifiant sur la pâte interstitielle.
- un rôle chimique et physique conduisant à l'accélération de l'hydratation du C3S et du C3A.
- un rôle physique en permettant un arrangement initial différent ce qui réduit l'épaisseur entre la pâte et le granulat.

Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de l'ajout des fillers calcaires sur les performances rhéologiques des bétons. [13][14][15]



**Figure (I-4) :** Illustration de l'effet filler.

Les additions calcaires sont des additions de Type I classées comme quasiment inertes. Les critères qui les définissent dans la norme [NF P18-508] représentent des propriétés physiques et chimiques.

Si l'addition calcaire répond aux critères de conformité de la norme NF P18-508, elle peut alors être prise en compte lors de la formulation du béton pour des dosages prescrits par la norme NF EN 206-1 [NF EN 206-1]. Dans ce contexte une partie du filler calcaire peut être utilisée dans le calcul du liant équivalent en respectant les restrictions.

$$L_{eq} = C + KA$$

Avec :

$L_{eq}$  : Liant équivalent

$C$  : dosage en ciment en kg/m<sup>3</sup>.

$A$  : quantité de l'addition en kg/m<sup>3</sup>.

$K$ : coefficient de prise en compte de l'addition à condition que l'indice d'activité de l'addition calcaire soit supérieur à 0,71.

### I.5.4- Influence Des Fillers Calcaires Sur Les Propriétés Des Bétons :

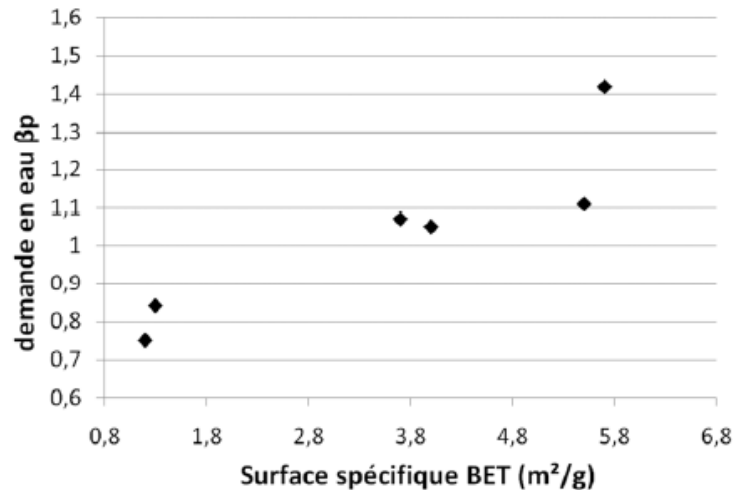
Si un filler calcaire est essentiellement utilisé comme une addition inerte permettant de remplacer une partie du ciment et éventuellement d'augmenter le volume de poudre dans le béton, son influence sur les propriétés du béton depuis l'état frais jusqu'à l'état durci est un aspect important à prendre en compte pour limiter l'apparition de désordres (homogénéité, aspect de surface, baisse des résistances).

### I.5.5- Caractéristiques Du Filler Influençant Les Propriétés A L'état Frais :

La finesse d'un filler joue naturellement un grand rôle sur l'écoulement (effet d'enroulement) du mortier. Mais des résultats contradictoires apparaissent selon la définition donnée à la finesse et la relation avec la demande en eau du mortier ou du béton.

Les composés secondaires et les impuretés contenus dans le filler sont également à prendre en considération ce qui est illustré dans les travaux suivant :

- ✓ Pour les travaux de LEGRAND la Surface spécifique des fillers calcaires sont composés de particules de dimensions inférieures à 125µm, leur surface spécifique joue un rôle prépondérant sur l'écoulement en suspension. [16]
- ✓ Selon Michel et al en travaillant à l'échelle de la suspension de filler, il y'a une relation directe entre la demande en eau mesurée par l'intermédiaire du  $\beta_p$  (demande en eau déterminée à partir d'une combinaison de mesures. [17]
- ✓ concernant les travaux de Filltech il a observé qu'une augmentation de la demande en eau va de soit avec une augmentation de la surface spécifique BET. [18]



**Figure (I-5) :** demande en eau d'un filler en fonction de sa surface spécifique BET. [17]

La conclusion de ces travaux montre que la surface spécifique importante du filler calcaire induit une demande en eau plus importante, celle-ci va alors influencer les propriétés d'écoulement des mélanges cimentaires à l'état frais et une influence sur les propriétés mécaniques à l'état durci.

### I.5.6- Fillers Calcaire Et Résistance Mécanique :

Selon les études faites par [17], [19], [20] montre que l'utilisation de filler permet l'amélioration des résistances mécaniques des mélanges cimentaires (pâte, mortier, béton). Cet effet positif dépend fortement du dosage en filler et le maximum de résistance est généralement atteint avec un taux de substitution de 10%. Au-delà, l'effet du filler n'entraîne pas de modification des résistances ou alors entraîne une diminution.

D'après Lawrence et dans son étude il a constaté qu'une augmentation de la finesse du filler permet d'améliorer les résistances des mélanges cimentaires sur mortier [21].

Cette influence positive du filler sur les résistances mécaniques des bétons peut être expliquée par deux phénomènes. Tout d'abord, l'ajout de filler fin permet d'améliorer la densité de la matrice générale du béton et plus spécifiquement de la zone de transition pâte-granulats. D'un autre côté, bien que qualifié d'addition inerte, le filler calcaire influe sur l'hydratation du ciment en servant de site de nucléation.

### I.6- Adjuvants :

La norme NF EN 934-2 classe les adjuvants pour bétons, mortiers et coulis, suivant leur fonction principale :

#### a) Adjuvants modificateurs de prise du béton :

- **Accélérateurs de prise** : permettent d'accélérer les réactions de dissolution et le développement des hydrates, donc la cinétique de prise. Leurs effets sur le béton sont : accélération de la prise, augmentation des résistances à court terme et augmentation de la chaleur d'hydratation.
- **Retardateurs de prise** : permettent de ralentir les réactions de dissolution et le développement des hydrates. Leurs effets sur le béton sont : décale le temps de prise, diminue les résistances initiales et améliore les longues ouvrabilités.

Autres catégories normalisées d'adjuvants

- **Hydrofuges** : agissent par précipitation dans les pores des bétons (réaction avec la chaux libre naturellement issue de l'hydratation du ciment) ce qui forme des bouchons qui bloquent la pénétration des liquides dans le béton.
- **Entraîneurs d'air** : permettent d'entraîner des bulles d'air calibrées, réparties de manière homogène dans le béton et de façon durable. Leurs effets sur le béton sont : les bulles stabilisent les grains (correcteur granulaire), amélioration de la cohésion et de l'ouvrabilité (effet de réduction d'eau) et amélioration de l'aspect au décoffrage.

#### b) Adjuvants modificateurs de la rhéologie du béton:

La fonction principale de ce type d'adjuvant est de réduire la teneur en eau du béton sans modifier la consistance. Cet effet est plus ou moins fort selon le niveau de réduction d'eau recherchée :

- **Plastifiants réducteurs d'eau** : 5 à 10 %
- **Super plastifiants haut réducteurs d'eau** : 10 à 30%

### I.7 -Les Mortiers :

Les mortiers sont très utilisés pour des travaux de tous types, ces derniers se déclinent en divers produits, qu'ils soient de ciment, de chaux ou de résine, tous ne s'utilisent pas de la même façon. [22]

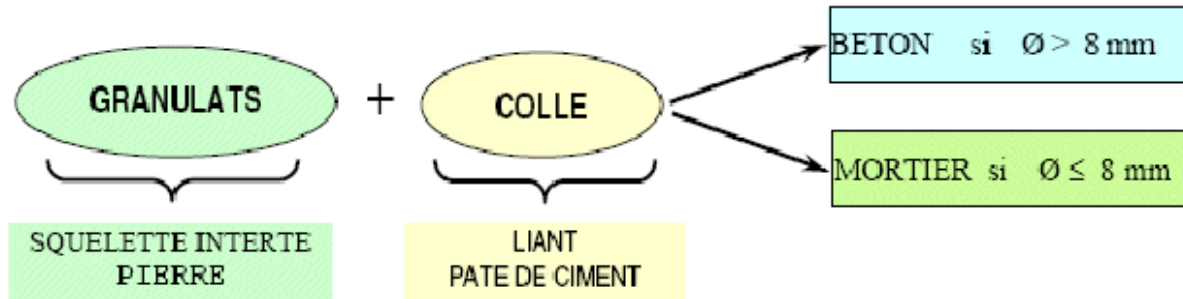


Figure (I-6) : Constituants des mortiers. [22]

### I.7.1-Définition :

Le mortier est l'un des matériaux de construction que l'on utilise pour solidariser les éléments entre eux, assurer la stabilité de l'ouvrage, combler les interstices entre les blocs de construction. En général le mortier est le résultat d'un mélange de sable, d'un liant (ciment ou chaux) et d'eau dans des proportions données, différent selon les réalisations.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents types ainsi que les caractéristiques principales telles que l'ouvrabilité, la prise, le retrait. [22]

### I.7.2-Structure De MAP :

La formulation d'une pâte et mortier cimentaire auto plaçant qui offrira un comportement optimal vis-à-vis de la stabilité et de l'écoulement en utilisant les matériaux de notre région avec les pourcentages adéquats de chaque constituant. Nous mettrons en œuvre un programme expérimental où nous étudierons le rôle de chaque paramètre sur le comportement de la pâte cimentaire et nous délimiterons par la suite un domaine expérimental qui offrira un ensemble de mélanges homogènes et stables, aux propriétés d'écoulement mesurables.

Le rôle de l'expérimentateur ainsi que la démarche expérimentale de l'élaboration de la pâte de ciment sont deux éléments importants, compte tenu de la sensibilité du comportement de cette dernière.

La pâte de ciment est confectionnée à partir des quatre composantes (ciment, filler, plastifiant, 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 :**

Pour leur assurer une maniabilité suffisante tout en limitant les risques de ségrégation et de ressuage, les MAP contiennent une quantité de fines supérieures à celle des mortiers. Toutefois, pour éviter des problèmes d'élévation excessive de la température lors de l'hydratation ainsi que pour abaisser leur coût global, le liant est souvent un composé binaire [25], voire ternaire [26] ; ciment portland mélangé avec cendres volantes, laitier, fillers calcaires, pouzzolanes naturelles, ou fumée de silice.

### **a) Un fort dosage de super plastifiant :**

L'introduction de dosage relativement important de super plastifiant dans les BAP permet en premier lieu de réduire la teneur en eau tout en conservant leur grande maniabilité. Toutefois, un dosage trop élevé (proche ou supérieur au dosage de saturation peut augmenter la sensibilité du béton à des variations de teneur en eau vis-à-vis du problème de la ségrégation et du ressuage. [27].

### **b) Une utilisation éventuelle d'agent colloïdal :**

Bien que ce ne soit pas systématique, les BAP contiennent la plus part du temps un agent colloïdal [28]. Ce produit, comme les fines, a pour rôle d'empêcher le ressuage et de limiter les risques de ségrégation des granulats en rendant la pâte plus épaisse. De façon schématique l'utilisation de ce produit semble se justifier dans le cas des bétons ayant des rapports eau/liant élevés car les fines ne sont pas toujours suffisantes pour fixer l'eau dans le béton.

Il semble par contre inutile dans le cas de MAP ayant des rapports massique eau/liant faible qui donne des résistances supérieures à 50 MPa. Pour la gamme des bétons intermédiaire, leur utilité est à étudier au cas par cas. L'agent colloïdal a la réputation de rendre les BAP moins sensibles à des variations d'eau vis-à-vis aux problèmes ségrégation et ressuage. [29][30]

## **I.7.3- Méthodes De Formulation :**

### **I.7.3.1- Méthode D'okamura:**

La formulation des MAP par l'approche développée à l'université de Kochi au Japon [31] se fait de manière sécuritaire, en privilégiant le volume de pâte au détriment des granulats. Cette méthode de formulation est à la fois forfaitaire pour les dosages des granulats et expérimentale pour le dosage en eau et en adjuvant. Pour formuler un BAP par cette méthode baptisée « **méthode japonaise** », on doit passer par les étapes suivantes :

## Chapitre I: Généralités Sur Le Mortier Et Ses Composants

- Choix du dosage en ciment : La quantité du ciment dépend du cahier des charges et des performances désirées (résistance, durabilité...).
- Désignation du volume d'air : Le volume d'air occlus est pris égal à 2 %.
- Détermination du dosage du sable : Le volume de sable est posé forfaitairement égal à 40% du volume du mortier.
- Détermination du dosage minimal en eau : La demande en eau passe par la conception de la composition de la pâte. En effet des essais d'étalement au mini- cône sont réalisés en faisant varier le rapport Eau/Liant avec le dosage choisi en liant.
- En traçant la courbe d'Eau/Liant en fonction de l'étalement relatif « Rp » (équation.1), on détermine le point d'intersection avec l'axe des ordonnées « βP» qui permet de déterminer le besoin en eau minimale nécessaire pour cimenter les additions minérales. [32] [33]

$$R_p = \frac{d^2 - 100^2}{100^2} = \left(\frac{d}{100}\right)^2 - 1$$

Avec :

« $R_p$ » : L'étalement relatif.

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

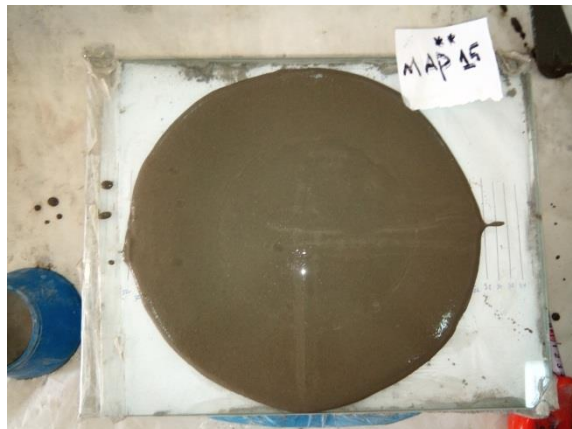


Figure (I-7) : Étalement au Mini cône de mortier auto placent.

### I.7.4- Fluidité Et Déformabilité De MAP :

La déformabilité du mortier est définie comme étant la capacité de mortier de subir un changement de forme sous son propre poids. La déformabilité élevée est exigée de sorte que le mortier. Afin d'obtenir une déformabilité adéquate, il est important de réduire au minimum le frottement inter sable du mélange. La réduction de la quantité du gros sable et l'augmentation du volume de pâte sont exigées pour obtenir la déformabilité désirée des MAP. Une autre manière de réduire le frottement inter sable est obtenu avec l'incorporation d'additions minérales telles que les fillers. [34]

La déformabilité du béton est directement liée à la déformabilité de la pâte .Pour augmenter la déformabilité de la pâte et réduire le frottement inter sable, des super-plastifiants haut- réducteur d'eau (SPRE) sont incorporés dans les mélanges MPA. Ces SPRE permettent de maintenir un rapport eau- matières cimentaires relativement bas tandis que la fluidité reste élevée. La déformabilité de la pâte est augmentée aussi en réduisant la viscosité.

Un mortier fortement fluide peut être obtenu sans réduction significative de sa cohésion en améliorant sa résistance à la ségrégation [34].

