

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 : CHADI Lamis Rabiaa

Intitulé

**Etude de l'influence d'un adjuvant entraineur d'air
sur la rhéologie des mortiers**

Le : 01 Juin 2017

Soutenu devant le jury composé de :

Dr BELLAGRAA Larbi	Université de M'sila	Président
Pr. RAHMOUNI Zine El Abidine	Université de M'sila	Encadreur
Dr. TEBBAL Nadia	Université de M'sila	Co-Encadreur
Dr. ZITOUNI Salim	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 /2017



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Tout d'abord qu'il me soit permis de remercier et d'exprimer ma gratitude envers dieu de m'avoir donné le courage et la patience durant toutes ces années d'études.

Je tiens à remercier chaleureusement les membres du jury, je leur exprime toute ma gratitude.

*Je voudrais également remercier mes encadreurs le professeur « **RAHMOUNI Zine El Abidine** » et Melle Docteur « **Tebbal Nadia** » d'avoir dirigé ce mémoire et pour leur disponibilité, de l'aide qu'ils m'ont fournie et pour leur immense disponibilité, sans oublier leur gentillesse.*

*Je remercie aussi mon amie « **OMRI Imen Yamina** » et « **DAKHANE Amina** » de tous leurs conseils. Et toutes mes amies de spécialités « **Matériaux de construction** ».*

Je remercie pareillement l'ensemble des membres du laboratoire de la cimenterie de Lafarge de Hammam El Dalaa.

Merci 

DEDICACE

Je suis très heureuse de pouvoir dédier cet humble travail aux être les plus chers à mon cœur :

Cher à mon père Allah yarhmou « CHADI Omar », qui je voulais être présent le jour le plus important de ma vie.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma chère maman « FOUZIA » que j'adore.

*A tous les membres de ma famille ;
A vous mes adorables sœurs LINA et HIBA et IMEN ;
A mes chers frères ZIAD et ANWAR.*

À vous tous qui vous m'avez aidé et encouragé par vos conseils et vous m'avez offert tout pour la réussite.

A mes meilleures amies : pour m'avoir supporté durant ces cinq années d'études AMINA et MANEL.

A mes amies par leur noms : H.CHAIMA, S.NADA, O.IMEN, A.FATIHA et à tous mes amies que je n'ai pas cite je leurs fait toutes mes excuses.

A mes camarades OKBA et NABIL je leur souhaite beaucoup de réussite dans la vie.

*A mes camarades
Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui je peux compter.
je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

Résumé

La mise en œuvre d'un mortier à air entraîné est un processus relativement délicat qui nécessite généralement un travail préalable de mise au point en laboratoire et en usine. Il n'existe pas de règles simples et précises permettant de choisir le type et le dosage de l'adjuvant entraîneur d'air.

Ce travail consiste à sélectionner et à doser l'adjuvant entraîneur d'air, en fonction des autres paramètres de formulation et des conditions de mise en œuvre, de manière à produire un réseau de bulles d'air qui réponde aux meilleurs résultats.

Deux types d'adjuvant ont été utilisés dans la formulation des mortiers à savoir: l'entraîneur d'air et un superplastifiant pour étudier l'effet de ce dernier sur l'affaissement et la résistance mécanique du mortier réalisé avec deux rapports eau/ciment (0.5 et 0.6).

Les résultats montrent, que l'ajout du l'entraîneur d'air dans les mortiers provoquent une amélioration dans l'ouvrabilité et entraînent à une diminution dans les résistances mécaniques.

Les mots-clés : mortier ; sable de Boussaâda ; sable de carrière ; superplastifiant ; entraîneur d'air ; résistance mécanique ; ouvrabilité

Abstract

The implementation of a trained air mortar is a relatively delicate process that usually requires preliminary work in laboratory and factory development. There are no simple and precise rules for choosing the type and dosage of the air-coach adjuvant.

This work involves selecting and dosing the air-coach adjuvant, depending on the other formulation parameters and the implementing conditions, so as to produce a network of air bubbles that responds to the best results.

Two types of adjuvants were used in the formulation of mortars: the air handler and a super plasticizer to study the effect of the latter on the SAG and the mechanical strength of the mortar carried out with two water/cement ratios (0.5 and 0.6).

The results show that the addition of the air entrainer in the mortars causes an improvement in the workability and leads to a decrease in the mechanical resistances.

Keywords: mortar; Dune Sand; Crushed sand; Super Plasticizer; Air trainer; Mechanical resistance; Workability.

ملخص

يشكل تنفيذ ملاط الهواء المحبوس عمليه حساسة نسييا تتطلب عاده عملا أوليا في تطوير المختبرات والمصانع. ليست هناك قواعد بسيطة ودقيقه لاختيار نوع والجرعة من الهواء المحبوس المساعد.

وينطوي هذا العمل علي اختبار واطافة الهواء المحبوس، وفقا لمعايير الصياغة الأخرى وشروط التنفيذ، وذلك لإنتاج شبكه من فقاعات الهواء التي تستجيب لأفضل النتائج.

واستخدم نوعان من المواد الوسيطة في صياغة الملاط ; معالج هواء المحبوس والملدن المتفوق لدراسة تأثير الملاط الأخيرة على الترهل والقوه الميكانيكية لملاط الذي تم تنفيذه بنسبتين من المياه/الاسمنت (0.5 و 0.6).

وتبين النتائج ان أضافه معالج هواء المحبوس في الملاط تسبب تحسنا في القدرة على العمل يقابله انخفاض في المقاومة الميكانيكية.

الكلمات الرئيسية: الملاط ؛ الكثبان الرملية ؛رمال السحق ؛ الملدن المتفوق ؛ المدرب لهواء المحبوس ؛ المقاومة الميكانيكية ؛ قابليه العمل.

SOMMAIRE

Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Introduction générale	III

Chapitre I : Aperçu Bibliographique

Introduction	1
I.1. Les constituants des mortiers	1
I.1.1. Le ciment	2
I.1.1.1. Les constituants du ciment	2
I.1.1.1.1. Le clinker	2
I.1.1.1.2. Le gypse	3
I.1.1.1.3. Les ajouts	3
I.1.1.2. Classification de ciment	4
I.1.1.2.1. Classification de ciment en fonction de leur composante	4
I.1.1.2.2. Classification des ciments suivant les résistances à la compression	4
I.1.1.3. Caractéristique du ciment	5
I.1.1.3.1. Prise et durcissement	5
I.1.1.3.2. Finesse du ciment	6
I.1.1.3.3. Le retrait	7
I.1.1.3.4. L'hydratation	7
I.1.1.3.5. Eau dans la pâte de ciment durci	7
I.1.1.3.6. Les résistance mécanique	8
I.1.1.3.6.1. La résistance à la compression	8
I.1.1.3.6.2. La résistance à la traction	8
I.1.2. Sable	8
I.1.2.1. Choix de sable	9
I.1.2.2. Les caractéristiques des sables	9
I.1.3. L'eau	9
I.1.3.1. L'eau de gâchage	10
I.1.4. Les adjuvants	10
I.1.4.1. Les type des adjuvants	11
➤ Plastifiants et fluidifiants	11
➤ Accélérateurs de prise et durcissement	12
➤ Retardateurs de prise	13
➤ Hydrofuge de masse	13
➤ Entraîneurs d'air	13
I.2. Les différents type de mortiers	14
I.2.1. Les mortiers de ciment	14
I.2.2. Les mortiers de chaux	14
I.2.3. Les mortiers bâtards	14

I.2.4.Les mortiers fabriqués sur chantier	14
I.2.5.Les mortiers industriel	15
I.3.Classification des mortiers	15
I.3.1.Classification générale des mortiers	15
I.3.2.Caractésitiques principale	16
I.4.Les application du mortier	16
I.5. Conclusion	17

Chapitre II : Matériaux et Méthodologie d'essais

Introduction	18
II.1.Matériaux utilisés	18
II.1.1.caractéristique principales des matériaux utilisés	18
II.1.1.1.Le ciment	18
II.1.1.2.Le sable	20
II.1.1.2.1.Les caractéristique géométriques	20
II.1.1.2.2.Propreté des granulats	21
II.1.1.2.3.Les caractéristique physiques	22
II.1.1.3.L'eau	22
II.1.1.4.Les adjuvant	23
II.2.Formulation	24
II.2.1.Nature des mélanges	24
II.2.2.La composition des mortiers	24
II.2.3.Procédure de gâchage	24
II.2.4.Confection des éprouvettes de mortier	24
II.3.Procédures expérimentales	25
II.3.1.Mode de cure	25
II.3.2.Description des essais	25
II.3.2.1.Essais sur le mortier frais	25
➤ Essais d'affaissement	26
➤ La masse volumique	26
II.3.2.2.Essais sur le mortier durci	26
➤ Mesure du retrait et gonflement	26
➤ Essais de résistance à la flexion et traction par flexion	26
➤ Essais de résistance à la compression	27
II.4. Conclusion	28

Chapitre III : Résultats et Discussion

Introduction	29
III.1.Formulation de mortier	29
III.1.1.Optimisation	29
III.2.Propriétés des mortiers à l'état frais	30
III.2.1.Des mortiers avec l'entraineur d'air	30

➤ L'affaissement	30
➤ Retrait	30
➤ La masse volumique (état frais).....	31
III.2.2.Des mortiers avec l'entraîneur d'air et superplastifiant	32
➤ L'affaissement	32
➤ Retrait	32
➤ La masse volumique (état frais).....	33
III.2.3.Des mortiers en fonction de rapport E/C	33
➤ L'affaissement	33
➤ La masse volumique (état frais)	34
III.2.4.Comparaison entre des mortiers à (l'entraîneur d'air et superplastifiant) vis-à-vis du retrait..	
.....	34
➤ Retrait	34
III.3.Propriété des mortiers à l'état durci	35
III.3.1.Conservation à l'eau	35
III.3.1.1.La masse volumique (état durci)	35
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air	35
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air et super plastifiant	36
III.3.1.2.Résistance à la flexion	37
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air	37
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air et super plastifiant	37
➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C	38
III.3.1.3.Résistance à la compression	38
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air	38
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air et super plastifiant.....	39
➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C.....	39
III.3.2.Conservation à l'air	40
III.3.2.1. La masse volumique (état durci)	40
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air	40
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air et super plastifiant	41
➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C	41
III.3.2.2.Résistance à la flexion	42
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air	42
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air et super plastifiant	42
➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C	43
III.3.2.3.Résistance à la compression	43
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air	43
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air et super plastifiant	44
➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C	45
III.3.3. Comparaison entre conservation à (l'eau et l'air) à 28j	45
III.3.3.1. La masse volumique (état durci)	45
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air	45
➤ Des mortiers avec l'entraîneur d'air et super plastifiant	46
III.3.3.2. Résistance à la flexion	47

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air.....	47
➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et super plastifiant	47
III. Résistance à la compression	48
➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air.....	48
➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et super plastifiant	48
➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C	49
III.4. Conclusion	50
Conclusion générale	51

LISTE DES TABLEAUX

N° du tableau	Intitulé	N° de Page
Tableau I-1	Composition chimique et minéralogique du clinker [6]	03
Tableau I-2	Exigences mécaniques définies en termes de valeur caractéristiques [9]	05
Tableau II-1	Analyse chimique du ciment Matine	19
Tableau II-2	Analyse minéralogique de ciment Matine	19
Tableau II-3	Caractéristique physico-mécanique du ciment Matine	19
Tableau II-4	Résultats d'équivalente de sable.	22
Tableau II-5	La masse volumique des sables utilisé	22
Tableau II-6	Analyse chimique de l'eau de gâchage	23
Tableau II-7	Caractéristiques physico-chimiques de l'entraîneur d'air	23
Tableau II-8	Caractéristiques physico-chimiques du super plastifiant (SP 40)	23
Tableau III-1	Formulation des mortiers en fondation de dosage et type d'un adjuvant	29
Tableau III-2	Formulation des mortiers en fondation de rapport E/C	30

LISTE DES FIGURES

N° de la figure	Intitulé	N° de Page
Figure I-1	Temps de prise	05
Figure I-2	Influence de la température sur la prise des ciments [10]	06
Figure I-3	Influence de l'E/C (eau/ciment) sur le temps de prise [10]	06
Figure I-4	Influence d'E/C sur le retrait des mortiers [11]	07
Figure I-5	Composition de l'eau totale [16]	10
Figure I-6	Utilisation des superplastifiants [18]	11
Figure I-7	Action des superplastifiants-défloculation des grains de ciment [19]	12
Figure I-8	Action de l'entraineur d'air [21]	14
Figure I-9	Application des mortiers [17]	17
Figure II-1	Courbe granulométrique de sable de dune	20
Figure II-2	Courbe granulométrique de sable concassé	21
Figure II-3	Les éprouvettes 4x4x16 cm ³ et 5x5x5 cm ³	25
Figure II-4	Conservation à l'eau	25
Figure II-5	Principe de l'essai du retrait [20]	26
Figure II-6	La machine de compression	27
Figure III-1	Effet du l'entraineur d'affaissement du mortier	30
Figure III-2	Effet du l'entraineur d'air sur le retrait de mortier	31
Figure III-3	Effet de l'entraineur d'air sur la masse volumique (état frais)	31
Figure III-4	Effet du dosage l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur l'affaissement des mortiers.	32
Figure III-5	Effet du l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur le retrait des mortiers	32
Figure III-6	Effet du l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur la masse volumique (état frais)	33
Figure III-7	Effet du rapport E/C sur l'affaissement du mortier	34
Figure III-8	Effet du rapport E/C sur la masse volumique (état frais)	34
Figure III-9	Comparaison entre effet du super plastifiant et l'entraineur d'aire sur le retrait de mortier	35

Figure III-10	Effet du l'entraîneur d'aire sur la masse volumique durci (conservation à l'eau)	36
Figure III-11	Effet du l'entraîneur d'air et 1% de super plastifiant sur la masse volumique durci (conservation à l'eau)	36
Figure III-12	Effet du l'entraîneur d'air sur la résistance à la flexion (conservation à l'eau)	37
Figure III-13	Effet du l'entraîneur d'air et 1% super plastifiant sur la résistance à la flexion (conservation à l'eau)	37
Figure III-14	Effet du rapport E/C sur la résistance à la flexion (conservation à l'eau)	38
Figure III-15	Effet du l'entraîneur d'air sur la compression (conservation à l'eau)	38
Figure III-16	Effet du l'entraîneur d'air et 1% de super plastifiant sur la compression (conservation à l'eau)	39
Figure III-17	Effet du rapport E/C sur la compression (conservation à l'eau)	40
Figure III-18	Effet du l'entraîneur d'air sur la masse volumique durci (conservation à l'air)	40
Figure III-19	Effet du l'entraîneur d'air et 1% de super plastifiant sur la masse volumique durci (conservation à l'air)	41
Figure III-20	Effet du rapport E/C sur la masse volumique durci (conservation à l'air)	41
Figure III-21	Effet du l'entraîneur d'air sur la résistance à la flexion (conservation à l'air)	42
Figure III-22	Effet du l'entraîneur d'air et 1% de super plastifiant sur la résistance à la flexion (conservation à l'air)	42
Figure III-23	Effet du rapport E/C sur la résistance à la flexion (conservation à l'air)	43
Figure III-24	Effet du l'entraîneur d'air sur la compression (conservation à l'air)	44
Figure III-25	Effet du l'entraîneur d'air et 1% de super plastifiant sur la compression (conservation à l'air)	44
Figure III-26	Effet du rapport E/C sur la résistance à la compression (conservation à l'air)	45
Figure III-27	Effet du milieu de conservation sur la masse volumique durci à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraîneur d'air	46
Figure III-28	Effet du milieu de conservation sur la masse volumique durci à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraîneur d'air et (1%) de super plastifiant	46
Figure III-29	Effet du milieu de conservation sur la résistance à la flexion à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraîneur d'air	47
Figure III-30	Effet du milieu de conservation sur la résistance à la flexion à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraîneur d'air et (1%) de super plastifiant	47

Figure III-31	Effet du milieu de conservation sur la résistance à la compression à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraîneur d'air.	48
Figure III-32	Effet du milieu de conservation sur la résistance à la compression à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraîneur d'air et (1%) de super plastifiant	48
Figure III-33	Effet du milieu de conservation et du rapport E/C sur la résistance à la compression à 28j	49



Introduction Générale

Introduction générale

Les mortiers sont présents dans tous les secteurs d'activité du bâtiment et des travaux publics. Au cours des 40 dernières années, les mortiers sont devenus de plus en plus complexes. Aujourd'hui, ils associent des liants hydrauliques et de multiples adjuvants. Les mortiers d'enduit, les colles à carrelages et les mortiers de réparation représentent, en termes de ventes et de quantités produites, les applications les plus importantes de tous les mortiers utilisés. Leur durabilité et résistance est intimement liée aux propriétés de ses composantes.

Le sable est un élément interne essentiel entrant dans la composition du mortier. Les sables les plus couramment utilisés pour la confection des bétons et mortiers sont les sables roulés alluvionnaires. Mais les prélèvements excessifs de ces sables ont fortement contribué à l'épuisement des ressources et ont provoqué des retombées néfastes sur l'environnement. De nombreuses régions du monde vivent cette situation et doivent aujourd'hui chercher des matériaux de substitution pour faire face à la demande croissante en granulats à béton et mortier. Les sables de concassage sont très souvent l'unique alternative. Il faut cependant qu'ils répondent aux critères de qualité propres et être disponibles en quantités suffisantes, à prix raisonnables.

Plusieurs pays ont déjà été amenés à prendre des mesures de préservation des ressources alluvionnaires en imposant des règles strictes limitant les prélèvements. L'Algérie par exemple a élaboré en 2005 [Loi n° 05-12, 2005] une instruction ministérielle organisant la généralisation progressive de l'usage des sables de concassage dans le bâtiment, en précisant les spécifications techniques auxquelles doivent répondre ces matériaux [Instruction, 2007]. Une cartographie nationale a été mise en place en vue de répertorier les carrières susceptibles de fournir des sables de concassage, et des titres miniers ont été attribués pour la production exclusive de ce type de sable.

Depuis les soixante dernières années, la technologie du béton et mortier exige une ouvrabilité et une résistance mécanique des matériaux toujours plus élevées. Afin de contrôler des propriétés spécifiques de mortier, des adjuvants chimiques organiques et inorganiques sont aujourd'hui massivement introduit dans les formulations.

La commercialisation de ces ajouts a commencé plus tard vers 1910-1920, il s'agissait surtout d'hydrofuges et d'accélérateurs. Les plastifiants furent commercialisés vers 1935, les entraîneurs d'airs après la guerre en Europe. Par la suite, sont apparus les antigels et les produits de cure. Dans notre projet, on fait l'étude sur les adjuvants entraîneur d'air et ses effets sur les différentes caractéristiques du mortier.

Objectifs de l'étude :

L'objectif de notre étude est d'évaluer expérimentalement l'influence d'un adjuvant entraîneur d'air sur la rhéologie des mortiers constitué de sable mixte (dune, concassé).

Ainsi, le présent travail s'intéresse, donc à l'étude de ajouté un autre adjuvant (super plastifiant) et voir leurs influences avec l'adjuvant (l'entraîneur d'air) sur le comportement du mortier à l'état frais et à l'état durci.

Méthodologie du travail :

- **Le premier chapitre :**

Une recherche bibliographique donne un aperçu général sur les principaux constituants du mortier, concerne les différents paramètres technologiques qui influent sur les caractéristiques du mortier.

- **Le deuxième chapitre :**

Consacré à l'étude expérimentale, nous présentons dans ce chapitre les caractéristiques des matériaux utilisés (sable de dune et concassé, ciment) et les méthodes d'essais réalisés sur les mortiers.

- **Le troisième chapitre :**

Contient l'interprétation des résultats des essais obtenus.

Enfin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale qui rappelle les principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives.

CHAPITRE I :
APERCU BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Aperçu Bibliographique

I. Introduction :

Un mortier c'est un mélange de chaux ou de ciment et de sable détrempé avec de l'eau servant à lier les éléments d'une construction. Dans la technologie classique du mortier et de l'avis de nombreux maçons, cette combinaison de propriétés ne pouvait être obtenue qu'avec un sable fin, en ajoutant de préférence une certaine quantité de sable argileux (sable jaune gras). Le sable grossier était considéré comme inacceptable en raison de sa rugosité et de son ressuage excessif. L'usage d'un liant gras rétenteur d'eau, comme la chaux, devait résoudre en partie le problème du sable grossier. La résistance et la durabilité des mortiers étaient de ce fait complètement négligées.