En général, le critère de fluidité- stabilité est assez difficile à résoudre, mais, au moyen d'agents colloïdaux, de teneurs élevées en ajouts minéraux ou de teneurs appropriés en sable, la stabilité et la déformabilité peuvent être assurées.

### I.7.5- Essais Au Cône De Marsh (Essai De Saturation) :

Pour déterminer le dosage de saturation en super-plastifiant, on a aussi, utilisé la méthode du cône de Marsh (figure I-8). Cette méthode est utilisée depuis longtemps par l'industrie pétrolière pour mesurer la fluidité des coulis de ciment ou de bentonite. C'est pourquoi cette technique est adoptée pour la mesure de la fluidité et l'étude des propriétés rhéologiques des coulis de ciment.



**Figure (I-8) :** Essais au Cône de Marsh (Essai de saturation).

## Chapitre I: Généralités Sur Le Mortier Et Ses Composants

Le principe de l'essai consiste à mesurer le temps qu'il faut pour vider un cône contenant un volume donné de pâte à travers un orifice d'évacuation de 5 mm de diamètre.

Le cône de Marsh doit être solidement fixé pour ne pas être déplacé par les vibrations et sa partie supérieure doit être horizontale. [35]

### I.7.6- Essais De L'étalement Au Mini Cône De Mortier :

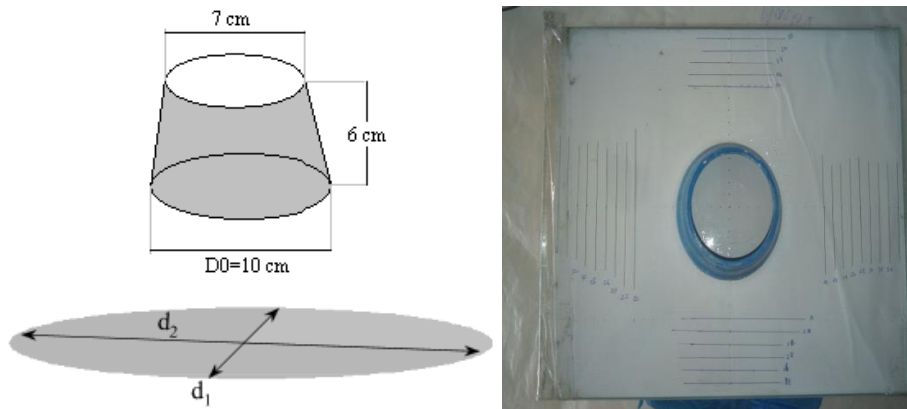


Figure (I-9) : Dimensions de Mini cône à mortier.

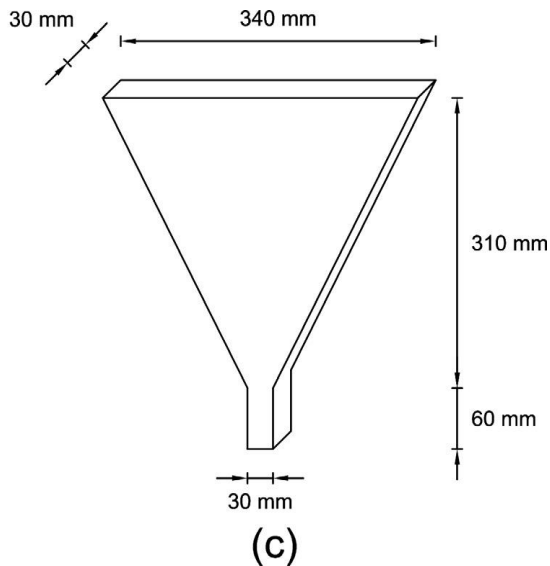
### I.7.7 Essais De Déformabilité De l'Entonnoir En V (V-Funnel) :

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

Un entonnoir de dimensions définies est rempli de mortier jusqu'en haut. Le clapet de fermeture situé à sa base est ensuite ouvert, on mesure le temps ( $T_v$ ) que met le mortier à sortir de l'entonnoir jusqu'à ce que cet entonnoir soit entièrement vide. Ce temps d'écoulement, qui doit être compris entre 8 et 14 secondes, caractérise la viscosité du mortier. Si le mortier s'écoule plus rapidement, c'est que sa viscosité est trop faible.

Bien que l'essai soit conçu pour mesurer la fluidité, le résultat est affecté par d'autres propriétés du MAP que celle de l'écoulement. La forme de cône inversée fera bloquer l'écoulement du mortier si, par exemple il y a trop gros granulat. Par contre un temps élevé d'écoulement peut être associé à une faible déformabilité due à une viscosité élevée de la pâte et ou un frottement inter granulaire élevé.

Définit deux classes de viscosité selon le temps d'écoulement mesuré à l'entonnoir (V-funnel) :  $T_v \leq 6$  secondes, pour une bonne capacité de remplissage même avec des renforts denses et  $9 \leq T_v \leq 25$  pour les autres cas. [36]



**Figure (I-10) :**

Dimensions de l'entonnoir en mini v (v-funnel) Déroulement de l'essai d'entonnoir en mini v (v-funnel).



**Figure (I-11):**

### I.7.8-Résistance A La Compression :

Les résultats de la résistance à la compression à 28 jours On constate que la résistance à la compression à et 28 jours augmente à un maximum aux amendes de calcaire contenu entre 10% et 15%. Pour les amendes de calcaire plus élevées de 15%, la résistance à la compression diminue. C'est probablement due à une pâte de ciment insuffisante pour enrober toutes les particules d'agrégats d'ailettes ce qui conduit par conséquent à une diminution de la compression force Sur la résistance du mortier incorporant du sable écrasé avec 15% teneur en fines de calcaire.

Pour les spécimens sans ou avec seulement 5% fines de calcaire, il n'y a pas assez de particules fines pour remplir tous les vides entre la pâte de ciment et les particules fines d'agrégats et des valeurs de résistance à la compression plus faibles que celles 10-15% de teneur en fines de calcaire. [36]

### **I.8- Conclusion**

Les MAPs et BAPs, est une nouvelle génération de béton venant du Japon est apparue ces dernières années. Ce sont des bétons très fluides et se mettent en œuvre sous le seul effet de la gravité, donc sans apport de vibration, même dans des coffrages complexes et très encombrés, tout en donnant un produit final homogène.

La principale difficulté de fabriquer de tels bétons est que l'on recherche à concilier des propriétés a priori contradictoires ; d'une part, une grande fluidité et déformabilité et, d'autre part, une haute stabilité afin d'obtenir finalement un béton très maniable. Pour satisfaire ces exigences rhéologiques, la formulation des BAP doit renfermer une forte teneur en pâte au détriment de celle des gravillons. De plus, il est nécessaire d'ajouter, à cette formulation, au moins une addition minérale et un super plastifiant en proportions bien précises. Ajoutons, enfin, que l'utilisation des agents colloïdaux est éventuelle.

Grâce à leur formulation, les MAP possèdent généralement de bonnes résistances mécaniques et de durabilité, et dépendent bien sûr de la teneur en eau et de la nature du liant. En revanche, il faut prévoir un module élastique plus fiable que pour des BO de même résistance à la compression. À l'opposé, les déformations différées, retrait et fluage sont susceptibles d'être augmentées.

L'optimisation de la formulation des MAP nécessite un réglage minutieux de plusieurs paramètres. En effet, la nature et le dosage d'additions minérales et la concentration en super plastifiant et en agent colloïdal sont des paramètres clés pouvant avoir une influence significative sur les performances des MAP.



**CHAPITRE II :**  
**Matériaux Matériels Et Essais**

**II.1-Introduction.**

Ce chapitre, présente les caractéristiques de matériaux utilisés dans ce projet, ainsi que les différents essais expérimentaux. Ajoutons que ce travail expérimental a été effectué suivant les normes Européennes en vigueur, sauf les essais de l'étalement et temps d'écoulement de les MAP frais, qui ne sont pas normalisés.

- Des essais physiques et mécaniques ont été effectués au sein du laboratoire de département de Génie Civil de l'Universitaire Mohamed Boudiaf de M'sila.

**II.2-Matériaux utilisés :**

Les matériaux utilisés pour ce travail sont :

- Sable : Nous avons utilisé deux types de sables :
  - ✓ Sable de dune : on a utilisé sable de Boussaâda.
  - ✓ Sable alluvionnaire : al oued (Djamaa).
- Ciment : Le ciment Mâtine de la cimenterie Lafarge de Hammam Dhalaa wilaya de M'sila (CPJ-CEM II/B 42,5 R NA 442).
- Fillers de calcaire.
- Fumée de silice.
- Les adjuvants : super-plastifiants (MEDAPLAST SP 40).
- Eau de gâchage : l'eau de robinet.

**II.3-Caractéristiques principales des matériaux utilisés :**

Dans le cadre de cette étude, nous avons confectionné les MAP en se basant sur les matériaux locaux suivants :

**II.3.1-Sable :**

Nous avons utilisé deux types des sables de même classe granulaire 0/3 :

- sable alluvionnaire (SA), de Oudesoufe.
- sable de dune (SD), de Boussaâda.

Les échantillons des différents types de sables représentés dans la Figures :



**Figure (II-1) :** Sable de dune.    **Figure (II-2) :** Sable alluvionnaire.

II.3.1.2-Essais de l'analyse granulométrique : [NF P 18-304].

Le tableau suivant représente les résultats d'analyse granulométrique des sables :

Tableau (II-1) : L'analyse granulométrique des sables.

Tamis [mm]	SD		SA		(30%SD et 70% SA)		(40%SD et 60% SA)		(50%SD et 50% SA)	
	Refus [%]	Tamisât [%]	Refus [%]	Tamisât [%]	Refus [%]	Tamisât [%]	Refus [%]	Tamisât [%]	Refus [%]	Tamisât [%]
3.15	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
2.5	0,13	99,87	0,14	99,87	0,67	99,33	0,33	99,67	0,07	99,93
1.25	0,27	99,60	4,04	95,84	2,4	96,93	2,33	97,33	8,67	91,27
0.63	0,27	99,33	23,74	72,10	17,33	79,60	13,93	83,40	10,73	80,53
0.315	4,27	95,07	49,02	23,07	35,8	43,80	34	49,40	26,07	54,47
0.16	90,33	4,73	20,39	2,68	38,53	5,27	44,93	4,47	49,13	5,33
0.08	4,13	0,60	2,28	0,40	4,93	0,33	4,4	0,07	5	0,33
Font	0,6	0	0,40	0	0,33	0	0,067	0	0,33	0

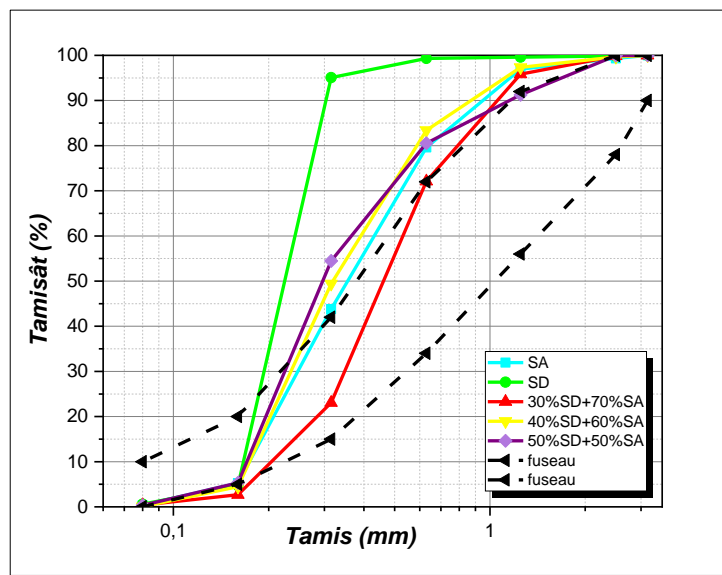


Figure (II-3) : Courbe d'analyse granulométrique des sables.

II.3.1.3-Module De Finesse (M<sub>f</sub>):NF P 18- 540.

Le module de finesse est un coefficient permettant de caractériser l'importance des éléments fins dans un granulat. Il est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur une série de tamis (0,16 0,315 0, 63 1,25 2,5 5).il est donné par la relation suivant :

$$M_f = \sum \frac{R_c}{100}$$

Ou :

R<sub>c</sub>: Refus cumulé.

Tableau (II-2) : Classement de sable.

Quantité de sable	Modèle de finesse
Gros	> 2.5
Moyen	2 à 2.5
Fin	1.5 à 2.0
Très fin	1.0 à 1.5

### II.3.1.3-Essais d'équivalent du sable : NF-18-598.

Il est défini par la norme NFP 18-598 ; cet essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

- Equivalent de sable visuel (E.S.V) :  $E.S.V = (h_2 / h_1) * 100$  (%).
- Equivalent de sable piston (E.S.P) :  $E.S.P = (h_2' / h_1) * 100$  (%).

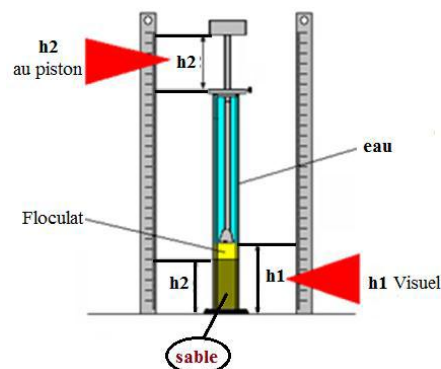


Figure (II-4) : Principe de l'équivalent de sable.

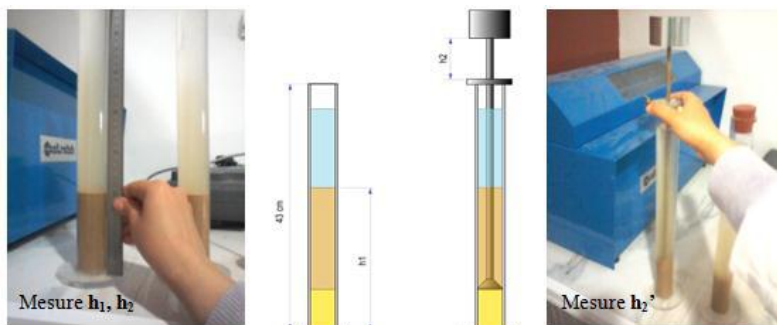


Figure (II-5) : Essai équivalent de sable exécuté au laboratoire.