Des compositions multiples de mortiers peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables ; leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement [1]. On doit choisir correctement le liant en fonction de son type et de sa classe, le ou les sables, la teneur en eau (pour obtenir la plasticité désirée) et les adjuvants adaptés à la destination du mortier.

Les sables utilisés sont généralement siliceux ou silico-calcaires; leur granulométrie est de préférence continue. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume du sable humide (foisonnement).

Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants :

- Réducteurs d'eau-plastifiants ;
- Plastifiants ;
- Entraîneurs d'air ;
- Modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs) ;
- Hydrofuges ;

Dans tous les cas des soins particuliers doivent être pris afin d'obtenir des mortiers sans ressuage, homogènes d'une gâchée à l'autre. Dans ce chapitre, on présentera les différents composants du mortier et ses propriétés principales telles que la résistance, durabilité et les déformations des mortiers frais (retrait, ressuage).

I.1. Les constituants des mortiers :

Le mortier est un des matériaux de construction, qui contient du ciment; de l'eau; du sable ; des adjuvants et éventuellement des additions. Ils peuvent être très différents les uns

des autres selon la nature et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en œuvre et la cure.

I.1.1. Le ciment :

Les Romains furent sans doute les premiers à fabriquer des liants hydrauliques susceptibles de durcir sous l'eau. Pour cela, ils mélangeaient de la chaux et des cendres volcaniques de la région de Pouzzoles. C'est de là qu'est venu le terme bien connu de « pouzzolanique », qui se dit d'un matériau capable, en présence d'eau, de fixer la chaux. En revanche, cette propriété d'hydraulicité du mélange ainsi constitué est restée totalement inexplicée jusqu'aux travaux de Louis Vicat qui élabore, en 1817, la théorie de l'hydraulicité et fait connaître le résultat de ses recherches. Il donne des indications précises sur les proportions de calcaire et de silice nécessaires pour constituer le mélange qui, après cuisson à la température convenable et broyage, sera un véritable liant hydraulique fabriqué industriellement : le ciment artificiel.

L'industrie du ciment était née. Quelques années plus tard, en 1824, l'Écossais Aspdin donnait le nom de Portland au ciment qu'il fabriquait et qui égalait les performances de la pierre de cette région. [2]

Les principaux constituants du ciment portland sont [3] :

- les silicates bis calciques.
- le silicate tricalcique.
- l'aluminate tricalcique.
- le ferroaluminate tetracalcique.

En Algérie, on utilise généralement, pour la fabrication du mortier, du ciment ordinaire qui satisfait à la norme NBN EN 197-1.

I.1.1.1. Les constituants du ciment:

I.1.1.1.1. Le clinker :

C'est un produit obtenu par cuisson jusqu'à fusion partielle (clinkerisation) du mélange calcaire + argile, dosé et homogénéisé et comprenant principalement de la chaux (CaO) de la silice (SiO₂) et de l'alumine (AL₂O₃).

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 » et confère aux ciments de ce groupe leurs propriétés caractéristiques [4].

Le clinker contient un certain nombre de constituants dont la teneur varie suivant la catégorie de ciment considérée et dont l'influence est plus ou moins grande sur les propriétés de ces ciments [5].

Les quatre principaux constituants du clinker sont:

- le silicate tricalcique:C₃S
- le silicate bicalcique:C₂S

-l'aluminat tricalcique: C_3A

-l'alumino-ferrite tétracalcique: C_4AF . [5]

Les compositions chimiques et minéralogiques du clinker sont comprises dans les limites données par Le tableau (I.1) ci –dessous :

Composants Minéralogiques	Teneurs limites (%)	Teneur moyenne(%)
C_3S	40-70	60
C_2S	00-30	15
C_3A	02-15	08
C_4AF	00-15	08
Oxydes	-	-
CaO	60-69	65
SiO_2	18-24	21
Al_2O_3	04-08	06
Fe_2O_3	01-08	03
MgO	< 05	02
K_2O, Na_2O_3	< 02	01
SO_3	< 03	01

Tableau (I.1) : Composition chimique et minéralogique du clinker [6].

I.1.1.1.2. Le gypse :

L'addition de gypse au clinker a pour but de régulariser la prise du ciment, notamment de ceux qui contiennent des proportions importantes d'aluminat tricalcique. Grâce à ce gypse, la prise du ciment, c'est-à-dire le début de son durcissement, s'effectue au plus tôt une demi-heure après le début de l'hydratation. Sans gypse, la prise serait irrégulière et pourrait intervenir trop rapidement. [6]

I.1.1.1.3. Les ajouts:

a. Laitier granulé de haut fourneau: Le laitier granulé de haut-fourneau est obtenu par refroidissement rapide de la scorie fondue provenant de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau. C'est donc un coproduit de la fabrication de la fonte. Il doit présenter des propriétés hydrauliques latentes (c'est-à-dire qui se manifestent lorsqu'il a subi une activation) pour convenir à son emploi comme constituant du ciment. Il est composé principalement d'oxydes de calcium, de silice et d'alumine. [7]

b. Cendres volantes: Ce sont des produits pulvérulents de grande finesse résultant de la combustion, en central thermique, de combustibles minéraux solides (houille, lignite ...) elles rentrent dans la composition de la certains ciments en proportion variable (5 à 20%) ; on les ajoute au moment du broyage du clinker. [4]

c. Pouzzolanes naturelles ou naturelles calcinées: Les pouzzolanes naturelles sont des produits essentiellement composés de silice, d'alumine et d'oxyde de fer présentant, soit naturellement (lorsqu'elles sont d'origine volcanique), soit après activation thermique, des propriétés pouzzolanique. Les pouzzolanes doivent leurs normales cendres volcaniques de la région de Pouzzoles, en Italie, qui étaient utilisées par les Romains pour la confection de leur

liant hydraulique. Les pouzzolanes n'ont pas de propriétés hydrauliques intrinsèques mais, en présence de la chaux libérée par le clinker au cours de son hydratation, elles forment elles aussi des hydrates stables, semblables à ceux qui sont formés à la suite de l'hydratation du clinker. [7]

d. Fillers: produits obtenus par broyage fin ou par pulvérisation de certaines roches (calcaire, basalte, laitier, cendres volantes...) naturelles ou non, agissant principalement, grâce à une granularité appropriée, par leurs propriétés physiques sur certaines qualités du ciment (accroissement de maniabilité, diminution de perméabilité et de capillarité, réduction de la fissurabilité...) les fillers sont inertes s'ils n'ont aucune action chimique sur les ciments en présence d'eau ; ils sont actifs s'ils ont, même partiellement, des propriétés hydrauliques ou pouzzolaniques en présence de ciment et d'eau. [4]

I.1.1.2. Classification des ciments :

I.1.1.2.1. Classification des ciments en fonction de leur composante :

Les ciments sont classés en fonction de leur composition en cinq types principaux définis par la norme EN 197-1 :

- CEM I: Ciment Portland.
- CEM II: Ciment Portland composé.
- CEM III: Ciment de haut fourneau.
- CEM IV: Ciment pouzzolaniques.
- CEM V: Ciment au laitier et aux cendres.

Les proportions (en masse) des différents constituants sont indiquées dans le tableau.

Les constituants marqués d'une étoile (*) sont considérés comme constituants secondaires pour le type de ciment concerné ; leur total ne doit pas dépasser 5%. [8]

I.1.1.2.2. Classification des ciments suivant les résistances à la compression :

La norme européenne NF EN 197-1, classe de ciment courant d'après leur résistance à la compression (résistance normale) déterminée conformément à la norme EN 196-1, mesurée à 28 jours en six classes de résistance selon le tableau (I.2) : [11]

Classe de résistance	Résistance à la compression (MPa)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	2 jours	7 jours	28 jours	
32.5 N	—	≥ 16.0	≥ 32.5	≥ 52.5
32.5 R	≥ 10.0	—		
42.5 N	≥ 10.0	—	≥ 42.5	≥ 62.5
42.5 R	≥ 20.0	—		
52.5 N	≥ 20.0	—	≥ 52.5	—
52.5 R	≥ 30.0	—		

Tableau (I.2) : Exigences mécaniques définies en termes de valeur caractéristiques [9].

I.1.1.3. Caractéristique du ciment :

I.1.1.3.1. Prise et durcissement :

Lorsqu'on réalise une Gâchée de pâte de ciment, de mortier ou de béton, on constate après un certain temps un raidissement du produit : c'est le début de prise. Ce raidissement s'accroît jusqu'à ce que le produit obtienne une résistance appréciable en fin de prise. Les réactions qui se passent dès le début du gâchage et qui se poursuivent dans le temps sont complexes. Il se produit une micro-cristallisation. La multiplication de ces cristaux dans le temps explique l'augmentation de résistance mécanique.

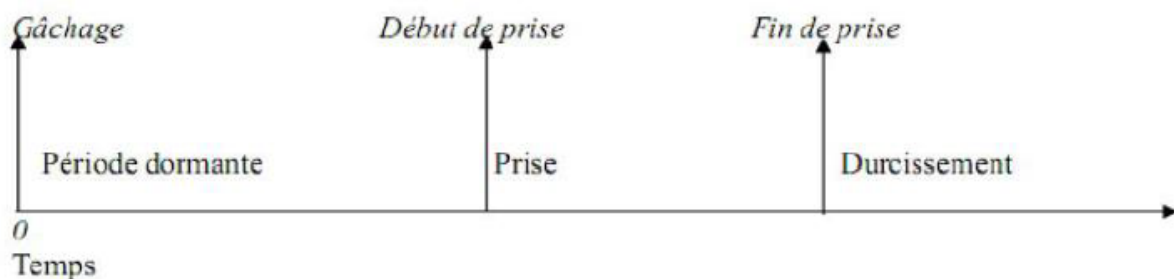


Figure (I.1) : Temps de prise.

Les temps de début de prise peuvent varier de quelque minute (ciment prompt) à quelque heure (CPA). La période qui suit la prise et pendant laquelle se poursuit l'hydratation du ciment, est le durcissement. Sa durée se prolonge pendant des mois au cours desquels les résistances mécaniques continuent à augmenter. Comme le phénomène de prise, le durcissement est sensible à la température.