**Tableau (II-3) :** La classification de la nature sable en fonction d'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'entraîne d'un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par augmentation du dosage en eau

➤ **Sable de dune :**

**Tableau (II-4) :** Résultats obtenus pour l'équivalent de sable de dune.

N° d'essai	h <sub>1</sub> (cm)	h <sub>2</sub> (cm)	ESV(%)	Moy	H <sub>2</sub> ' (cm)	ESP(%)	Moy
1	11	9.7	88	88	9.5	86	87
2	10.8	9.6	88		9.6	87	
3	11	9.7	88		9.6	88	

➤ **Sable alluvionnaire :**

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

N° d'essai	h <sub>1</sub> (cm)	h <sub>2</sub> (cm)	ESV(%)	Moy	h <sub>2</sub> ' (cm)	ESP(%)	Moy
1	9.6	9.1	94	94.3	9	93	92
2	9.4	8.9	94		8.7	92	
3	9.7	9.3	95		8.9	91	

**II.3.1.4-Masse volumique apparente : NF P 18-554.**

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

$$\rho_{app} = \frac{m_{mat}}{V_{app}}$$

Les tableaux suivants représentent les résultats de la masse volumique apparente :

➤ **Sable de dune :**

**Tableau (II-6) :** Masse volumique apparente du sable de dune.

N° d'essai	M(g)	V (ml)	$\rho_{app}$ (g /ml)	$\rho_{moy}$ (g /ml)
1	1338,9	900	1,487	1,484
2	1331,8	900	1,479	
3	1337,2	900	1,485	

➤ **Sable alluvionnaire :**

**Tableau (II-7) :** Masse volumique apparente du sable alluvionnaire.

N° d'essai	M(g)	V (ml)	$\rho_{app}$ (g /ml)	$\rho_{moy}$ (g /ml)
1	1433,5	900	1,592	1,598
2	1438,9	900	1,598	
3	1442,6	900	1,602	

➤ **Sable mixte :**

**Tableau (II-8) :** Masse volumique apparente du sable mixte.

Sable	$\rho_{moy}$ (g /ml)
100% S,A	1,6
70% S,A/30%S,D	1,57
60%S,A/40%S,D	1,56
50% S,A/50%S,D	1,55
40% S,A/60% S,D	1,53
30% S,A/70% S,D	1,52
100% S,D	1,49

### II.3.1.5-La Masse spécifique (absolue) du sable : NF P18- 555.

La masse volumique absolue  $\rho_{abs}$  est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains. Il ne faut pas confondre  $\rho_{abs}$  avec la masse volumique  $\rho$  qui la masse de matériau par unité de volume, celui-ci intégrant à la fois les grains et les vides. Les masses volumiques s'expriment en t/m<sup>3</sup>, en kg/dm<sup>3</sup>, ou en g/cm<sup>3</sup>.

$$\rho_{absolu} = \frac{m_{mat}}{V_{absolu}} = \frac{m_{mat}}{V_{reel} - V_{pores}}$$

Les tableaux suivants représentent les résultats de la masse volumique absolue :

➤ **Sable de dune :**

**Tableau (II-9) :** Masse volumique absolue du sable de dune.

N° d'essai	M(g)	V <sub>2</sub> (ml)	V <sub>1</sub> (ml)	$\rho_{\text{abs}}$ (g/ml)	$\rho_{\text{moy}}$ (g/ml)
01	300	516	400	2,58	2,60
02	300	515	400	2,60	
03	300	509	400	2,63	

**Sable alluvionnaire :**

**Tableau (II-10) :** Masse volumique absolue du sable alluvionnaire.

N° d'essai	M(g)	V <sub>2</sub> (ml)	V <sub>1</sub> (ml)	$\rho_{\text{abs}}$ (g/ml)	$\rho_{\text{moy}}$ (g/ml)
01	300	518	400	2,54	2,50
02	300	520	400	2,50	
03	300	522	400	2,46	

**Sable mixte :**

**Tableau (II-11) :** Masse volumique absolue du sable mixte.

Sable	$\rho_{\text{moy}}$ (g/ml)
100% S,A	2,6
70% S,A/30%S,D	2,57
60%S,A/40%S,D	2,56
50% S,A/50%S,D	2,55
40% S,A/60% S,D	2,54
30% S,A/70% S,D	2,53
100% S,D	2,5

### II.3.2-Le ciment :

Le ciment utilisé dans notre projet est un ciment portland composé **CPJ – CEM II/B 42,5 R** selon la norme **NA 442**, d'appellation commerciale (**Matine**), provenant de la cimenterie «**Hammam Dalaa (Lafarge), M'sila**».

➤ **Caractéristique chimiques :**

Les analyses chimiques et minéralogiques du ciment sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau (II-12) : Analyse chimique du ciment Matine.

Analyses Chimiques					
SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	
17,8	4,4	2,6	61,2	1,8	
SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Cl	Pert f	
2,6	0,6	0,1	0	9,3	
Total					
100,4					
Analyse minéralogique de ciment Matine					
Alite_sum	Belite_beta	Alum_sum	Ferrite	Portlandite	Calcite
45.8	14.3	2.6	10.0	0.2	19.8

➤ **Caractéristique physiques :**

Tableau (II-13) : Caractéristique physico-mécanique du ciment Matine.

<b>Refus 45μ</b>		9.1
<b>Refus 90μ</b>		0.9
<b>%H<sub>2</sub>O</b>		28.4
<b>Début de prise</b>		195.0 min
<b>Fin de prise</b>		260.0 min
<b>Exp</b>		1.0
<b>Résistance à la flexion (MPa)</b>	<b>2j</b>	4.4
	<b>7j</b>	6.1
	<b>28j</b>	7.3
<b>Résistance à la compression (MPa)</b>	<b>2j</b>	22.1
	<b>7j</b>	36.1
	<b>28j</b>	46.6
<b>Prism poids 2j</b>		572.0
<b>Prism poids 7j</b>		571.9
<b>Prism poids 28j</b>		572.0

### II.3.3-Fillers Calcaires :



Figure (II-6) : Fillers calcaires.

Leurs Analyse chimique-minéralogique et Propriétés physiques de fillers calcaires sont présentées dans les tableaux suivants :

**Tableau (II-14) :** Analyse chimique de fillers calcaires.

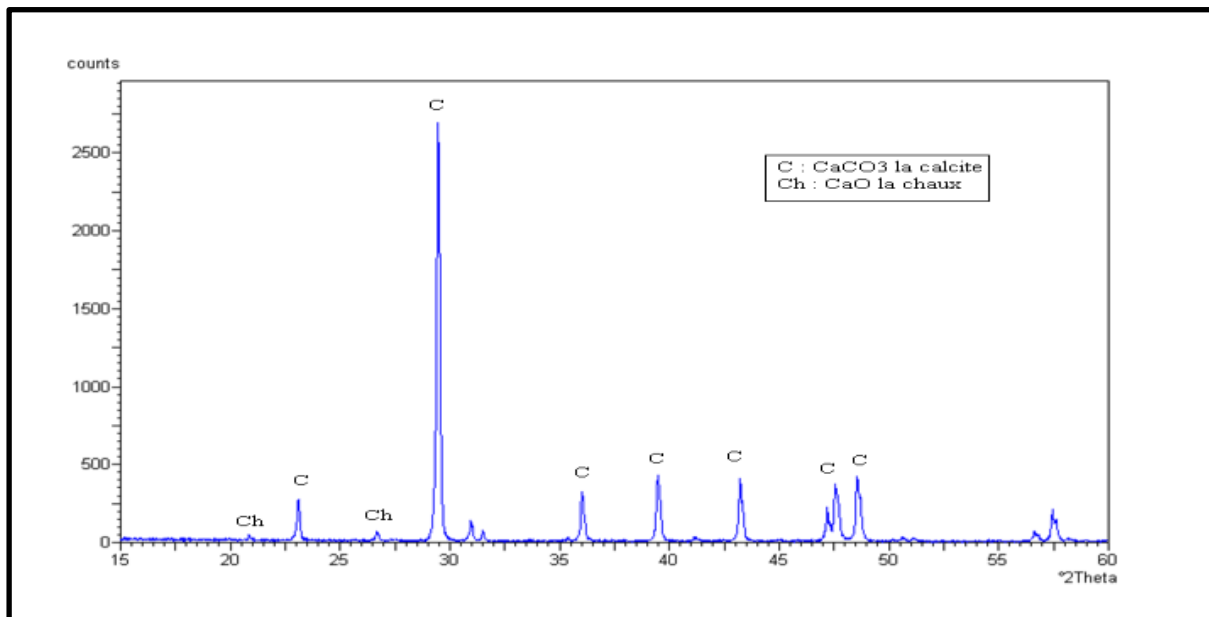
Composant	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF
Teneur [%]	0.76	0.41	0.23	54.9	0.61	0.24	0.04	0.61	0.005	36.3

**Tableau (II-15) :** Analyse minéralogique du calcaire.

Éléments	Quartz (SiO <sub>2</sub> )	Calcaire (CaCO <sub>3</sub> )	Dolomite CaMg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
%	04	90	06

**Tableau (II-16) :** Propriétés physiques du calcaire.

Caractéristiques	Résultats
Masse volumique absolue (g/cm <sup>3</sup> )	2,70
Finesse suivant la méthode Blaine (g/cm <sup>2</sup> )	5831



**Figure (II-7) :** Diffractogramme aux rayons X des fillers calcaires Ben fattacha . M.2016.

### II.3.4-La Fumée De Silice :

sont 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-8) : Poudre de la fumée de silice.

➤ **Caractéristiques chimiques et physiques de la fumée de silice:**

- Analyse chimique

Tableau (II-17) : Caractéristiques chimiques de la fumée de silice.

Oxydes	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Pert de feu
Massique %	85 – 95	0.8 – 1.2	1 – 2	0.05 – 1	1 – 3	0.5 – 1

- Analyse physique

Tableau (II-18) : 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 <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /Kg	µm

**II.3.5-Le Superplastifiant (MEDAPLAST SP 40) :**

Le super plastifiant MEDAPLAST SP 40 produit par la société de GRANITEX (W. Alger). C'est un haut réducteur d'eau pour le béton prêt à l'emploi conforme à la norme EN 934-2, noté (P).



Figure (II-9) : Super-plastifiant.

Tableau (II-19) : Caractéristiques physico-chimiques du super plastifiant (SP 40).

Super-plastifiant	extrait sec	Forme	Couleur	PH	Densité	Teneur en chlore
Medaplast (SP) (40)	40%	Liquide	Marron	8.2	0,01±1,20	< 1g/L

### II.3.6-L'eau De Gâchage :

L'eau de gâchage utilisée dans notre étude est une eau potable (eau de robinet) fourni au laboratoire de génie-civil à l'université de M'sila. L'analyse chimique a été effectuée au laboratoire de la société Epidemia de M'Sila. En référence à la norme NF EN 1008.

Tableau (II-20) : Analyse chimique de l'eau de gâchage.

Paramètres physicochimique	PH	Potentiel redox EH	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.4-La Porosité :

La porosité est l'ensemble des vides (pores) d'un matériau solide, ces vides sont remplis par des fluides (liquide ou gaz). C'est une grandeur physique qui conditionne les capacités d'écoulement et de rétention d'un substrat. En général le calcul de la porosité est exprimé par le rapport du volume des vides au volume du matériau

$$p(\%) = \frac{\rho_{\text{absolu}} - \rho_{\text{pp}}}{\rho_{\text{absolu}}} \times 100$$

#### II.4.1-Porosité des mélanges de sables :

Tableau (II-21) : Porosité des mélanges de sables.

Sable	$\rho_{\text{pp}}$ (g/ml)	$\rho_{\text{absolu}}$ (g/ml)	La porosité (%)
100% S,A	1,6	2,6	38,46
70% S,A/30%S,D	1,57	2,57	39,03
60% S,A/40%S,D	1,56	2,56	39,22
50% S,A/50%S,D	1,55	2,55	39,41
40% S,A/60% S,D	1,53	2,54	39,61
30% S,A/70% S,D	1,52	2,53	39,80
100% S,D	1,49	2,5	40,40

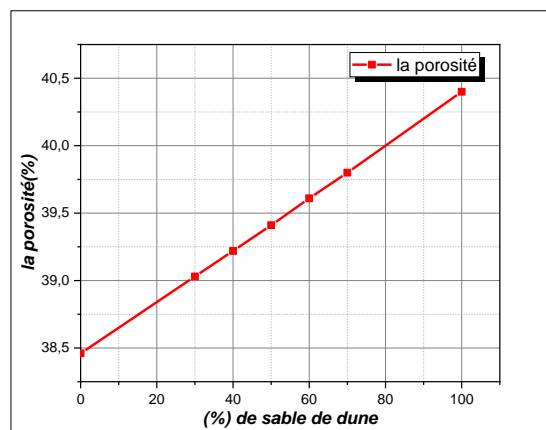


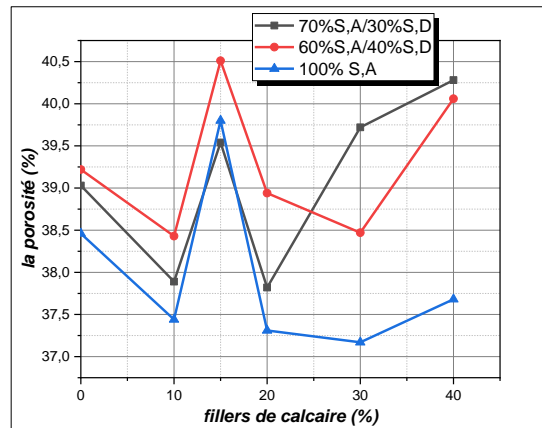
Figure (II-10) : la Porosité en fonction du pourcentage de sable de dune.

D'après la figure (figure (II-10) à on remarque que la mélange 100% sable alluvionnaires dune la meilleure porosité suivie pour le mélange (30% sable de dune ,70% sable alluvionnaire).

#### II.4.2-Porosité Des Mélanges De Sables Avec Filaires Calcaire

Tableau (II-22) : la Porosité des mélanges de sables avec Filaires Calcaire.

Mixte de sable	Calcaire (%)	$\rho_{pp}$ (g/ml)	$\rho_{absolu}$ (g/ml)	La porosité (%)
70%S,A/30%S,D	0%	1,57	2,57	39,03
	10%	1,58	2,55	37,89
	15%	1,53	2,53	39,54
	20%	1,56	2,51	37,82
	30%	1,50	2,49	39,72
	40%	1,47	2,46	40,28
60%S,A/40%S,D	0%	1,56	2,56	39,22
	10%	1,57	2,55	38,43
	15%	1,56	2,53	40,51
	20%	1,54	2,51	38,94
	30%	1,53	2,49	38,47
	40%	1,48	2,47	40,06
100% S,A	0%	1,6	2,6	38,46
	10%	1,59	2,55	37,44
	15%	1,52	2,53	39,80
	20%	1,58	2,51	37,31
	30%	1,56	2,49	37,17
	40%	1,53	2,46	37,68



**Figure (II-11) :** la porosité en fonction de (%) fillers de calcaire.

La figure (II-11) présente les mélange optimums qui ont donnés une porosité minimale en fonction du pourcentage des fillers calcaires ajoutés on remarque que :

- ✓ le mélange 100% sable alluvionnaire donne les meilleures valeurs de la porosité pour un pourcentage de filler calcaire entre 20% et 30%.
- ✓ le mélange 30% sable de dune et 70% sable alluvionnaire avec un pourcentage de filler calcaire entre 10% et 20% en ajout donne de bons résultats pour la porosité.
- ✓ pour la confection des mortiers auto plaçant on n'a pas pris en compte le mélange avec 100% sable alluvionnaire à cause de manque de particule fine, pour cela on à choisir le mélange avec (30% S.D +70% S.A) avec un pourcentage de fines calcaire entre 10% et 40%.

## II.5-Formulation de mortier normal (NF –P 15-403) [17] :

Le mortier doit être composé en masse, d'une partie de ciment, de trois parties de sable et d'une demi partie d'eau, Le mortier normal est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques d'un ciment et notamment sa résistance. Ce mortier est réalisé conformément à la norme décrit le sable utilisé pour les essais ainsi que le malaxeur.

### II.5.1-Composition de mortier auto plaçant pur 1 m<sup>3</sup> :

- trois (3) parties de sable (sable mixte optimum)
- une partie (1) de ciment (ciment 42.5 fixé à un dosage de 400 kg/m<sup>3</sup>).
- fumé de silice (8% du poids de ciment).
- Filler calcaire (0%,10%,15%,20%,30%,40% en substitution au poids du ciment).
- E/L = 0.82 et 0.7 et 0.78.

Tableau (II-23) : Composition de mortier auto-plaçant pour 1m<sup>3</sup>.

Mélangé	Ciment (kg)	Fumée silice 8%(kg)	Fillers Calcaire (kg)	Sable mixte (30%SD, 70%SA) (kg)
MAP00	400	32	0	1200
MAP10	360	32	40	1200
MAP15	340	32	60	1200
MAP20	320	32	80	1200
MAP30	280	32	120	1200
MAP40	240	32	160	1200

### II.5.2-Dénomination des différents mélanges :

➤ **MAP (E/L=0.82)**

**MAP00:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.82}.

**MAP10:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 10% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.82}.

**MAP15:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 15% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.82}.

**MAP20:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 20% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.82}.

**MAP30:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.82}.

**MAP40:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 40% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.82}.

Tableau (II-24) : Composition de mortier auto-plaçant pour E/L=0.82.

Mélangés	Ciment (g)	Fumée silice 8% (g)	Fille de Calcaire (g)	Sable mixte (g)	Sp (g)	EAU (g)
MAP00	1024	82	0	3,072	15,36	906,92
MAP10	921,6	82	102,4	3,072	13,82	906,92
MAP15	870,4	82	153,6	3,072	13,06	906,92
MAP20	819,2	82	204,8	3,072	12,29	906,92
MAP30	716,8	82	307,2	3,072	10,75	906,92
MAP40	614,4	82	409,6	3,072	9,22	906,92

➤ **MAP\*(E/L=0.7)**

**MAP\*00:** { sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.7}.

**MAP\*10:** { sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 10% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.7}.

**MAP\*15:** { sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 15% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.7}.

**MAP\*20:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 20% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.7}.

**MAP\*30:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.7}.

**MAP\*40:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 40% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.7}.

**Tableau (II-25) :** Composition de mortier auto-plaçant pour E/L=0.7.

Mélangés	Ciment (g)	Fumée silice 8% (g)	Fille de Calcaire (g)	Sable mixte (g)	Sp (g)	EAU (g)
<b>MAP*00</b>	1024	82	0	3,072	15,36	774,14
<b>MAP*10</b>	921,6	82	102,4	3,072	13,82	774,14
<b>MAP*15</b>	870,4	82	153,6	3,072	13,06	774,14
<b>MAP*20</b>	819,2	82	204,8	3,072	12,29	774,14
<b>MAP*30</b>	716,8	82	307,2	3,072	10,75	774,14
<b>MAP*40</b>	614,4	82	409,6	3,072	9,22	774,14

➤ **MAP\*\*(E/L=0.78)**

**MAP\*\*00:** { sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 0% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.78}.

**MAP\*\*10:** { sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 10% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.78}.

**MAP\*\*15:** { sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 15% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.78}.

**MAP\*\*20:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 20% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.78}.

**MAP\*\*30:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 30% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.78}.

**MAP\*\*40:** {sable mixte optimum, 8% fumée de silice (F.S), 40% filler calcaire (F.C), 1.5% SP, E/L=0.78}.

Tableau (II-26) : Composition de mortier auto-plaçant pour E/L=0.78.

Mélangés	Ciment (g)	Fumée silice 8% (g)	Fille de Calcaire (g)	Sable mixte (g)	Sp (g)	EAU (g)
MAP**00	1024	82	0	3,072	15,36	862,6
MAP**10	921,6	82	102,4	3,072	13,82	862,6
MAP**15	870,4	82	153,6	3,072	13,06	862,6
MAP**20	819,2	82	204,8	3,072	12,29	862,6
MAP**30	716,8	82	307,2	3,072	10,75	862,6
MAP**40	614,4	82	409,6	3,072	9,22	862,6

## II.6-Essais Sur Mortier Auto Plaçant Frais :

### II.6.1-Essais du Taux de saturation :

$$\frac{E}{L} = 0.45$$

Avec :

L = ciment +fumée de silice

C = 1000g

E/C = 0,45 , Fumée de silice 8% = 80g, Ciment = 920 g.

Tableau (II-27) : Essais du Taux de saturation.

Sp (%) super-plastifiant	0,5	1	1,5	2
Sp (g) //	4,6	9,2	13,8	18,4
Temps d'écoulement(s)	9,47	6,47	4,85	4,06



Figure (II-12) : Essais du Taux de saturation.

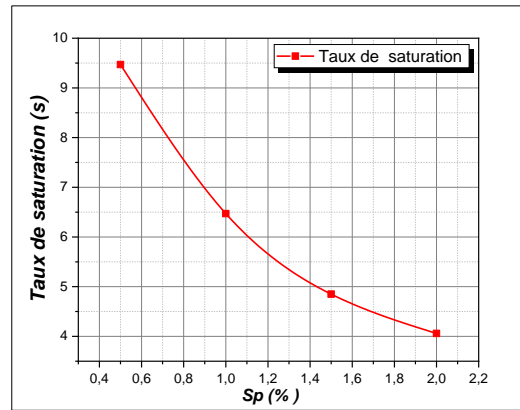


Figure (II-13) : Taux de saturation en super plastifiant.

Le taux de saturation en super plastifiant est estimé d'après le graphe de la figure (II-13) à 1,5%.

### II.6.2-Essai Au Mini Cône D'étalement :

Les étapes de l'essai est représenté par ces figures :



Figure (II-14) : Les étapes de essai au mini cône d'étalement.

- Pour déterminer l'étalement relatif  $R_P$  on utilise méthode D'okamura [33] :

$$R_P = \frac{d^2 - 100^2}{100^2} = \left( \frac{d}{100} \right)^2 - 1$$

Avec :

$R_P$  : l'étalement relatif,

$d$  : le diamètre d'étalement moyen de la galette de pâte.

Tableau (II-28) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP.

Mélangés E/L=0.82	Ciment	Fumée silice 8%	Fille de Calcaire	Sable mixte	Sp%	EAU	Etalement au mini cône (cm)		D <sub>moy</sub>	R <sub>P</sub> (mm <sup>2</sup> )
							D1	D2		
MAP00	1024	82	0	3,072	15,36	907	31	31	31	8,61
MAP10	922	82	102,4	3,072	13,82	907	31	30	30,5	8,30
MAP15	870,4	82	153,6	3,072	13,06	907	30	29	29,5	7,70
MAP20	819,2	82	204,8	3,072	12,29	907	29	29	29	7,41
MAP30	716,8	82	307,2	3,072	10,75	907	29	28	28,5	7,12
MAP40	614,4	82	409,6	3,072	9,22	907	28	28	28	6,84

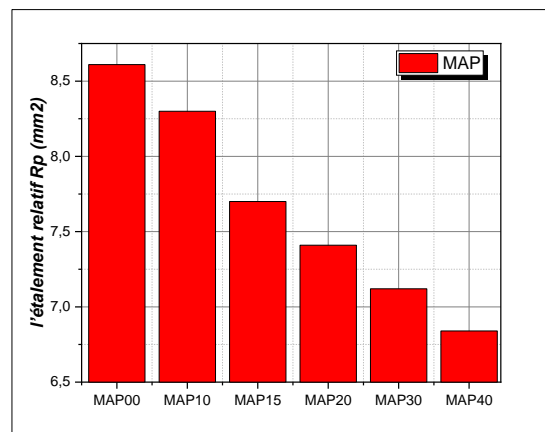


Figure (II-15) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP.

- ✓ La Figure (II-15) montre que l'étalement relative du mortier auto-plaçant MAP00 avec 0% de fines calcaire, et on remarque que l'étalement relative diminue avec l'augmentation du pourcentage de fillers calcaire.
- ✓ Les fillers calcaire absorbe l'eau de gâchage et influe sur l'étalement relative.
- ✓ Même remarque pour les mortiers auto-plaçant MAP\* et MAP\*\* les différents valeurs de E/L.

Tableau (II-29) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP\*.

Mélange E/L=0.7	Ciment	Fumée silice 8%	Fille de Calcaire	Sable mixte	Sp%	EAU	Etalement au mini cône (cm)		D <sub>moy</sub>	R <sub>p</sub> (cm)
							D1	D2		
MAP*00	1024	82	0	3,072	15,36	774,14	25,5	25,5	25,5	5,50
MAP*10	921,6	82	102,4	3,072	13,82	774,14	25,5	24,5	25	5,25
MAP*15	870,4	82	153,6	3,072	13,06	774,14	24,5	23,5	24	4,76
MAP*20	819,2	82	204,8	3,072	12,29	774,14	23,5	22,5	23	4,29
MAP*30	716,8	82	307,2	3,072	10,75	774,14	22,5	22	22,25	3,95
MAP*40	614,4	82	409,6	3,072	9,22	774,14	22	21,5	21,75	3,73

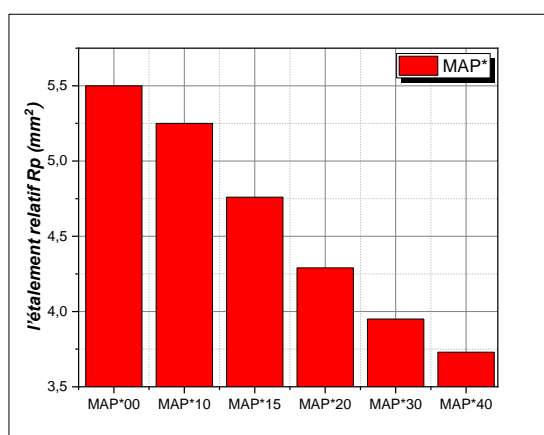


Figure (II-16) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP\* .

Tableau (II-30) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP\*\*.

Mélangés E/L=0.78	Ciment (g)	Fumée silice 8% (g)	Fille de Calcaire (g)	Sable mixte (g)	Sp%	EAU	Etalement au mini cône (cm)		D <sub>moy</sub>	R <sub>p</sub> (mm)
							D1	D2		
MAP**00	1024	82	0	3072	15,36	862,62	30	29	29,50	7,70
MAP**10	921,6	82	102,4	3072	13,82	862,62	29	28,5	28,75	7,26
MAP**15	870,4	82	153,6	3072	13,06	862,62	28	27,5	27,75	6,70
MAP**20	819,2	82	204,8	3072	12,29	862,62	27,5	27	27,25	6,42
MAP**30	716,8	82	307,2	3072	10,75	862,62	26,5	26	26,25	5,89
MAP**40	614,4	82	409,6	3072	9,22	862,62	26	25	25,50	5,50

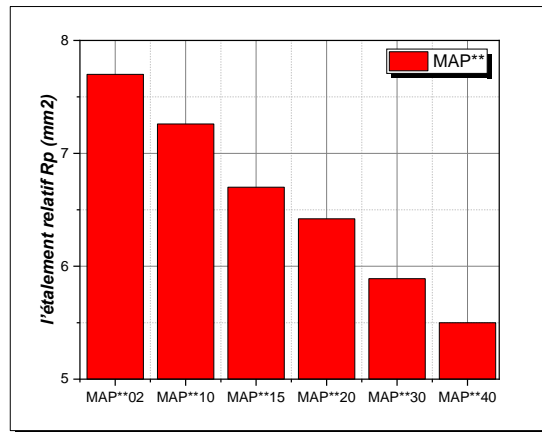


Figure (II-17) : L'étalement relatif au mini cône pour les MAP\*\*.

II.6.3-Essai Au Mini V-Funnel :

Tableau (II-31) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0.82.

Mélangés E/L=0.82	Ciment	Fumée silice 8%	Filler de Calcaire	Sable mixte	Sp	EAU	Temps d'écoulement Au mini V final(S)
MAP00	1024	82	0	3,072	15,36	906,85	2,06
MAP10	921,6	82	102,4	3,072	13,82	906,92	2,15
MAP15	870,4	82	153,6	3,072	13,06	906,92	2,28
MAP20	819,2	82	204,8	3,072	12,29	906,92	2,42
MAP30	716,8	82	307,2	3,072	10,75	906,92	2,65
MAP40	614,4	82	409,6	3,072	9,22	906,92	3,0

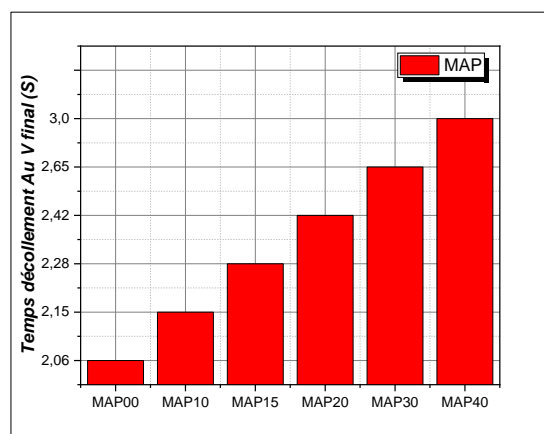


Figure (II-18) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0.82.

Tableau (II-32) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0.7.

Mélangés E/L=0.7	Ciment	Fumée silice 8%	Fille de Calcaire	Sable mixte	Sp	EAU	Temps décollement Au V final(S)
MAP*00	1024	82	0	3,072	15,36	774,144	2,30
MAP*10	921,6	82	102,4	3,072	13,82	774,144	2,55
MAP*15	870,4	82	153,6	3,072	13,06	774,144	2,90
MAP*20	819,2	82	204,8	3,072	12,29	774,144	3,20
MAP*30	716,8	82	307,2	3,072	10,75	774,144	3,50
MAP*40	614,4	82	409,6	3,072	9,22	774,144	3,80

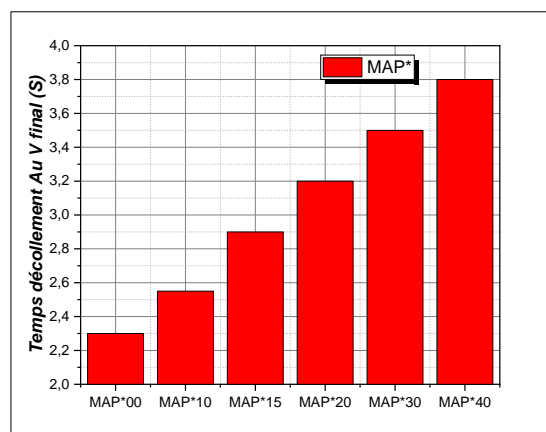
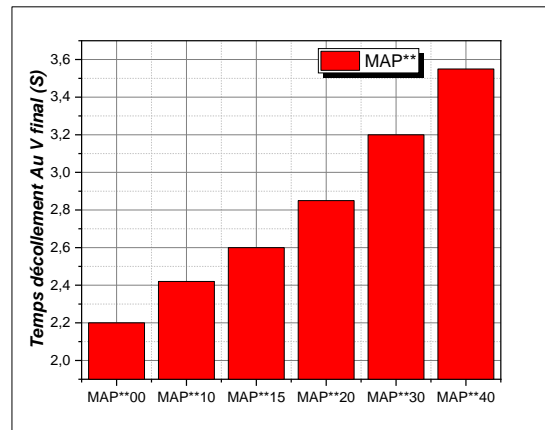


Figure (II-19) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0,7.