Le phénomène de prise du ciment est lié à de nombreux paramètres tel que :

- la nature du ciment.
- la finesse de mouture du ciment, plus son broyage a été poussé, plus le temps de prise n'est court.

- la température ; à zéro degré la prise est stoppée, plus la température est élevée plus la prise est rapide.
- la présence de matière organique dans l'eau ou dans l'un des autres constituants du béton qui ralentit la prise.
- l'excès d'eau de gâchage qui a, entre autres inconvénients, une action retardatrice sur la prise pratiquement tous les ciments ont des temps de prise de l'ordre de 2h30 à 3h. [10]

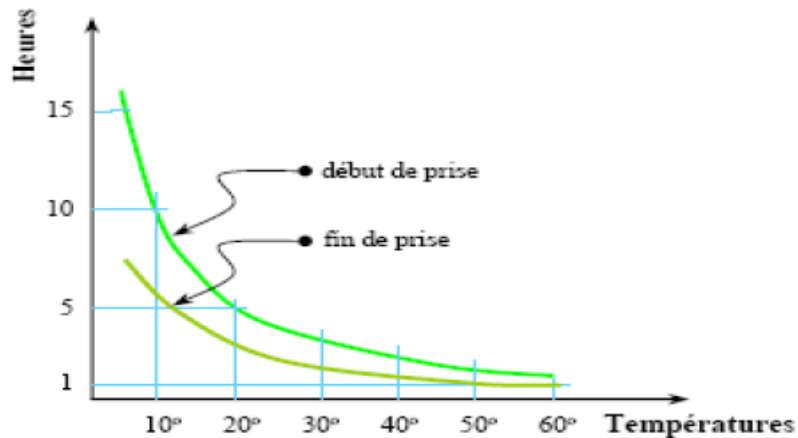


Figure (I.2) : Influence de la température sur la prise des ciments [10].

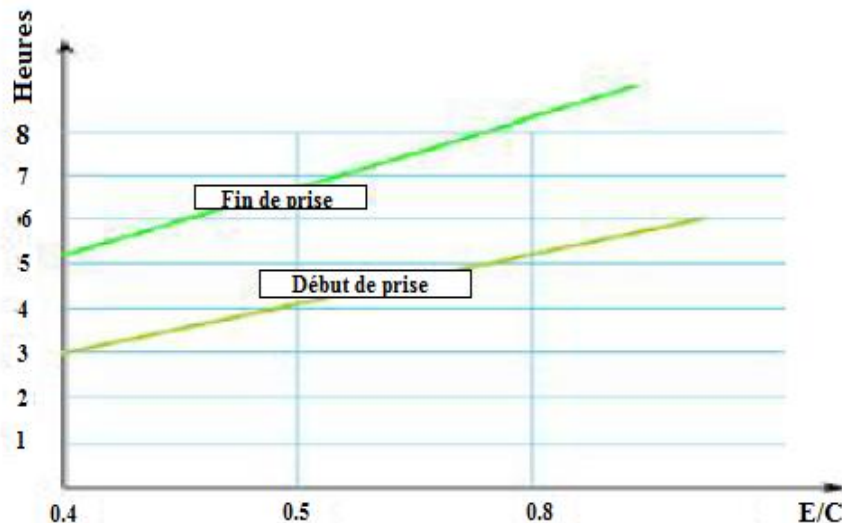


Figure (I.3) : Influence de l'E/C (eau/ciment) sur le temps de prise [10].

I.1.1.3.2. Finesse du ciment (finesse de Blaine) :

Elle est caractérisée par la surface spécifique des grains de ciment, exprimé en (cm²/g). Dans les cas courants, elle est de l'ordre de 3000 à 3500cm²/g. Plus la finesse de mouture est grande, plus la vitesse des réactions d'hydratation est élevée et plus ces résistances mécaniques à un âge jeune sont grandes, par contre plus le ciment est sensible à l'éventuellement et plus le retrait est important. En outre, la finesse de mouture influence la

plasticité et la cohésion de la pâte de ciment à l'état frais, ainsi que son pouvoir de rétention d'eau et la ressuée. [11]

I.1.1.3.3. Le retrait :

La pâte de ciment se rétracte dans l'air sec (alors qu'au contraire elle gonfle dans l'eau), ce phénomène se poursuivant dans le temps et ceci pendant des durées d'autant plus longues quelles pièces sont massives. C'est le retrait qui est cause des fissures que l'on observe dans des pièces en béton et mortier.

- l'importance du retrait hydraulique, en dehors du facteur de temps, est en fonction de nombreux paramètres parmi lesquels :
 - la nature du ciment
 - le dosage en eau (la figure I.4)
 - la propriété des sables
 - la forme et la dimension du granulat. [11]

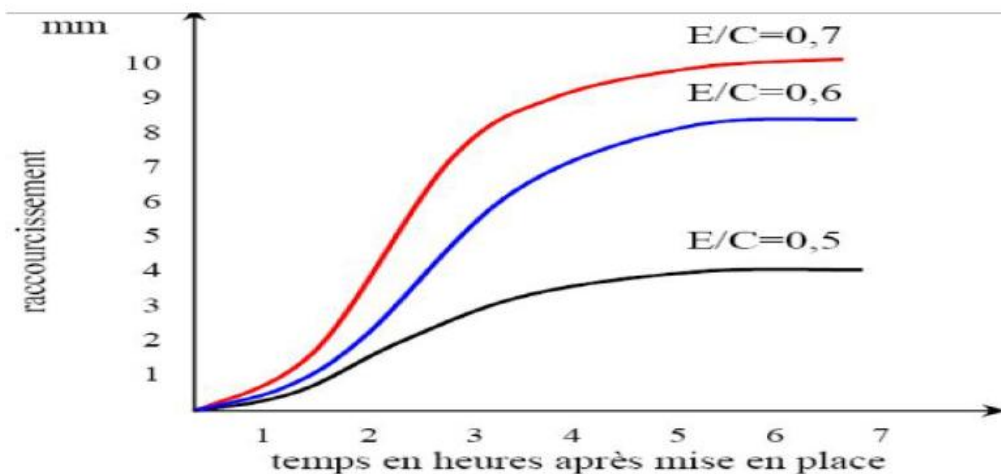


Figure (I.4) : Influence d'E/C sur le retrait des mortiers [11].

I.1.1.3.4. L'hydratation :

Les constituants du ciment Portland (C_3S , C_2S , ...) sont hydrauliques, c'est-à-dire qu'ils donnent en présence d'eau des hydrates qui précipitent et s'organisent en une structure mécaniquement résistante. On appelle hydratation du ciment l'ensemble des réactions chimiques qui se produisent entre le ciment et l'eau. Ces réactions commencent dès la mise en contact de ces deux phases.

Quelques heures après le gâchage, le matériau fait prise : il passe en quelques instants de l'état de suspension à celui de solide.

L'hydratation se poursuit longtemps après la prise, ce qui constitue le durcissement: l'évolution des caractéristiques physiques et mécaniques, très rapide dans les heures qui suivent la prise, continue pendant plusieurs mois, mais de plus en plus lentement. [5]

I.1.1.3.5. Eau dans la pâte de ciment durci :

L'eau se représente sous diverse formes dans la pâte de ciment durci. On distingue classiquement trois types d'eau :

- **l'eau libre:** fortement ionisée dès les premières instants .elle se trouve dans les pores capillaires en particulier les macropores (supérieur à 500 angströms). Echappant aux forces superficielles des particules solides, elle migre la première lors du ressuage et de la dessiccation.
- **l'eau liée:** c'est l'eau qui se combine par réaction d'hydratation avec les grains de ciment et qui entre dans la composition des hydrates.
- **l'eau adsorbée:** c'est l'eau fixée à la surface du solide, cette fixation peut être physique ou chimique selon l'énergie des forces de liaison. L'adsorption physique est due aux forces d'énergie faible. Elle est réversible et peu superposer une ou plusieurs couches de la surface solide. Dans le cas de l'adsorption chimique, il y a un transfert ou une mise en commun d'électrons. La molécule adsorbée en des sites privilégiés est dans un état différent de son état libre. Les énergies mises en jeu peuvent être importantes et plus durables dans ce cas. En fin, l'eau absorbée chimiquement est considérée comme une eau liée. [12]

I.1.1.3.6. Les résistances mécaniques :

I.1.1.3.6.1. La résistance à la compression :

Les normes AFNOR actuellement en vigueur prévoient pour chaque produit une ou plusieurs classe de résistance à la compression définie, pour un liant donné, par la résistance minimale d'éprouvettes en mortier normal atteinte au bout de 2 ou 7 jours et 28 jours. La classe est désignée par la résistance moyenne à 28 jours exprimée en méga pascals. C'est en général ce critère qui avec la résistance chimique (à l'action d'eaux nocives, d'atmosphères corrosives, etc.), sera retenu pour choisir le ciment à utiliser dans un ouvrage ou élément d'ouvrage déterminé en ce qui concerne le comportement des ouvrages à long terme. [13]

I.1.1.3.6.2. La résistance à la traction :

La résistance à la traction est un critère intéressant de la qualité d'un ciment, et nous recommandons vivement de faire des essais de traction par flexion. La résistance à la traction est systématiquement constatée au cours des essais mécaniques, mais ne figure au procès-verbal que sur demande de l'utilisateur et ce critère a été totalement supprimé dans les nouvelles normes. [13]

I.1.2. Sable :

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 à gros ($D_{max} = 2 \text{ mm}$). Un tel mortier exigera moins de liant et donnera néanmoins de bons résultats sur le plan de la résistance mécanique.

I.1.2.1. Choix de 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. 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. [14]

I.1.2.2. Les 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 4 mm.

En général, les dosages du mortier sont exprimés en poids de liant par m³ 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 m³ 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 %. [15]

I.1.3. L'eau:

On entend par « eau efficace » la quantité d'eau contenue dans le mortier frais, qui est prise en compte lors du calcul du rapport e/c. L'eau efficace comprend:

- L'eau de gâchage
- L'humidité superficielle des granulats
- L'eau apportée par les adjuvants et les additions, si leur quantité totale s'élève à plus de 3

l/m³. [16]

Humidité superficielle	Eau apportée par les adjuvants/additions	Eau de gâchage	Eau absorbée par les granulats
Eau totale			
Eau efficace			

Tableau (I.5) : Composition de l'eau totale [16].