Tableau (II-33) : Temps d'écoulement au mini V Funnel pour E/L=0,78.

Mélangés E/L=0.78	Ciment	Fumée silice 8%	Fille de Calcaire	Sable mixte	Sp	EAU	Temps décollement Au V final (S)
MAP**00	1024	82	0	3,072	15,36	862,6176	2,20
MAP**10	921,6	82	102,4	3,072	13,82	862,6176	2,42
MAP**15	870,4	82	153,6	3,072	13,06	862,618	2,60
MAP**20	819,2	82	204,8	3,072	12,29	862,6176	2,85
MAP**30	716,8	82	307,2	3,072	10,75	862,6176	3,20
MAP**40	614,4	82	409,6	3,072	9,22	862,6176	3,55



**Figure (II-20) :** Temps d'écoulement au mini V Funnel pour  $E/L=0.82$ .

On remarque pour les figures (II-18, II-19, II-20) que le temps d'écoulement minimal pour le MAP00 (avec 0 % fillers calcaire) et il augmente avec l'augmentation du pourcentage de fillers calcaire dans les mortiers. Ceci est valable pour les autres MAP\* et MAP\*\*.

#### II.6.4-Essai Au Bac En Plexiglas :



**Figure (II-21) :** Photos montrant la planéité de la surface libre des différents mélanges

L'importance de cet essai est de visualiser la surface libre du mortier autoplaçant et autonivelant, on remarque que les MAP avec 0% et 10% de fine calcaire, donne est une surface libre horizontal pour le mortier.

donc on constate que les MAP avec 0% et 10% de fillers calcaire présentent une surface libre autonivelan.

## II.7-Essais Sur Mortier Auto Plaçant Durci :

### II.7.1-Mesure De La Résistance A La Traction Par Flexion :

Placer le prisme dans le dispositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les rouleaux d'appui et son axe longitudinal perpendiculaire à ceux-ci. Appliquer la charge verticalement par le rouleau de chargement sur la face latérale opposée du prisme et l'augmenter de  $50 \text{ N/s} \pm 10 \text{ N/s}$ , jusqu'à rupture.

Conserver les demi-prismes humides jusqu'au moment des essais en compression .La résistance en flexion  $R_f$  (en  $\text{N/mm}^2$ ) est calculée au moyen de la formule :

$$R_f = \frac{F_c}{b^2}$$

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.

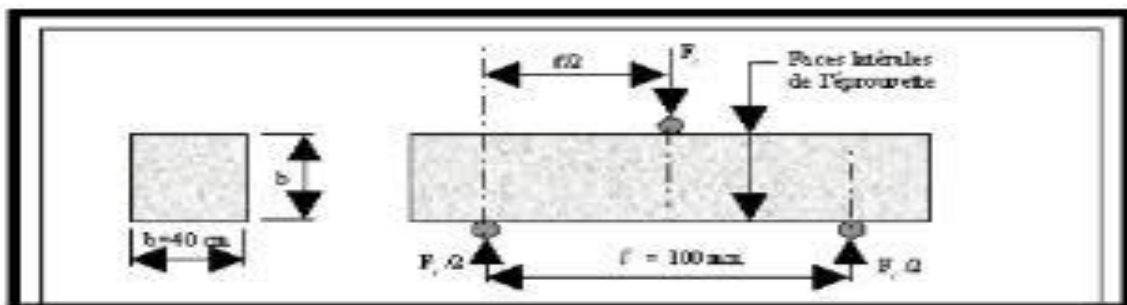


Figure (II-22) : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.



Figure (II-23) : 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 spécimens prismatiques de (4x4x16 cm<sup>3</sup>) mûries à l'eau. Les résultats de la résistance à la compression obtenus à 7 et 14 et 28 jours représentent la moyenne de trois échantillons.

La machine utilisée pour l'écrasement uni axial des cylindres est une presse hydraulique dont la capacité maximale est de 1500 kN en compression Figure (II-25).

La machine utilisée pour l'écrasement uni axial des spécimens prismatiques est une presse hydraulique Figure (II-25).

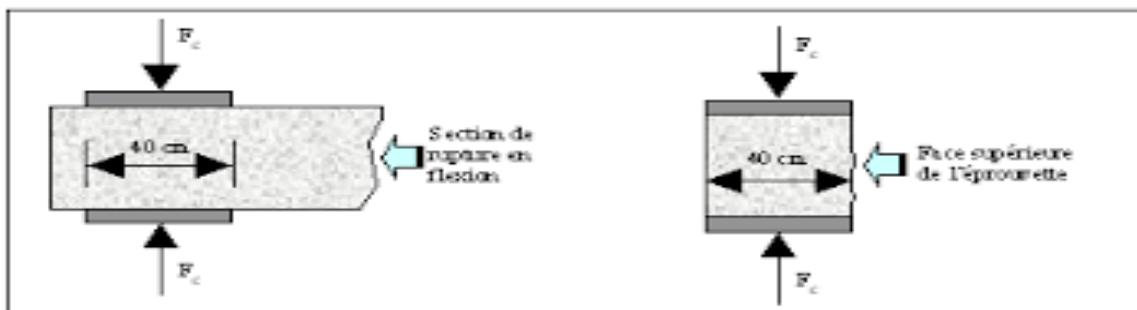


Figure (II-24) : Dispositif pour l'essai de résistance à la compression.



Figure (II-25) : L'appareil de compression.



**CHAPITRE III :**  
**Résultats Et Discussions**

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

La masse volumique  $\rho$  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.

$$M_v = [\text{masse de mortier} / \text{volume de moule}]$$

**Avec:** volume du moule =  $3(4 \times 4 \times 16) = 768 \text{ cm}^3$ .

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux (III-1, III-2, III-3):

**Tableau (III-1) :** Masse volumique des mélanges de mortier pour  $E/L = 0.82$ .

Nomination	La masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	
	14 jours	28 jours
MAP00	2,11	2,03
MAP10	2,10	1,94
MAP15	2,09	1,92
MAP20	2,11	1,89
MAP30	2,04	1,85
MAP40	2,05	1,93

**Tableau (III-2) :** Masse volumique des mélanges de mortier pour  $E/L = 0.7$ .

Nomination	La masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	
	14 jours	28 jours
MAP*00	2,11	2,15
MAP*10	2,09	2,09
MAP*15	2,12	2,13
MAP*20	2,05	2,03
MAP*30	2,12	2,11
MAP*40	2,06	2,05

**Tableau (III-3) :** Masse volumique des mélanges de mortier pour  $E/L = 0.78$ .

Nomination	La masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	
	14 jours	28 jours
MAP**00	2,14	2,16
MAP**10	2,15	2,18
MAP**15	2,08	2,08
MAP**20	2,06	2,06
MAP**30	2,05	2,04
MAP**40	2,10	2,08

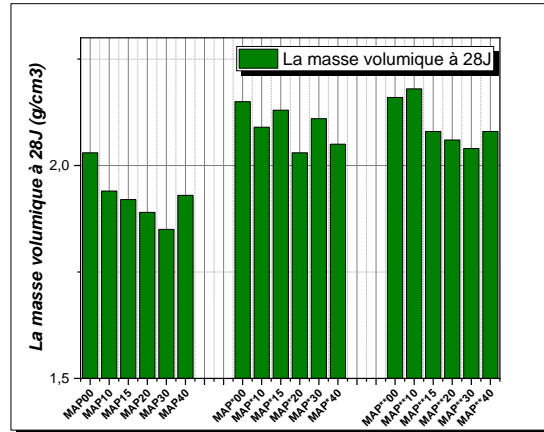


Figure (III-1): Masse volumique des mélanges de mortier pour E/L = 0.82, 0.7 et 0.78.

On remarque que la variation de la masse volumique des mélanges de mortiers auto plaçant est peu importante selon la variation de E/L et du pourcentage de fillers calcaire.

### III.2-Résistance à la traction par flexion :

Tableau (III-4): 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
MAP00	1,68	1,90	2,25
MAP10	2,15	2,50	3,14
MAP15	1	1,03	1,46
MAP20	1,02	1,22	1,52
MAP30	0.80	0.90	1,21
MAP40	0.98	1,13	1,35

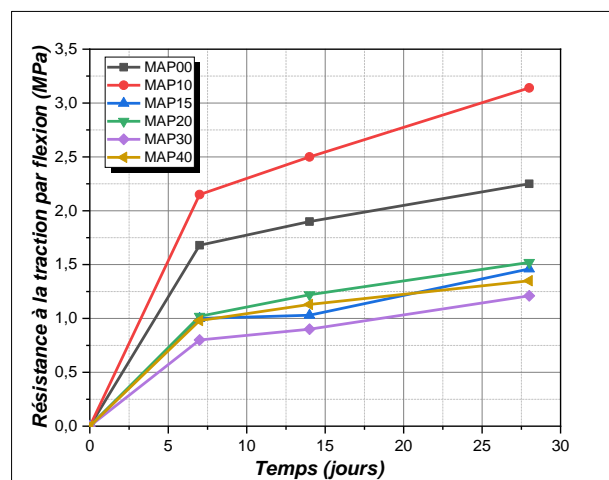
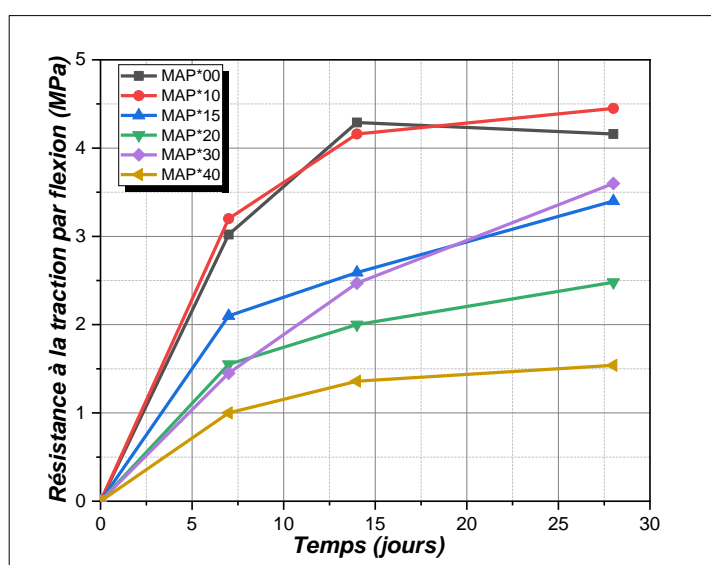


Figure (III-2):Résistance à la traction par flexion en fonction du temps (pour E/L = 0.82.)

**Tableau (III-5):** 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*00	3,02	4,29	4,16
MAP*10	3,20	4,16	4,45
MAP*15	2,10	2,59	3,40
MAP*20	1,55	2	2,48
MAP*30	1,45	2,47	3,6
MAP*40	1	1,36	1,54



**Figure (III-3) :** Résistance à la traction par flexion en fonction du temps (pour  $E/L = 0.7$ ).

**Tableau (III-6):** 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**00	3,66	5,33	5,41
MAP**10	3,67	4,08	4,69
MAP**15	3,92	3,61	3,66
MAP**20	3,04	3,53	3,34
MAP**30	2,63	3,01	3,13
MAP**40	2,03	2,61	2,88

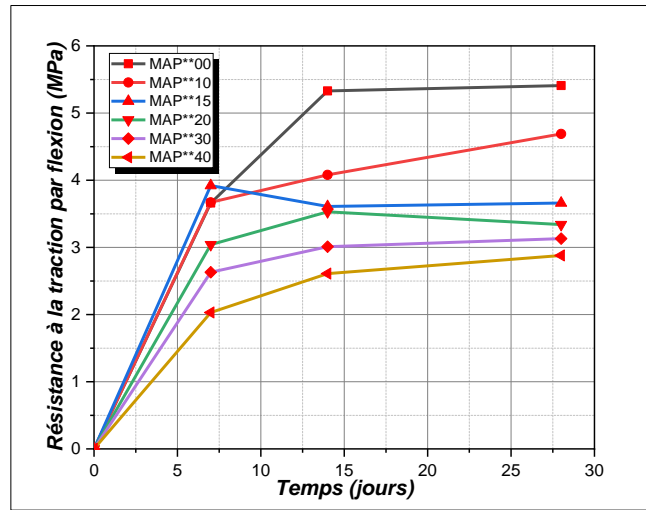


Figure (III-4) : Résistance à la traction par flexion en fonction de temps pour ( $E/L = 0.78$ ).

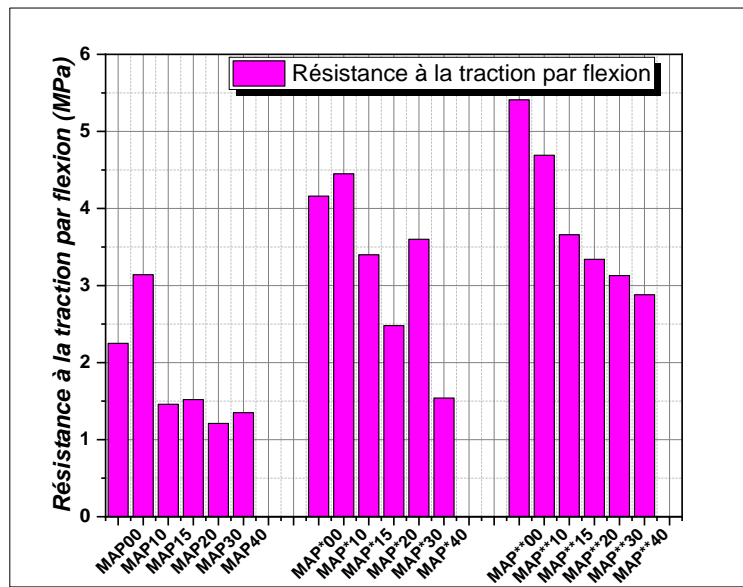


Figure (III-5) : Evolution de la résistance à la traction par flexion du mortier auto-plaçant pour différents valeurs d'E/L.

La figure III-4 montre l'évolution de la résistance à la traction au court du temps, elle montre aussi que le mélange de mortier auto-plaçant avec un pourcentage de fillers calcaire entre 0 et 10% donne les meilleures valeurs de la résistance à la traction.

La figure III-5 montre que le rapport  $E/L = 0.78$  donne les meilleures valeurs de la résistance à la traction, elle montre aussi que le mélange de mortier auto-plaçant avec un pourcentage de fillers calcaire entre 0 et 10% donne les meilleures valeurs de la résistance à la traction.

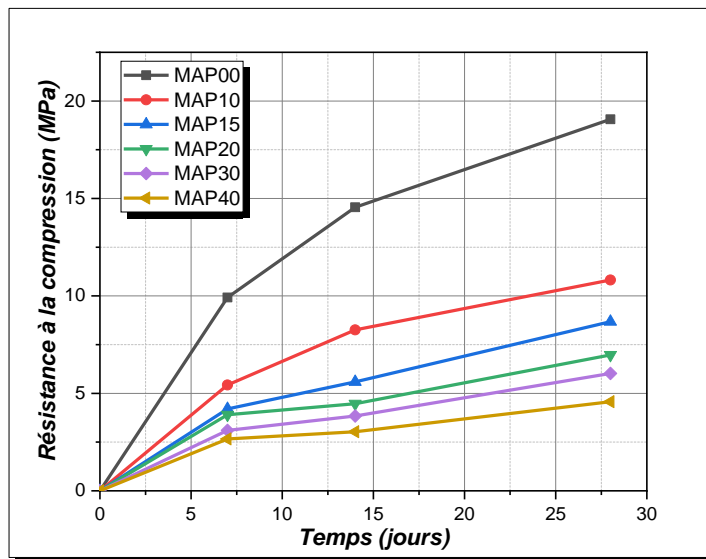
Remarque : le mortier de control MAP\*\*00 avec 0% filler calcaire donne la meilleure résistance à la traction mais il n'est pas retenu à cause du problème de ressuage (présence de flaques d'eau à la surface libre du mortier) et aussi à cause du coût économique du ciment.