I.1.3.1. 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.

I.1.4. Les adjuvants :

L'emploi d'adjuvants doit répondre à la norme NF EN 934-2 [2009]. Les adjuvants sont des produits dont l'incorporation à faible dose (inférieure à 5% de la masse de ciment) aux bétons, mortier ou coulis lors du malaxage ou avant la mise en œuvre, provoque les modifications recherchées de certaines de leurs propriétés, à l'état frais (le temps de prise, le processus de durcissement et l'ouvrabilité) ou durci (la résistance et la durabilité). Chaque adjuvant est défini par une unique fonction principale, mais peut présenter une ou plusieurs fonctions secondaires. [17]

L'emploi d'adjuvants répond à des considérations techniques et économiques. On peut par exemple obtenir une meilleure ouvrabilité en remplaçant une partie de l'eau de gâchage par un plastifiant et réduire ainsi la capillarité, ce qui améliore la durabilité du béton. L'efficacité des adjuvants dépend d'une quantité de facteurs qui sont, entre autres, le dosage de l'adjuvant, le type et le dosage en ciment, le dosage en eau ainsi que la consistance, les conditions de malaxage et la température. [16]

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des bétons et mortiers. Ils modifient les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés en faible proportion (environ de 5% du poids de ciment). Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants, les superplastifiants (haut réducteurs d'eau), les entraîneurs d'air, les modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs) et les hydrofuges.

I.1.4.1. Les types d'adjuvants:

Plusieurs catégories sont ainsi définies par la norme NF EN 934-2

a) Adjuvants modifiant la rhéologie de la pâte de mortier :**➤ Plastifiants et fluidifiants :**

Les plastifiants et les fluidifiants sont de loin les adjuvants les plus utilisés pour la confection du béton et mortier. Leur efficacité est illustrée par la figure I.6. Pour un rapport e/c constant, L'utilisation de ces adjuvants améliore l'ouvrabilité du béton. Ils permettent de réduire le dosage en eau, donc le rapport e/c, si l'ouvrabilité est maintenue constante, ce qui entraîne un accroissement de la résistance et de la compacité. On peut aussi, mais avec une moindre efficacité, conjuguer les deux effets, soit obtenir une amélioration de l'ouvrabilité tout en diminuant le rapport e/c. En conséquence, les plastifiants et fluidifiants permettent d'optimiser la recette du béton et mortier en termes d'ouvrabilité et de propriétés du béton et mortier durci.

Comme effet secondaire possible de ces adjuvants, on observe parfois un effet retardateur de prise. D'une manière générale, l'efficacité des adjuvants est étroitement dépendante des caractéristiques du ciment et de la composition du béton ou mortier. C'est pourquoi il est recommandé de vérifier la compatibilité et l'efficacité de chaque combinaison adjuvant – ciment au moyen d'essais préliminaire.

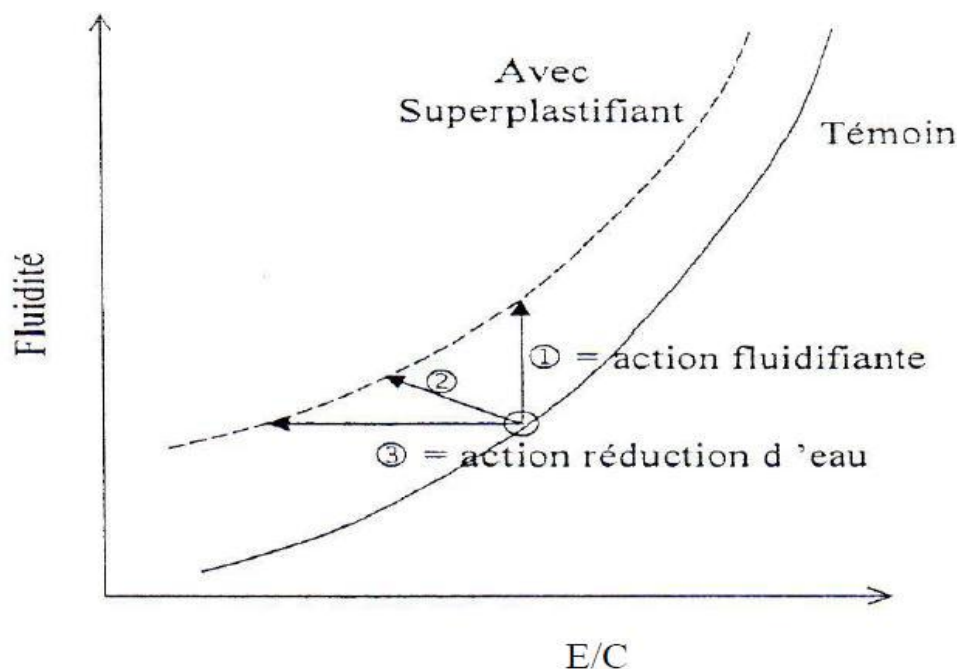


Figure (I.6): Utilisation des superplastifiants [18].

- 1-augmentation de la fluidité (teneur en eau égale)
- 2-diminution de la teneur en eau et augmentation de la fluidité
- 3-diminution de la teneur en eau (à fluidité égale). [18]

- l'action principale des superplastifiants est de défloculer les grains de ciment .une action de répulsions électrostatique agit en neutralisant les charges électriques présenter à la surface des grains et /ou par répulsion stérique en écartant les grains les uns des autres, grâce à des chaînes moléculaires très longue. L'eau piégée par les floccs est de nouveau disponible pour la maniabilité du béton et mortier la figure I.7 .il est alors possible de mettre en œuvre des bétons et des mortiers très fluides, avec des rapports E/C faibles.

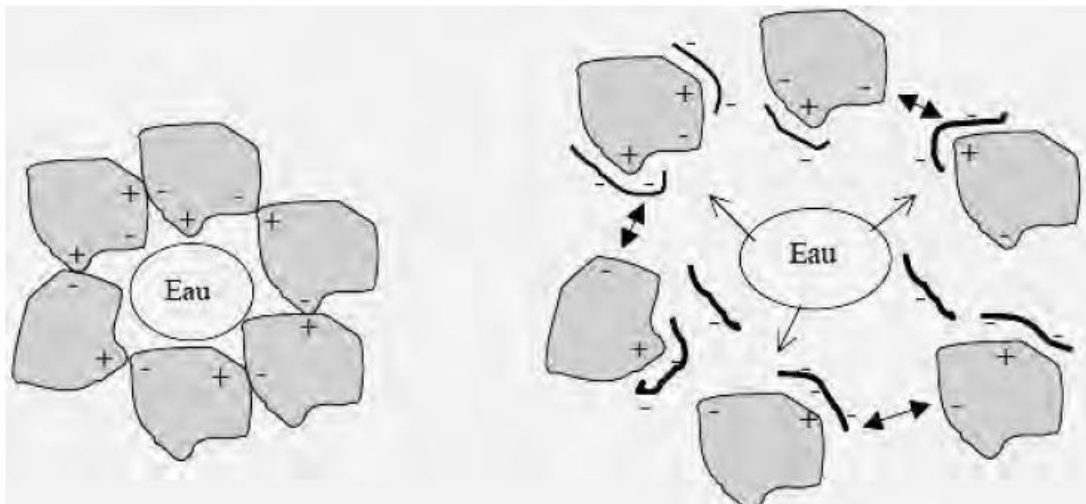


Figure (I.7) : Action des superplastifiants-défloculation des grains de ciment [19].

b) Adjuvants modifiant la prise et le durcissement:

Ces adjuvants sont des produits chimiques, qui modifient les solubilités des différents constituants des ciments et surtout leur vitesse de dissolution. Physiquement, cette action se traduit par l'évolution du seuil de cisaillement dans le temps, en fonction de l'adjuvant utilisé [20] :

➤ Accélérateurs de prise et durcissement :

Les accélérateurs de prise et les accélérateurs de durcissement avancent le début de prise ou accélèrent le processus de durcissement en libérant la chaleur d'hydratation plus rapidement. L'hydratation étant plus rapide, le béton peut être décoffré, mis en charge ou exposé au gel plus tôt. L'effet des accélérateurs dépend beaucoup de leur composition chimique et de celle du ciment utilisé. En cas de surdosage, on peut observer une inversion du phénomène recherché, c'est-à-dire un ralentissement au lieu d'une accélération de la prise ou du durcissement. Les accélérateurs entraînent souvent une perte plus ou moins importante de la résistance finale du béton ou mortier.

Ces adjuvants peuvent avoir une influence majeure sur les caractéristiques du béton frais et durci. Leurs effets se basent sur des réactions chimiques et/ou physiques très complexes, c'est pourquoi il faut éviter de mélanger différents types d'adjuvants ou combiner des adjuvants provenant de fabricants différents. Il est impératif de procéder à des essais

préliminaires, afin de définir le bon dosage et le type d'adjuvant adapté au ciment, aux additions, à l'eau et aux granulats de la recette de béton et mortier. [16]

➤ **Retardateurs de prise :**

Les retardateurs de prise ont pour effet de retarder le début de la prise du ciment et de prolonger ainsi le délai de mise en place du béton. Leurs applications principales sont les suivantes :

- bétonnage par temps chaud
- transport du béton sur de longues distances
- bétonnage de gros volumes ou de grandes surfaces

Un béton avec retardateur de prise durcit moins vite au jeune âge, mais sa résistance à 28 jours est souvent un peu plus élevée que celle d'un béton sans retardateur. Du fait de son durcissement initial ralenti, un béton avec retardateur de prise nécessite une cure prolongée et particulièrement attentive. Comme l'effet recherché dépend beaucoup du type de retardateur, mais aussi du ciment utilisé et de la température ambiante, il est indispensable de procéder à des essais préliminaires, en particulier à différentes températures. En cas de surdosage, l'effet du retardateur de prise peut s'inverser et devenir accélérateur. [16]

c) Adjuvants modifiant les propriétés physiques:

➤ **Hydrofuge de masse :**

Les hydrofuges de masse ont pour fonction principale de diminuer l'absorption capillaire des bétons, mortiers ou coulis durcis. Cette diminution de l'absorption capillaire procure une bonne étanchéité au béton qui peut néanmoins se modifier au bout de quelques années. Les hydrofuges sont généralement à base d'acides gras ou de leurs dérivés (stéarates). Ils peuvent également comporter des matières fines ainsi que des agents fluidifiants. [20]

➤ **Entraîneurs d'air :**

Le rôle des entraîneurs d'air est d'incorporer des millions de petites bulles d'air d'un diamètre compris entre 10 et 300 µm dans le béton afin d'augmenter la résistance aux cycles de gel -dégel. Il en résulte également une amélioration de l'ouvrabilité et une diminution du ressuage. Du fait de leur nature chimique particulière, les entraîneurs d'air ont la capacité d'introduire des bulles d'air de la dimension voulue dans le béton et de les stabiliser. [21]

Peu importe la façon dont l'air est incorporé au mélange, les grosses bulles initialement emprisonnées dans le mélange sont progressivement subdivisées en plus petites sous l'action du malaxage. Comme le fractionnement des bulles d'air requiert une certaine quantité d'énergie, l'intensité et le temps de malaxage sont deux paramètres importants pour la production d'un réseau de bulles d'air adéquat.

L'entraînement de l'air varie aussi d'un type de malaxeur à un autre. L'énergie fournie au béton par le malaxeur dépend de sa configuration. De sa vitesse de rotation et du temps de malaxage. Souvent les malaxeurs utilisés en laboratoire sont plus énergétiques que ceux utilisés dans l'industrie.

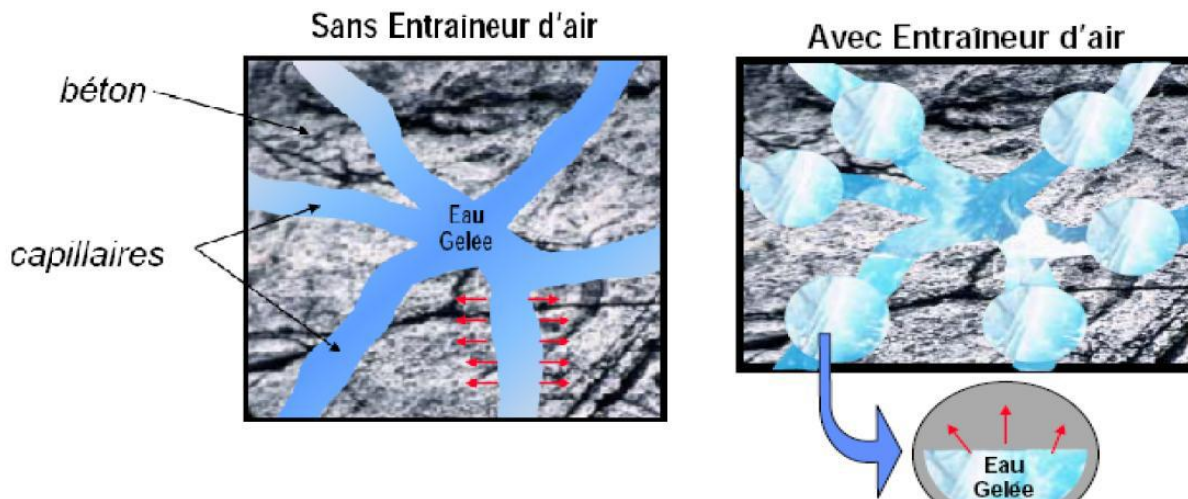


Figure (I.8) : Action de l'entraineur d'air [21].

I.2. Les différents types de mortiers :

I.2.1. Les mortiers de ciment :

Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement Imperméables. En revanche, il est davantage sujet au retrait. [22]

I.2.2. Les mortiers de chaux :

Les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent plus lentement que les mortiers de ciment. Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment. [23]

I.2.3. Les mortiers bâtards :

Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales, mais on mettra une quantité plus ou moins grande de l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée. Les chaux apportent leur plasticité, les ciments apportent la résistance mécanique et un durcissement plus rapide. [22]

I.2.4. Les mortiers fabriqués sur chantier :

Ils sont préparés avec le ciment et le sable du chantier. Le ciment est un ciment courant CPA ou CPJ et parfois des ciments spéciaux comme le ciment alumineux fondu. On emploie également des chaux hydrauliques et parfois des liants à maçonner. Le sable est le plus souvent roulé (nature silico-calcaires) parfois concassé et le gâchage s'effectue à la pelle ou à l'aide d'une petite bétonnière. Ces mortiers ne sont donc pas très réguliers et les sables

peuvent être différents d'une livraison à l'autre, mais de toutes façons ils doivent être propre et de bonne granulométrie.

Le sable est généralement dosé en poids (ce qui est préférable), soit en volume (cas des petits chantiers). Dans ce dernier cas, il est très important de tenir compte du phénomène de foisonnement des sables. [22]

I.2.5. Le mortier industriel :

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortiers, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en œuvre.

Les mortiers peuvent contenir des liants et des sables variés ainsi que certains adjuvants et éventuellement des colorants. [24]

Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins :

- Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié,
- Mortiers d'imperméabilisation,
- Mortier d'isolation thermique,
- Mortier de jointoiement,
- Mortier de ragréage,
- Mortier de scellement, mortier pour chapes,
- Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment, etc.,
- Mortier de réparation.

I.3. Classification des mortiers :

La classification des mortiers est comme suite: [25]

I.3.1. Classification générale des mortiers :

• Selon leur domaine d'utilisation :

Généralement les mortiers varient selon leur domaine d'application, et ce dernier qu'est très vaste et leurs domaines permet de citer les catégories suivantes :

- Mortier de pose.
- Mortier de joints.
- Mortier pour les crépis.
- Mortier pour le sol.
- Mortier pour les stucs.
- Pierres artificielles.
- Support pour les peintures murales.
- Mortier d'injection.
- Mortier de réparation pour pierres.

- **Selon la nature du liant :**

On peut classer les mortiers selon la nature du liant en:

- Mortier de ciment portland.
- Mortier de chaux.
- Mortiers bâtards.
- Mortier à base de ciment de maçonnerie.

I.3.2. Caractéristiques principales :

Les caractéristiques principales des mortiers sont :

- Ouvrabilité.
- Prise.
- Résistances mécaniques.
- Retraits et gonflements, etc. [26]

I.4. Application du mortier :

Dans la maçonnerie en fondation ou en élévation, on emploie normalement le mortier moyen de chaux hydraulique, de liant à maçonner ou de ciment à maçonner ou le mortier maigre de ciment de fer.

- Pour les maçonneries peu chargées, on pourra utiliser le mortier maigre de chaux de liant ou de ciment à maçonner ; en revanche, pour les maçonneries frottement chargées, le mortier moyen de ciment portland sera recommandé. Le mortier moyen de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé en fondation, il y a sera même recommandé en présence d'eaux nocives, mais il ne devra pas être employé en élévation.
- Pour le jointoiement on utilisera un mortier gras du même liant qui a servi à hourder la maçonnerie.
- Pour les enduits aériens et crépis, le mortier moyen est recommandé, car il protégera mieux que le mortier maigre et il sera moins susceptible de décollement, fissuration et faïençage que le mortier gras. On utilise principalement le mortier de chaux hydraulique et de mortier portland.
- Pour les enduits mouillés ou enterrés, n'importe quel mortier moyen convient.
- Pour les enduits étanches, le mortier devra être gras on peut utiliser le ciment de laitier ou de haut fourneau, mais on emploie surtout le portland ou le ciment de fer. Pour les chapes ordinaires, on utilisera le même mortier que pour les enduits aériens, mais pour les chapes de dallages, soumise à une usure rapide, et pour les chapes étanches, il faudra un mortier gras de ciment de fer ou portland.
- Pour les enduits et chapes étanches, soumis à la forte sous-pression le mortier très gras de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé en fondation. [27]



Figure (I.9) : Application des mortiers [17].

I.5.Conclusion :

Cette partie de l'étude bibliographique nous a montré que :

*Les mortiers sont composés de : liant, sable, chaux, eau et adjuvant, se différencient par leur composition et leur consistance d'où la différence du domaine d'utilisation.

*Le ciment : est un liant hydraulique : la réaction chimique entre la poudre de ciment et l'eau produit un minéral artificiel insoluble. Plus les grains de ciment sont fins, plus cette réaction (hydratation) s'opère rapidement. Le durcissement a lieu aussi bien à l'air que sous l'eau.

*Les sables: se classent en trois types de sable : les sables alluvionnaires, les sables concassés et les sables de dune, mais le premier est le plus utilisé ce qui a causé son épuisement.

*Les adjuvants: sont des composants très importants dans les mortiers modernes qui permettent de modifier certaines de leurs propriétés à l'état frais ou durci.

En ce qui concerne le liant, tout le ciment et les chaux sont utilisables ; leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement.

Finalement ce chapitre nous a fourni des informations qui vont nous être utiles pour comprendre l'effet des adjuvants sur le comportement du mortier.

CHAPITRE II : MATERIAUX ET METHODOLOGIE D'ESSAIS

Chapitre II : Matériaux et méthodologie d'essais

II. Introduction :

Ce travail expérimental est réalisé dans le contexte de l'évaluation de l'influence d'un adjuvant entraîneur d'air sur la rhéologie de mortier.

Les caractéristiques des différents constituants du mortier ont des influences plus ou moins importantes sur les propriétés des mortiers. C'est pour cela qu'il faut les connaître pour les prendre en considération dans le calcul de la composition des mortiers.

Les superplastifiants sont des produits organiques ajoutés avec des faibles proportions au mortier frais et qui permettent de modifier les propriétés rhéologiques durant une période plus ou moins longue.

Ce document présente les résultats d'une étude expérimentale sur l'influence du pompage sur le réseau de bulles d'air du mortier. Tout d'abord les résultats d'une série d'essais en laboratoire sont présentés afin de mieux cerner le mécanisme de dissolution des bulles d'air. Il s'agit d'une étude de l'influence de la mise sous pression du mortier lors du pompage et de l'influence de certains paramètres de composition sur la stabilité du réseau de bulles d'air suite à l'augmentation de la pression.

II.1. Matériaux utilisés:

Les matériaux utilisés pour ce travail sont :

- Ciment (CEM II/B).
- Sable (de dune ; concassée).
- Les adjuvants (entraîneur d'air ; superplastifiant Médaplast (SP40)).

II.1.1. Caractéristiques principales des matériaux utilisés :

II.1.1.1. 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**.