On remarque aussi que les mélange avec E/L = 0.82 (MAP : 0 – 40%) présentent tous un problème de ressuage.

**III.3- Résistance à la compression:**

**Tableau (III-7):** Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges (E/L=0.82).

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)		
	7 jours	14 jours	28 jours
MAP00	9,92	14,55	19.06
MAP10	5,43	8,26	10,82
MAP15	4.20	5,59	8.68
MAP20	3,90	4,47	6.97
MAP30	3,10	3,84	6.02
MAP40	2,66	3,03	4.57



**Figure (III-6) :** Résistance à la Compression en fonction de temps pour E/L = 0.82.

Tableau (III-8): résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges (E/L=0.7).

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)		
	7 jours	14 jours	28 jours
MAP*00	16,35	15,16	23,96
MAP*10	12	15,19	18,44
MAP*15	7,24	8,63	13,09
MAP*20	5,26	5,51	9,15
MAP*30	4,62	6,91	10,86
MAP*40	3,07	4,07	5,74

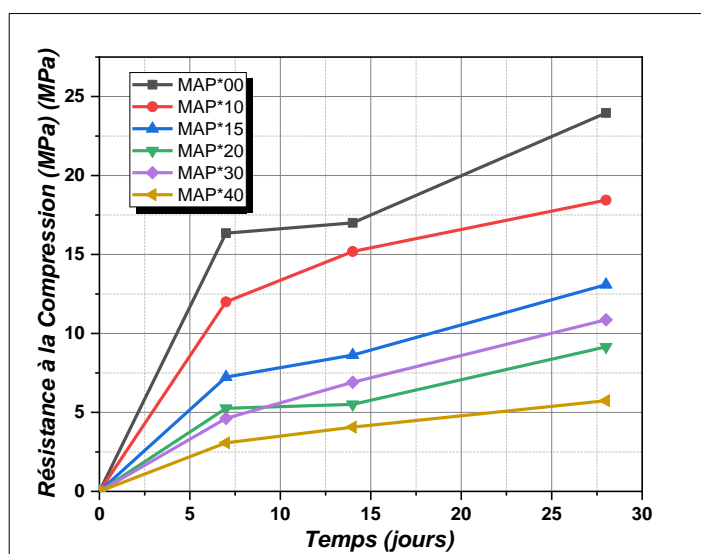


Figure (III-7) : Résistance à la Compression à fonction de temps pour E/L = 0.7.

Tableau (III-9): Résistance à la compression des différents mortiers aux différents âges (E/L=0.78).

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)		
	7 jours	14 jours	28 jours
MAP**00	16,68	18,97	21,78
MAP**10	11,53	17,82	17,18
MAP**15	10,64	14,38	16,92
MAP**20	10,14	11,51	11,63
MAP**30	7,24	8,42	10,17
MAP**40	5,14	6,61	9,73

- La résistance à la compression évolue en fonction du temps, la résistance à 28 jours est plus importante que celle à 0, 7, et 14 jours.

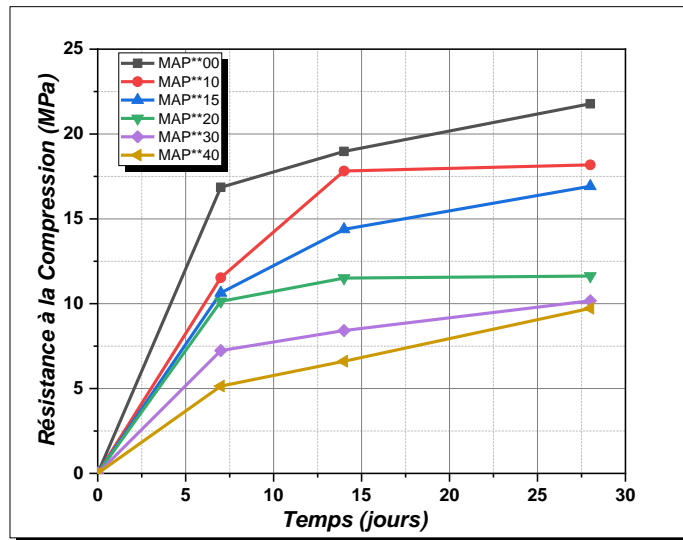


Figure (III-8) : Résistance à la Compression en fonction de temps pour E/L = 0.78.

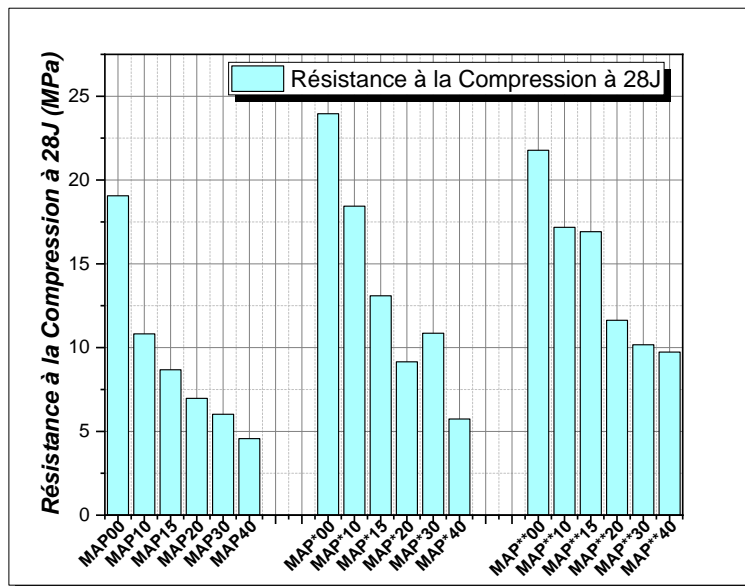


Figure (III-9): Evolution de la résistance à la compression des différents mortiers en fonction de E/L et en fonction du pourcentage de fillers calcaire.

La résistance à la compression à 28 jours est maximale pour les mortiers de contrôle sans fillers calcaire, vient ensuite les mortiers avec 10 % et 15 % de fillers calcaire.

On a remarqué que les mortiers de contrôle MAP00, MAP\*00, MAP\*\*00 présentent un problème de ressuage inconvenient pour un mortier auto-nivelant, mais aussi pour un problème d'économie de ciment

Les mélanges de mortier auto plaçant avec un rapport E/L = 0.7 donnent les meilleurs valeurs de la résistance à la compression.

### III.4-Influence du pourcentage de fillers calcaire sur la Résistance mécanique.

Tableau (III-10): Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.

Fillers de calcaire (%)	Résistance à la traction par flexion à 28J (MPa)		
	MAP	MAP*	MAP**
0	2,25	4,16	5,41
10	3,14	4,45	4,69
15	1,46	3,40	3,66
20	1,52	2,48	3,34
30	1,21	3,6	3,13
40	1,35	1,54	2,88

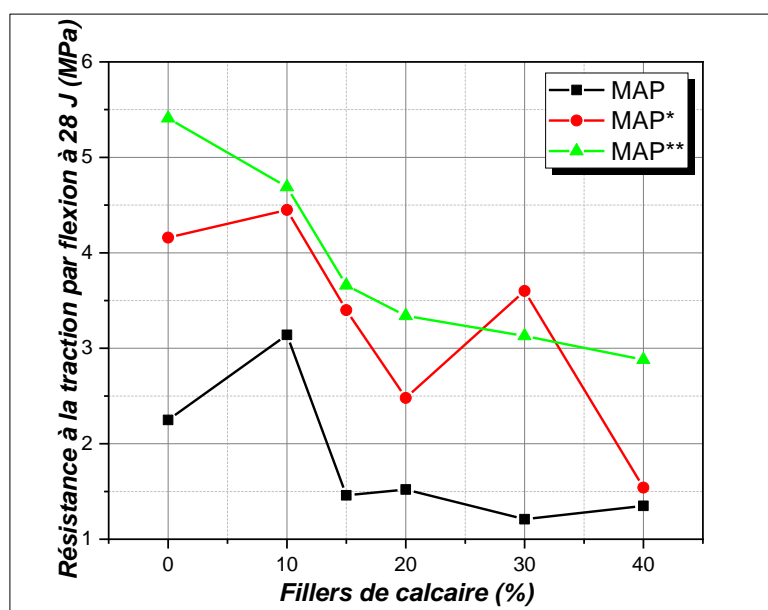


Figure (III-10) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.

La résistance à la traction diminue en augmentons le pourcentage de fillers calcaire, le pourcentage de 10% de fillers calcaire donne les meilleurs valeurs de la résistance pour les trois valeurs de E/L.

Tableau (III-11): Résistance à la Compression à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.

Fillers de calcaire (%)	Résistance à la Compression (MPa)		
	MAP	MAP*	MAP**
0	19,06	23,96	21,78
10	10,82	18,44	17,18
15	8,68	13,09	16,92
20	6,97	9,15	11,63
30	6,02	10,86	10,17
40	4,57	5,74	9,73

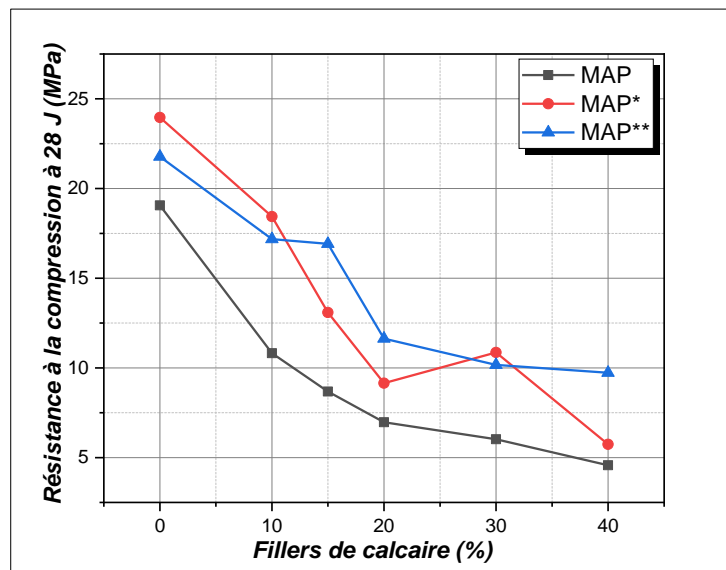


Figure (III-11) : Résistance à la Compression à 28J en fonction du pourcentage de fillers calcaire.

La résistance à la compression diminue en augmentons le pourcentage de fillers calcaire, le pourcentage de 10% de fillers calcaire donne les meilleurs valeurs de la résistance pour les trois valeurs de E/L.

### III.5-Influence de la Porosité du mélange de sables mixte avec filaires calcaire sur la Résistance mécanique.

Tableau (III-12): Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de la Porosité du mélange de sables mixte avec filaires calcaire.

Fillers de calcaire (%)	La Porosité (%)	Résistance à la traction par flexion (MPa)		
		MAP	MAP*	MAP**
0	39,03	2,25	4,16	5,41
10	37,89	3,14	4,45	4,69
15	39,54	1,46	3,40	3,66
20	37,82	1,52	2,48	3,34
30	39,72	1,21	3,6	3,13
40	40,28	1,35	1,54	2,88

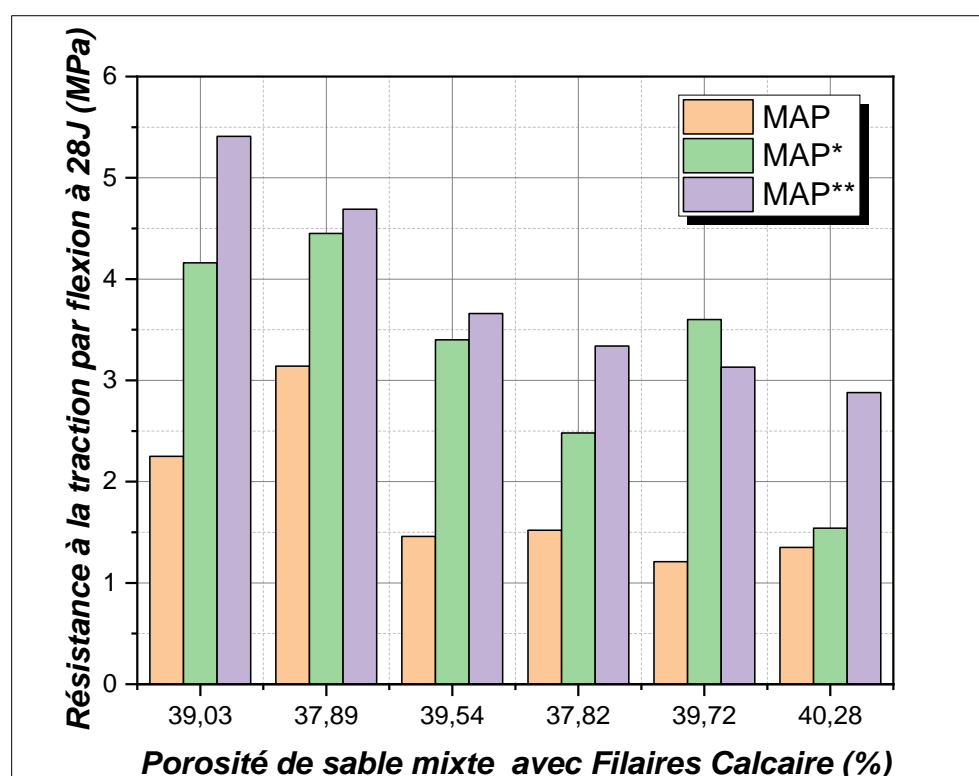


Figure (III-12) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de la Porosité de sables mixte avec filaires calcaire.

Pour l'étude de l'influence de la porosité du mélange de sable mixte avec fillers calcaire on remarque que la porosité du mélange influe sur la résistance à la traction, plus la porosité est minimale plus la résistance à la traction est maximale et cela pour les différents valeurs de E/L.

Tableau (III-13): Résistance à la Compression à 28J en fonction de la Porosité de sables mixte avec filaires calcaire.