CPJ – CEM II/B 42,5 R 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 (SiO₂) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al₂O₃) et le fer (Fe₂O₃). 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.

Le ciment **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 15-301194.

- **Caractéristique chimiques :** les analyses chimiques et minéralogiques du ciment sont représentées dans les tableaux suivants.

Analyses Chimiques				
SiO2 (%)	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO
17,8	4,4	2,6	61,2	1,8
SO3	K2O	Na2O	Cl	Pert f
2,6	0,6	0,1	0	9,3
Total				
100,4				

Tableau (II.1) : Analyse chimique du ciment Matine.

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

Tableau (II.2) : Analyse minéralogique du ciment Matine.

- **Caractéristique physiques :**

Refus 45μ	9.1	
Refus 90μ	0.9	
%H2O	28.4	
Début de prise	195.0 min	
Fin de prise	260.0 min	
Exp	1.0	
Résistance à la flexion (MPa)	2j	4.4
	7j	6.1
	28j	7.3
Résistance à la compression (MPa)	2j	22.1
	7j	36.1
	28j	46.6
Prism poids 2j	572.0	
Prism poids 7j	571.9	
Prism poids 28j	572.0	

Tableau (II.3) : Caractéristique physico-mécanique du ciment Matine.

II.1.1.2. Le sable :

Le sable est le constituant du squelette granulaire qui a le plus d'impact sur le mortier [28]. Il joue un rôle primordial en réduisant les variations volumiques, les chaleurs dégagées et le prix de revient des mortiers et bétons. Il doit être propre et ne pas contenir d'éléments nocifs.

On a utilisé deux types de sable pour la confection des différents mortiers d'étude:

- Un sable de dunes provenant de la région la ville de Boussaâda (Oued Maiter), c'est un sable fin d'origine éolienne, il est noté *SD*,
- Sable calcaire concassé 0/4 (noté *SC*) de la carrière de El Euch (la route vers BBA)

II.1.1.2.1. Les caractéristiques géométriques :

➤ **Analyse granulométrique selon la norme NF EN 993-1:**

L'analyse s'effectue par tamisage avec un jeu normalisé de tamis et de passoires. On superpose les tamis par dimensions croissantes, et l'on place un récipient sans ouverture sous la pile. Après tamisage, on mesure les refus de chaque tamis ainsi que le tamisât ayant passé à travers le tamis le plus fin.

▪ **Sable de dune (SD) :**

La granularité du sable est déterminée selon la norme NF EN 993-1, les résultats d'essais sont présentés dans le figure (II.1)

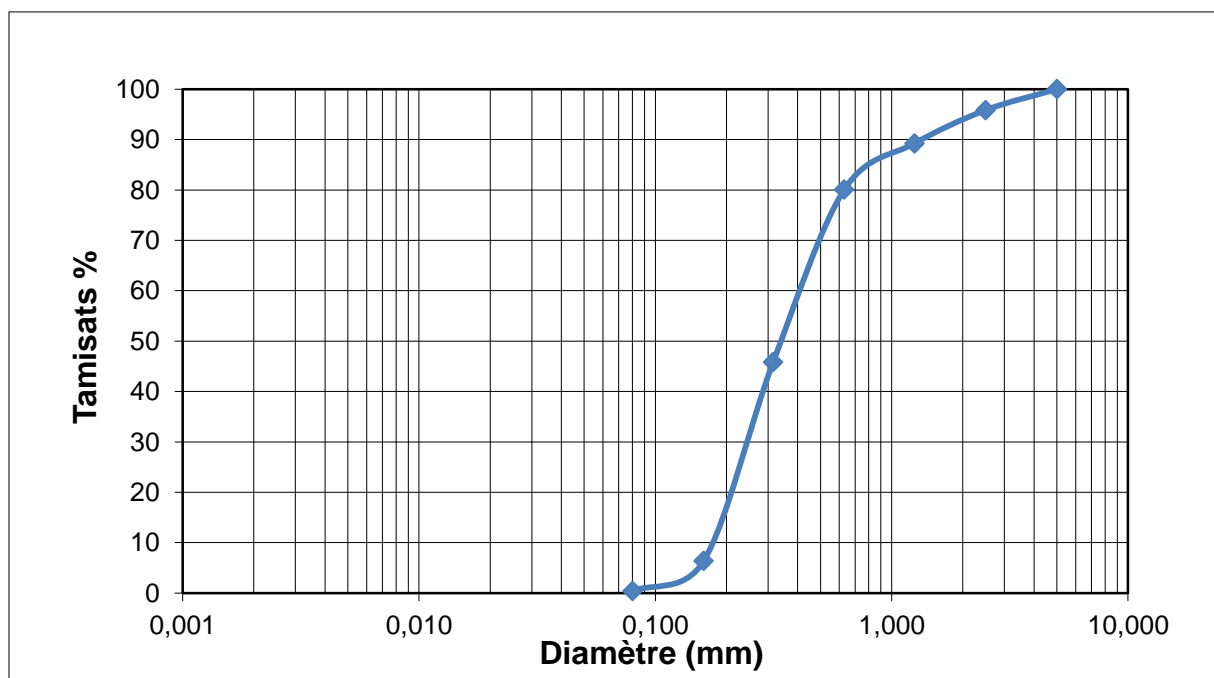


Figure (II.1) : Courbe granulométrique du sable de dune.

Module de finesse (Mf) déterminée selon la norme NFP 18-540:

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

M_f(SD) est : **2.823**

▪ **Sable concassé (SC) :**

La courbe granulométrique de sable concassé est représentée sur la figure II.2

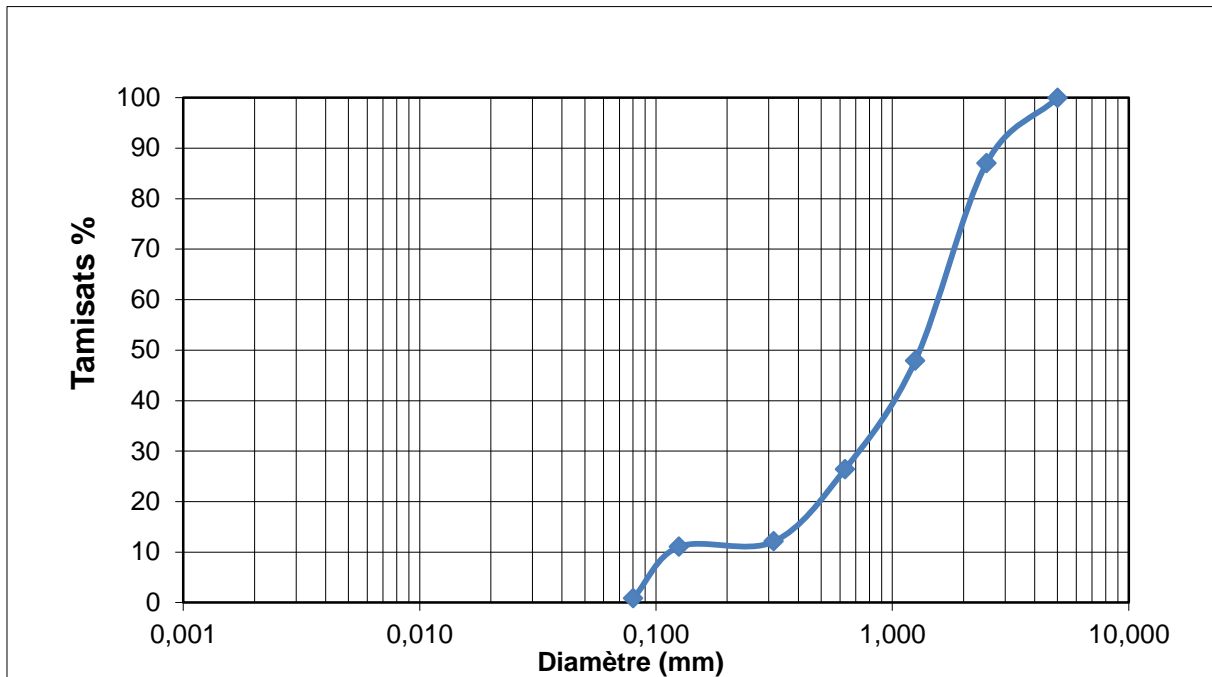


Figure (II.2) : Courbe granulométrique du sable concassé.

M_f (SD) est : **3.512**

II.1.1.2.2. Propreté des granulats :

➤ **Équivalent de sable selon la norme NF P18-598:**

Cet essai est défini par la norme NF P18-598, il est utilisé pour évaluer la propreté du sable entrant dans la composition du mortier, par conséquent la proportion des impuretés argileuses contenants dans le sable par rapport à la quantité des grains solide sableux. Il est effectué sur la fraction 0/5 mm du matériau à étudier. Il consiste de laver un poids défini de sable dans une solution la vente. Après agitation, on laisse le mélange se décanter pendant 20 min, on en déduit l'équivalente se sable qui est par convection :

$$Es = (h1/h2) * 100 \%$$

ES : l'équivalent de sable. Selon la hauteur h2 mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine :

ESV (équivalent de sable visuel).

ESP (équivalent de sable au piston).

Les résultats de l'essai sur le sable utilisé figurent au tableau II.4

Type de sable	ESV%	ESP %	Nature et qualité du sable
sable de dune	78.61	75.14	Sable propre à faible proportion de fines argileuses
Sable concassé	82.42	78.17	Sable très propre

Tableau (II.4) : Résultats d'équivalente de sable.

II.1.1.2.3. Les caractéristiques physiques:

➤ **La masse volumique apparente :**

La masse volumique apparente du sable, c'est la masse à l'état naturel du matériau rapportée à l'unité de volume, celui-ci intégrant à la fois les grains et les vides, elle est donnée par la formule suivante :

$$A = M_t / V_t$$

M_t : masse totale d'échantillons.

V_t : volume total d'échantillon.

➤ **La masse volumique absolue :**

C'est la masse par unité de volume de la matière solide qui constitue le sable sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains, elle est donnée par la formule suivante :

$$A_b = M_t / V_a$$

M_t : masse totale d'échantillon.

V_a : volume absolu d'échantillon.