Fillers de calcaire (%)	La Porosité (%)	Résistance à la Compression (MPa)		
		MAP	MAP*	MAP**
0	39,03	19.06	23,96	21,78
10	37,89	10,82	18,44	17,18
15	39,54	8.68	13,09	16,92
20	37,82	6.97	9,15	11,63
30	39,72	6.02	10,86	10,17
40	40,28	4.57	5,74	9,73

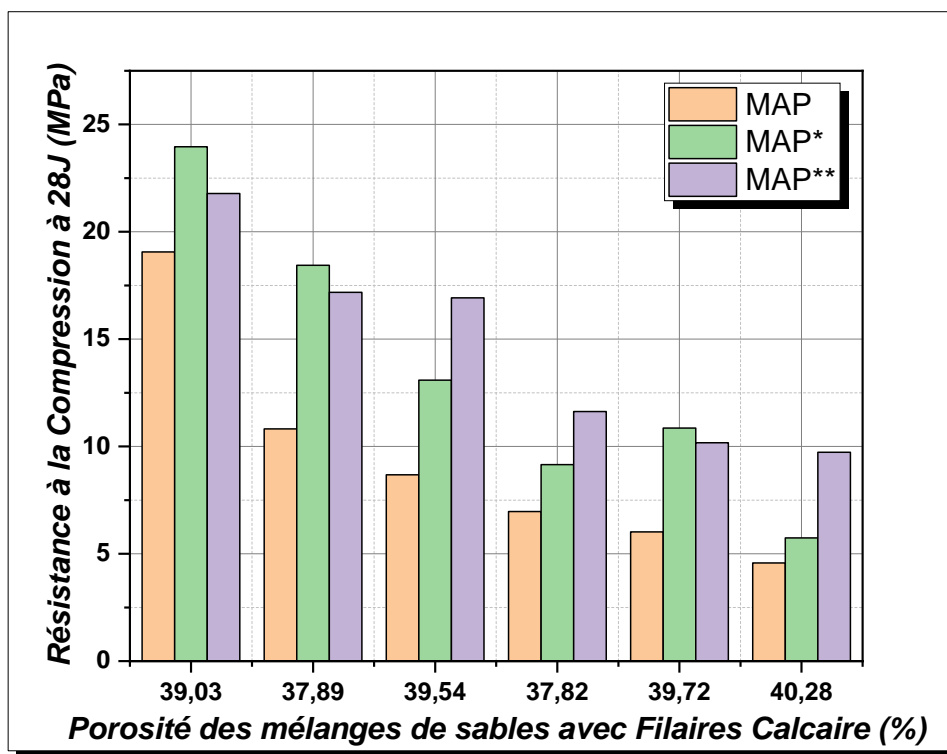


Figure (III-13) : Résistance à la Compression à 28J en fonction de la Porosité de sables mixte avec filaires calcaire.

### III.6-Influence l'étalement relatif $R_P$ sur la Résistance mécanique.

Tableau (III-14):Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_P$  (MAP).

Nomination	Résistance à la traction par flexion (MPa)	l'étalement relatif $R_P$ (mm <sup>2</sup> )
MAP00	2,25	8.61
MAP10	3,14	8.30
MAP15	1,46	7.70
MAP20	1,52	7.41
MAP30	1,21	7.12
MAP40	1,35	6.84

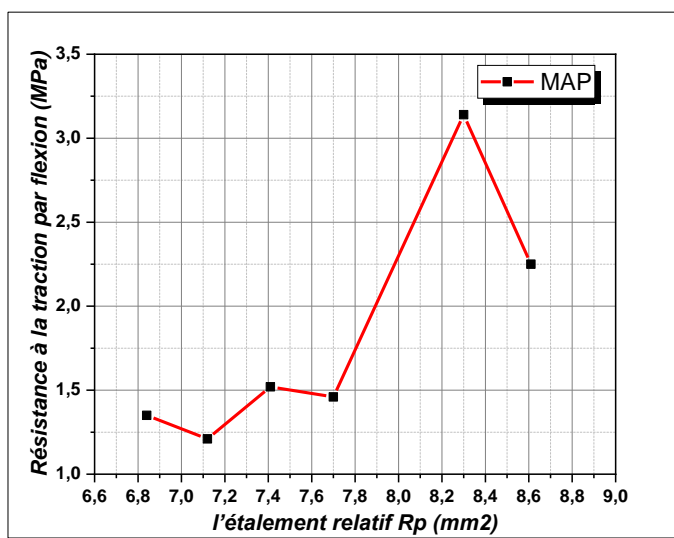


Figure (III-14) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_P$  (MAP).

Tableau (III-15):Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_P$  (MAP\*).

Nomination	Résistance à la traction par flexion (MPa)	l'étalement relatif $R_P$ (mm <sup>2</sup> )
MAP*00	4,16	5,50
MAP*10	4,45	5,25
MAP*15	3,40	4,76
MAP*20	2,48	4,29
MAP*30	3,6	3,95
MAP*40	1,54	3,73

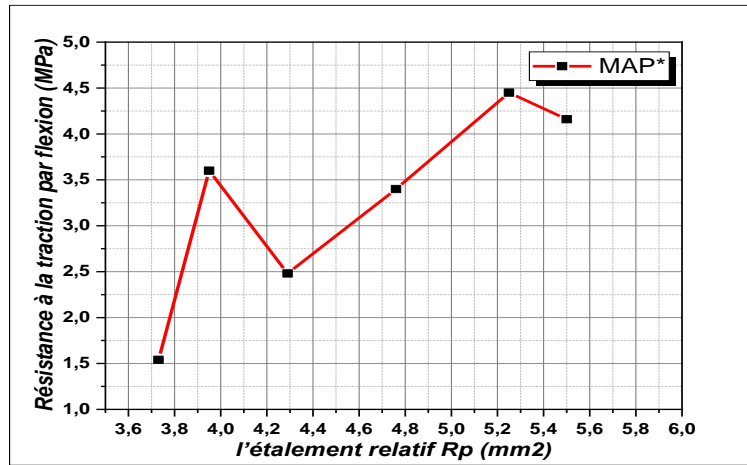


Figure (III-15) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$  (MAP\*).

Tableau (III-16): Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$  (MAP\*\*).

Nomination	Résistance à la traction par flexion (MPa)	l'étalement relatif $R_p$ (mm <sup>2</sup> )
MAP**00	5,41	7,70
MAP**10	4,69	7,26
MAP**15	3,66	6,70
MAP**20	3,34	6,42
MAP**30	3,13	5,89
MAP**40	2,88	5,50

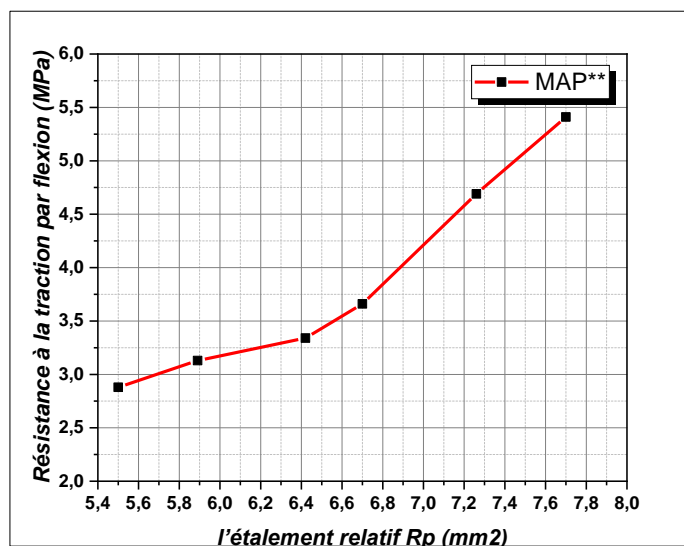


Figure (III-16) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$ (MAP\*\*).

Tableau (III-17): Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$  (MAP).

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)	l'étalement relatif $R_p$ (mm <sup>2</sup> )
MAP00	19.06	8.61
MAP10	10,82	8.30
MAP15	8.68	7.70
MAP20	6.97	7.41
MAP30	6.02	7.12
MAP40	4.57	6.84

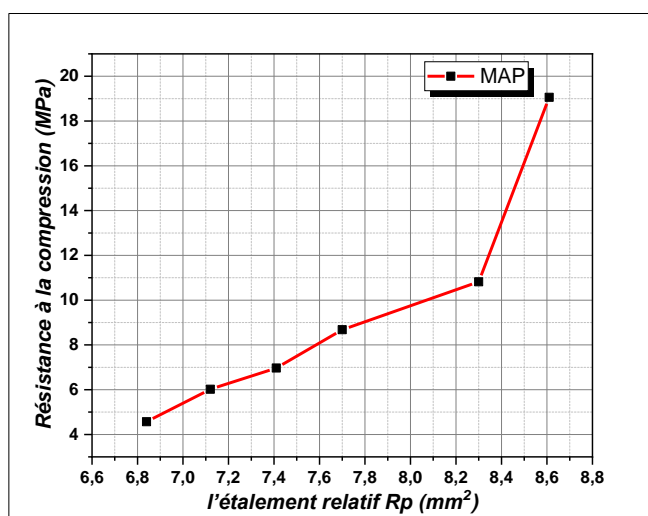


Figure (III-17) : Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$ .

Tableau (III-18): Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$  (MAP\*)

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)	l'étalement relatif $R_p$ (mm <sup>2</sup> )
MAP*00	23,96	5,50
MAP*10	18,44	5,25
MAP*15	13,09	4,76
MAP*20	9,15	4,29
MAP*30	10,86	3,95
MAP*40	5,74	3,73

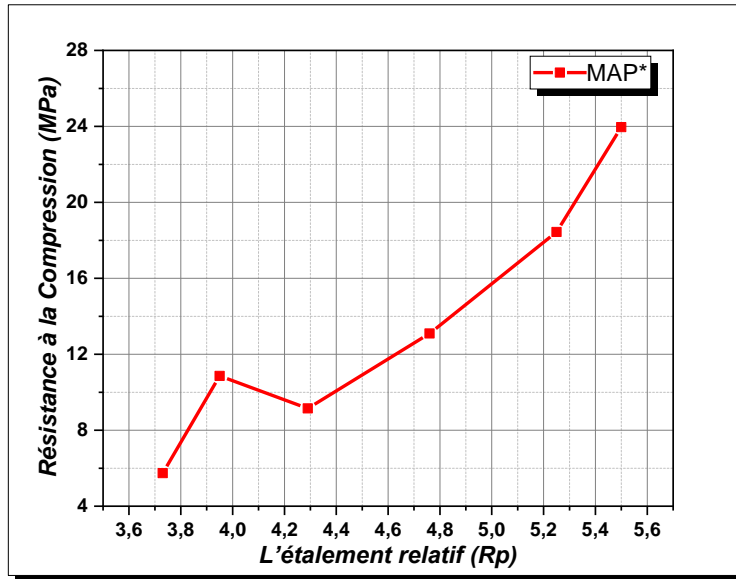


Figure (III-18) : Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$  (MAP\*).

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

Nomination	Résistance à la Compression (MPa)	l'étalement relatif $R_p$ (mm <sup>2</sup> )
MAP**00	21,78	7,70
MAP**10	17,18	7,26
MAP**15	16,92	6,70
MAP**20	11,63	6,42
MAP**30	10,17	5,89
MAP**40	9,73	5,50

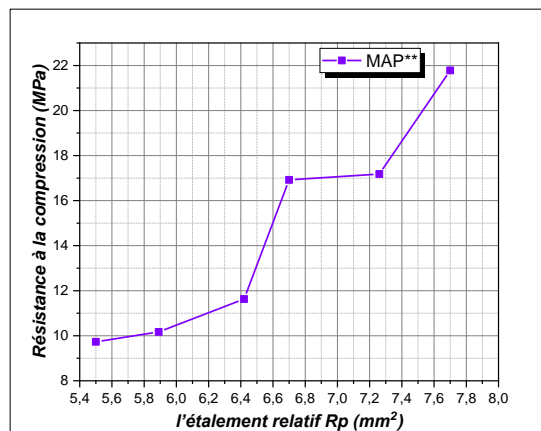


Figure (III-19) : Résistance à la Compression à 28J en fonction de l'étalement relatif  $R_p$  (MAP\*\*).

### III.7-Influence du rapport E/L sur la Résistance mécanique.

Tableau (III-20):Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de rapport E/L.

Fillers de calcaire (%)	Résistance à la traction par flexion (MPa)		
	E/L = 0,7	E/L = 0,78	E/L = 0,82
0	4,16	5,41	2,25
10	4,45	4,69	3,14
15	3,40	3,66	1,46
20	2,48	3,34	1,52
30	3,6	3,13	1,21
40	1,54	2,88	1,35

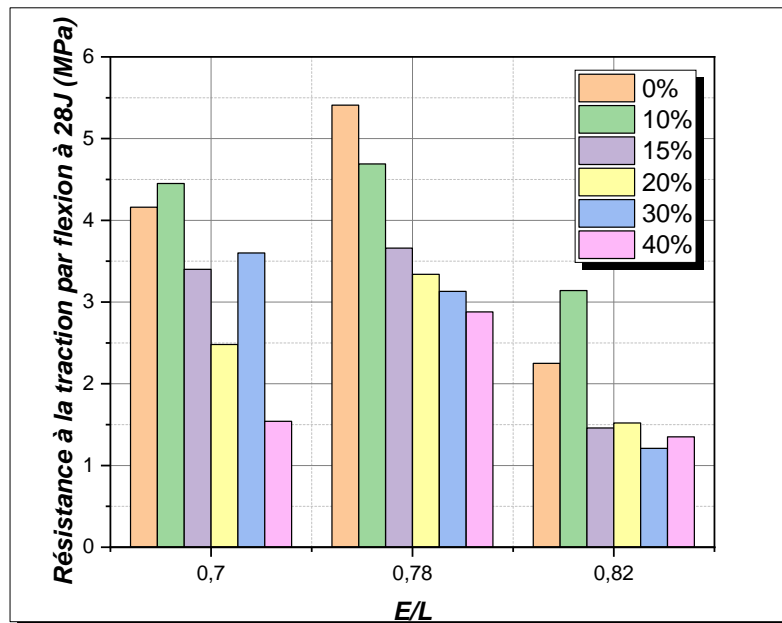


Figure (III-20) : Résistance à la traction par flexion à 28J en fonction de rapport E/L.

On remarque que la résistance à la traction est maximale pour les mélanges sans filaire calcaire, ces résistances sont aussi maximales pour les valeurs de E/L comprises entre 0.7 et 0.78, la résistance diminue sensiblement pour les valeurs de E/L = 0.82, un surplus d'eau de gâchage conduit à un volume d'air plus important après durcissement du mortier ce qui implique une diminution de la résistance.

Aussi l'augmentation du pourcentage de fillers calcaire en substitution au ciment conduit à une chute importante de la résistance du mortier auto-plaçant.

Tableau (III-21): Résistance à la Compression à 28J en fonction de rapport E/L.

Fillers de calcaire (%)	Résistance à la Compression (MPa)		
	E/L = 0,7	E/L = 0,78	E/L = 0,82
0	23,96	21,78	19.06
10	18,44	17,18	10,82
15	13,09	16,92	8.68
20	9,15	11,63	6.97
30	10,86	10,17	6.02
40	5,74	9,73	4.57

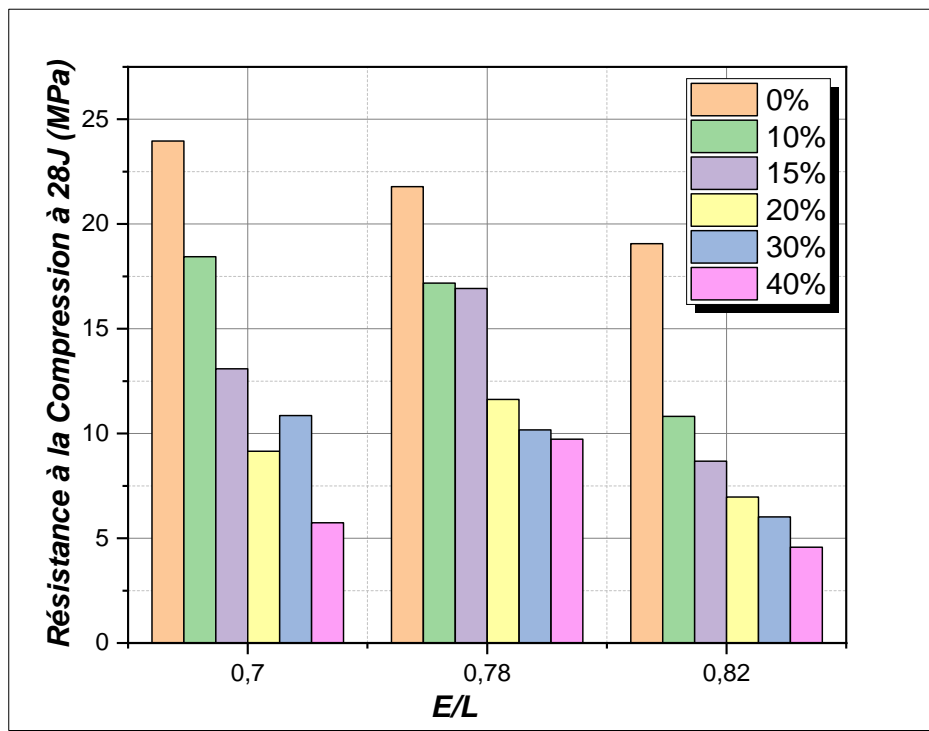


Figure (III-21): Résistance à la Compression à 28J en fonction de rapport E/L.

On remarque que comme pour les conclusions pour la résistance à la traction , la résistance à la compression est maximale pour les mélanges sans filaire calcaire, ces résistances sont aussi maximales pour les valeurs de E/L comprises entre 0.7 et 0.78, la résistance diminue sensiblement pour les valeurs de E/L = 0.82, un surplus d'eau de gâchage conduit a un volume d'air plus important après durcissement du mortier ce qui implique une diminution de la résistance.

Aussi l'augmentation du pourcentage de fillers calcaire en substitution au ciment conduit a une chute importante de la résistance à la compression du mortier auto-plaçant.



**CHAPITRE IV :**  
**CONCLUSIONS GENERALES**

## CONCLUSIONS GENERALES

En ce basant sur les essais effectués au laboratoire de génie civil, les essais de caractérisations, les essais sur mortiers frais et les essais sur mortiers durcis, nous avons rassemblé les conclusions suivantes :

1/ On remarque que la variation de la masse volumique des mélanges de mortiers auto plaçant est peu importante selon la variation de E/L et du pourcentage de fillers calcaire.

2/ La figure III-4 montre l'évolution de la résistance à la traction au court du temps, elle montre aussi que le mélange de mortier auto-plaçant avec un pourcentage de fillers calcaire entre 0 et 10% donne les meilleures valeurs de la résistance à la traction.

La figure III-5 montre que le rapport  $E/L = 0.78$  donne les meilleures valeurs de la résistance à la traction, elle montre aussi que le mélange de mortier auto-plaçant avec un pourcentage de fillers calcaire entre 0 et 10% donne les meilleures valeurs de la résistance à la traction.

Remarque : le mortier de control MAP\*\*00 avec 0% filler calcaire donne la meilleure résistance à la traction mais il n'est pas retenu à cause du problème de ressuage (présence de flaques d'eau à la surface libre du mortier) et aussi à cause du coût économique du ciment.

On remarque aussi que les mélanges avec  $E/L = 0.82$  (MAP : 0 – 40%) présentent tous un problème de ressuage.

3/ La résistance à la compression à 28 jours est maximale pour les mortiers de contrôle sans fillers calcaire, vient ensuite les mortiers avec 10 % et 15 % de fillers calcaire.

On a remarqué que les mortiers de contrôle MAP00, MAP\*00, MAP\*\*00 présentent un problème de ressuage inconfortable pour un mortier auto-nivelant, mais aussi pour un problème d'économie de ciment

Les mélanges de mortier auto plaçant avec un rapport  $E/L = 0.7$  donnent les meilleurs valeurs de la résistance à la compression.

4/ La résistance à la traction diminue en augmentons le pourcentage de fillers calcaire, le pourcentage de 10% de fillers calcaire donne les meilleurs valeurs de la résistance pour les trois valeurs de E/L.

5/ La résistance à la compression diminue en augmentons le pourcentage de fillers calcaire, le pourcentage de 10% de fillers calcaire donne les meilleurs valeurs de la résistance pour les trois valeurs de E/L.

6/ Pour l'étude de l'influence de la porosité du mélange de sable mixte avec fillers calcaire on remarque que la porosité du mélange influe sur la résistance à la traction, plus la porosité est minimale plus la résistance à la traction est maximale et cela pour les différents valeurs de E/L.

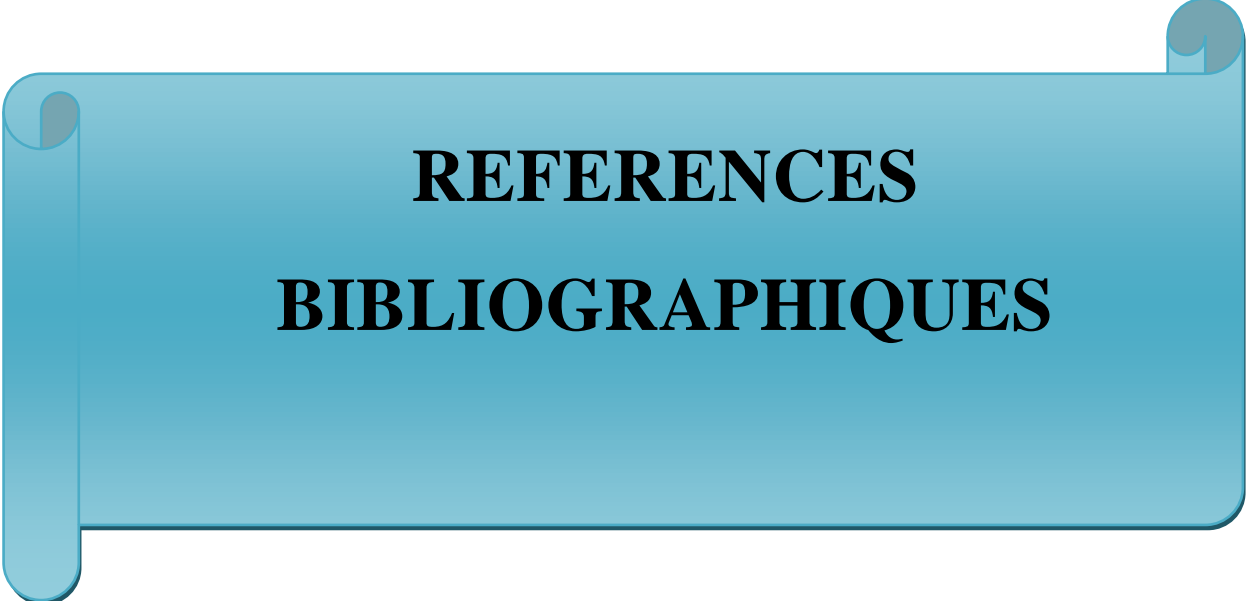
7/ On remarque que la résistance à la traction est maximale pour les mélanges sans filaire calcaire, ces résistances sont aussi maximales pour les valeurs de E/L comprises entre 0.7 et 0.78, la résistance diminue sensiblement pour les valeurs de E/L = 0.82, un surplus d'eau de gâchage conduit à un volume d'air plus important après durcissement du mortier ce qui implique une diminution de la résistance.

Aussi l'augmentation du pourcentage de fillers calcaire en substitution au ciment conduit à une chute importante de la résistance du mortier auto-plaçant.

8/ On remarque que comme pour les conclusions pour la résistance à la traction, la résistance à la compression est maximale pour les mélanges sans filaire calcaire, ces résistances sont aussi maximales pour les valeurs de E/L comprises entre 0.7 et 0.78, la résistance diminue sensiblement pour les valeurs de E/L = 0.82, un surplus d'eau de gâchage conduit à un volume d'air plus important après durcissement du mortier ce qui implique une diminution de la résistance.

Aussi l'augmentation du pourcentage de fillers calcaire en substitution au ciment conduit à une chute importante de la résistance à la compression du mortier auto-plaçant.

Pour conclure nous constatons que le mélange avec 10% de fillers calcaire substitués au ciment et un rapport E/L = 0.78 nous obtenons un mortier auto-plaçant présentant un bon étalement, une bonne rhéologie permettant d'avoir des surfaces libres auto-nivelant de ces mortiers et une résistance mécanique acceptable pour ces mortiers destinés à l'enduit des façades et à la pose des carreaux de sols.



**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références Bibliographiques

---

- [1]-**James T, Malachi A, Gadzama E W and Anametemfiok V** 2011 Effect of curing method on the compressive strength of concrete. Nigerian J. Tech. 30(3) 14-20.
- [2]-**Mohamed J M** 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 J O, Bettencourt R and Fernando G B** 2015 Curing effect in the shrinkage of a lower strength self-compacting concrete. Constr. Build. Mater. 93 1206–15.
- [4]-**Sri R C M, Swamynaga R G P, Rathish K P, Rajesh K G 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. disponible sur : [www.infociments.fr/telecharger/CT-G11.pdf](http://www.infociments.fr/telecharger/CT-G11.pdf).
- [7]-**BEN FETTACHA Mohamed Abdou**: de COMPACITÉ DES BÉTONS AUTOPLAÇANTS AUX DIFFÉRENTS TYPES DE SABLES Soutenu le : 04/06/2016
- [8]-**J. Baron et 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 nadja** .étude expérimentale d'un mortier avec les ajouts minéraux, mémoire de master en génie civil, université Kasdi Merbah, Ouargla. 2014.

## Références Bibliographiques

---

- [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 (PRO 7), 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-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 UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES 2013/2014.

## Références Bibliographiques

---

[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 es bétons autoplaçants. Documents scientifiques et techniques. 2ème 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. **TANGTERMSIRIKUL, 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. **DE LARRARD, F. BOSC, C. CATHERINE & F. DE FLORENNE** 1996 : La nouvelle méthode des coulis de l'AFREM pour la formulation des bétons à hautes performances. Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 202, pp 61-69. Mars-Avril 1996

[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. pp 147-161. 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. V 14, pp 71-78. 1992.

## Références Bibliographiques

---

[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,March2000.

[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 composites 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 2010

**MATINE**  
Ciment pour béton exigeant  
CEM II/B 42,5 N NA 442



## FICHE TECHNIQUE

Réf : DC/FT MT. v03

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

Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO<sup>2</sup>) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al<sup>2</sup>O<sup>3</sup>) et le fer (Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup>). ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°C. En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de micro-cristaux de silicates de calcium hydratés.

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

### Domaine d'utilisation :

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

Les principales applications de ce ciment sont :

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

Algerian Cement Company (SPA)

Hamam Dalaa, M'sila (ACC)  
Tel: +213.35.50.78.20  
Fax: +213.35.55.70.30

Direction générale

33, Rue des Pins, Hydra, Alger  
Tél: +213 (0) 21 48 16 65  
Fax : +213 (0) 21 48 16 71

Ciment Blanc Algérien (SPA)

Usine Oggaz (CIBA)  
BP 67, 29350, Mascara  
Tél. / Fax : +213 (0) 45 84 88 98

**LAFARGE**  
لافارج

**MATINE**  
Ciment pour béton exigeant  
CEM II/B 42,5 N NA 442



**FICHE TECHNIQUE**

Réf : DC/FT MT. v03

**Analyses et caractérisation**

**Analyses chimiques**

Perte au feu (%), (NA 5042):	7,50 – 12,00
Résidus insolubles (%), (NA 5042):	0,7 – 2,00
Teneur en sulfates SO3 (%), (NA 5042):	2,00 – 2,70
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%):	1,00 – 2,20
Teneur en chlorures (%), (NA 5042):	0,01 – 0,05
Teneur équivalent en alcalis (%):	0,3 – 0,75

**Composition hypothétique du clinker (Bogue)**

Silicates tricalciques C3S (%):	58 - 64
Silicates bicalciques C2S (%):	12 - 18
Aluminates tricalciques C3A (%):	6,00 – 8,00
Aluminoferrites tetracalciques C4AF (%):	10,00 – 12,00

**Propriétés physiques**

Consistance normale de la pâte de ciment (%):	25 – 28,50
Finesse suivant la méthode de Blaine (NA 231):	4150 – 5250
Retrait à 28 jours en µm/m	<1 000
Expansion en mm	0,3 – 2,5

**Temps de prise à 20°C (NA 230)**

Début de prise (min)	140 - 195
Fin de prise ( min)	195 - 290

**Résistance à la compression (NA 234)**

02 jours (MPa)	≥ 10,0
28 jours (MPa)	≥ 42,5

Algerian Cement Company (SPA)

Hammam Dalaa, M'sila (ACC)  
Tel: +213.35.50.78.20  
Fax: +213.35.55.70.30

Direction générale

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

Ciment Blanc Algérien (SPA)

Usine Oggaz (CIBA)  
BP 67, 29350, Mascara  
Tél. / Fax : +213 (0) 45 84 88 98



## MEDAPLAST SP 40

Conforme à la norme EN 934-2 Tab 1, 3.1  
et 3.2 NA 774

Super plastifiant - haut réducteur d'eau

### DESCRIPTION

Le **MEDAPLAST SP 40** est un superplastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

### DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux
- Bétons extrudés
- Bétons BCR

### PROPRIÉTÉS

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

#### Sur béton frais :

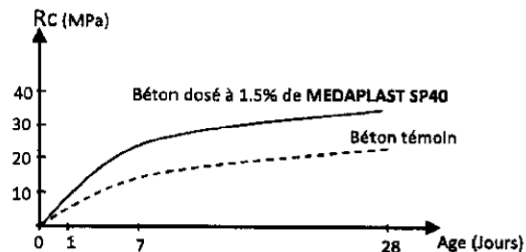
- Améliorer la fluidité
- Augmenter la maniabilité
- Réduire l'eau de gâchage
- Éviter la ségrégation
- faciliter la mise en œuvre du béton

#### Sur béton durci :

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

### CARACTÉRISTIQUES

- Aspect ..... Liquide
- Couleur ..... Marron
- pH ..... 8,2
- Densité .....  $1,20 \pm 0,01$
- Teneur en chlore .....  $< 1\text{g/L}$
- Extrait sec ..... 40%



Evolution des résistances en compression

### MODE D'EMPLOI

Le **MEDAPLAST SP 40** est introduit dans l'eau de gâchage.

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

### DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,6% à 2,5% du poids de ciment soit 0,5L à 2L 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 **MEDAPLAST SP 40** est conditionné en bidons de 12Kg, fûts de 270 kg et cubitenaire de 1200 kg.

#### Délai de conservation :

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

### PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : [www.granitex-dz.com](http://www.granitex-dz.com)

PV d'essais conforme aux normes, établi par le CNERIB en Janvier 2007.

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



Granitex

Zone Industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

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

[www.granitex-dz.com](http://www.granitex-dz.com) - E-mail: [granitex@granitex-dz.com](mailto:granitex@granitex-dz.com)