Les résultats sont résumés dans le tableau :

Masse volumique (g/cm ³)	Sable concassé	Sable de dune
apparente	1.373	1.633
absolue	2.5	2.6

Tableau (II.5) : la masse volumique des sables utilisés

II.1.1.3. L'eau :

L'eau de gâchage utilisée dans notre étude est une eau potable (eau de robinet) fournie 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

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

Tableau (II.6) : Analyse chimique de l'eau de gâchage

II.1.1.4. Les adjuvants :

Lors de cette étude nous avons utilisé deux types d'adjuvants :

➤ **L'agent entraîneur d'air (MED-A) :**

L'agent entraîneur d'air utilisé est le MEDA - AIR de la société GRANITEX Oued Smar, (Wilaya d'Alger), diluer dans l'eau et conforme à la norme EN 934 – 2, noté (D).

Superplastifiant	Ions chlores	Forme	Couleur	PH	Densité
MEDA-AIR	< 1%	Liquide	Pas un coloré, transparent comme l'eau	7-8	1,00 (±0,01)

Tableau (II.7) : Caractéristiques physico-chimiques de l'entraîneur d'air.

➤ **Le super plastifiant (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).

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

Tableau (II.8) : Caractéristiques physico-chimiques du super plastifiant (SP 40).

II.2. Formulations :**II.2.1. Nature des mélanges :****➤ La première série :**

Cette série avait pour objectif de formuler un mortier témoin avec (1/3SD) et (2/3SC) pour chaque rapport E/C = 0.5 et 0.6.

- Ciment 450g.
- Sable de dune 450g.
- Sable concassé 900g.

➤ La deuxième série :

Cette série a pour objectif de formuler un mortier avec adjuvant (entraîneur d'air) pour chaque dosage (0.5%, 1%, 1.5% de quantité d'eau) en gardant les mêmes conditions de la 1^{ère} série, mais E/C constante à 0.6.

➤ La troisième série :

Dans cette série, on introduit deux types d'adjuvant (superplastifiant et entraîneur d'air), superplastifiant constante : (1%) chaque même dosage d'entraîneur d'air dans le 2^{ème} série.

II.2.2. La composition des mortiers :

Les méthodes de formulation des mortiers courants sont basées sur l'optimisation du squelette granulaire en fonction de la granularité des principaux composants (sable et ciment) afin d'obtenir une compacité maximale du mélange pour une ouvrabilité fixée. Dans le cadre de cette étude, on utilise la méthode de formulation de mortier (la méthode de Skramataiv), cette méthode repose sur le fait que la somme des volumes absolus des matériaux d'origine dans un mètre cube est égale au volume de la composition du mortier damée.

II.2.3. Procédure de gâchage :

Tous les mélanges ont été fabriqués dans un malaxeur d'une capacité maximale de 5 L.

La même procédure de gâchage a été utilisée pour tous les mortiers (la norme NF EN 196-1) :

1. mettre le ciment puis l'eau dans le bol du malaxeur.
2. malaxer le ciment et l'eau - 30 secondes avec une vitesse min.
3. ajouter le sable - 30 secondes une vitesse min.
4. malaxer le ciment et le sable et l'eau - 30 secondes avec une vitesse rapide.
5. laisser reposer 1 minute 30 secondes.
6. malaxer pendant 1 minute vitesse rapide.

Dans le cas d'utilisation des adjuvants, ce dernier est dilué dans 50% de l'eau de gâchage.

II.2.4. Confection des éprouvettes de mortier :

Pour le mortier, des éprouvettes de (5x5x5) cm³, les éprouvettes de (4x4x16) cm³ pour les essais de traction par flexion et compression. Les éprouvettes ont été coulées dans des moules métalliques préalablement huilés.

Le moule métallique à trois alvéoles et sa hausse étant fermement fixés à la table à choc, on introduit la première des deux couches de mortier. La couche est étalée uniformément en utilisant la grande spatule puis serrée par 60 chocs. La deuxième couche est alors introduite, nivelée avec la petite spatule et serrée à nouveau par 60 chocs.

Le moule est enlevé de la table à choc, et après avoir retiré la hausse, on enlève l'excédent de mortier par arasage. la surface des éprouvettes est ensuite lissée. Les moules remplis avec le mortier frais sont ensuite recouverte par un film plastique jusqu'au démoulage. Le démoulage est effectué après 24 heures. Ensuite, les éprouvettes sont curées.

II.3. Procédures expérimentales :

II.3.1. Mode de cure :

Le démoulage est effectué après 24 heures. Ensuite, les éprouvettes sont curées de la manière suivante :

Pour chaque rapport d'E/C (0.6-0.5) et par les dosages d'adjuvants suivants :

Trois pourcentage de l'entraineur d'air (D) (0.5 % ; 1% ; 1.5 %) et de superplastifiants (PD) il y a :

- 4 éprouvettes prismatiques (4x4x16) cm³ conservées à l'eau à d'une température de (20°C+1°C).
 - 2 éprouvettes écrasées à 7 jours ;
 - 2 éprouvettes écrasées à 28 jours ;
- 1 éprouvette cubique (5x5x5) cm³ sont conservée à l'eau à une température de (20°C+1°C).

De même manière pour le mode de cure à l'air.



Figure (II.3): Les éprouvettes 4x4x16 cm³ et 5x5x5 cm³ **Figure (II.4):** Conservation à l'eau.

II.3.2. Description des essais :

II.3.2.1. Essais sur le mortier frais :

➤ **Essais d'affaissement** (NF P 18-451):

L'essai d'affaissement est le plus couramment employé pour caractériser le mortier sur chantier. Il permet de mesurer la consistance d'un mortier qui est une grandeur qui sert à caractériser l'aptitude à sa mise en œuvre. L'essai a été effectué conformément aux prescriptions de la norme NF P 18-451. [29]

➤ **La masse volumique** (NF EN 196-1) :

La masse volumique ρ des mortiers, mis en place à la table à chocs, 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. [30]

II.3.2.2. Essais sur le mortier durci :

➤ **Mesure du retrait et gonflement** (NF P 15-433) :

Il s'agit d'évaluer le retrait, ou le gonflement, que provoque le ciment étudié sur des éprouvettes de mortier normal. On compare, à différents temps t , la variation de longueur d'une éprouvette 4x4x16 cm, par rapport à sa longueur à un temps t_0 pris pour origine. [21]

Mesure des variations dimensionnelles de prismes 4x4x16 cm en fonction du temps :

$$\Delta L/L (\mu\text{m})$$

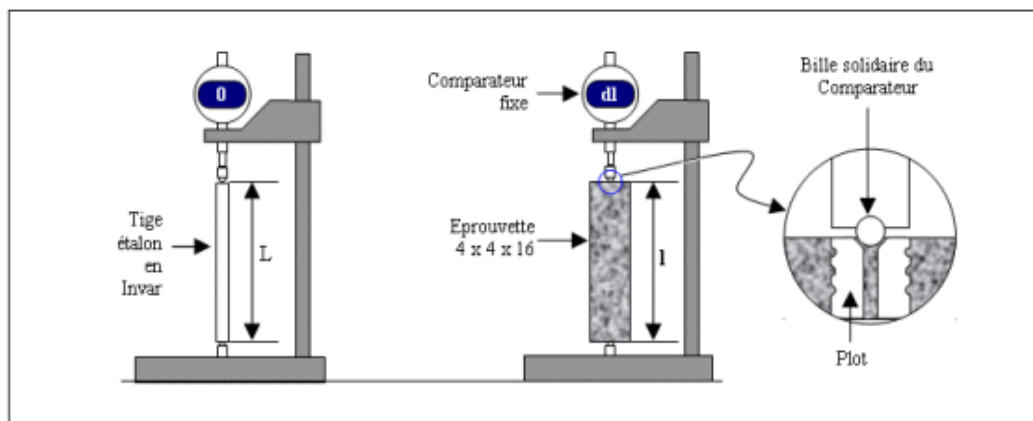


Figure (II.5) : Principe de l'essai du retrait [20].

➤ **Essai de résistance à la flexion et traction par flexion** (EN 196-1):

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 pas le rouleau de chargement sur la face latérale apposée de prisme et l'augmenter de $50 \text{ N/s} \pm 10 \text{ N/s}$, jusqu'à rupture, conserver les demi-prismes humides jusqu'à moment des essais en compression, la résistance en flexion R_f (en N/mm^2) est calculée au moyen de la formule [30] :

$$R_f = \frac{1.5 Pl}{b^3}$$

R_f : est la résistance en flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.

b : est la côté de la section carrée du prisme en millimètres.

F_f : est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture en newtons.

l : est la distance entre les appuis en millimètres.

➤ Essai de résistance à la compression (NF EN 196-1):

Centré chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la machine à ± 0.5 mm près et longitudinalement de façon que le bout du prisme soit en porte-à-faux par rapport aux plateaux d'environ 10 mm.

Augmenter la charge avec une vitesse providence durant toute l'application de la charge jusqu'à la rupture (Compenser le décroisement de vitesse de la charge à l'approche de la rupture). [30]

La résistance en compression R_c (en N/mm^2) est calculée au moyen de la formule :

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

R_c : Résistance à la compression en (MPa).

F_c : charge de rupture en (N).

b_2 : cote de l'éprouvette est égale à 40 mm.



Figure (II.6) : La machine de compression.

II.4. Conclusion :

La présentation des caractéristiques des matériaux utilisés, la composition des mélanges et les procédures expérimentales vont nous permettre de mieux analyser les résultats et d'avoir une meilleure compréhension de l'influence des différents paramètres étudiés sur le comportement physico-mécanique et rhéologique des mortiers confectionnés.

Les essais physiques, les analyses chimiques et les analyse minéralogiques effectués dans les différents laboratoires donnent une idée générale sur les caractéristiques principales des matériaux servant à la formulation des mortiers qui seront étudiés au chapitre suivant. La connaissance de ces caractéristiques nous aide d'une façon significative à commenter les résultats des essais expérimentaux.

CHAPITRE III :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre III : Résultats et Discussions

III. Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons les résultats obtenus expérimentalement à savoir :
Les études du mortier à l'état frais et à l'état durcis :

- ❖ Mortier frais : étude de comportement rhéologique des mortiers frais
 - * la maniabilité des mortiers frais (affaissement) pour :
 - Les mortiers avec l'entraîneur d'air ;
 - Les mortiers avec l'entraîneur d'air et un super plastifiant.
- ❖ Mortier durci : étude des comportements mécaniques
 - * l'influence du rapport E/C sur les caractéristiques mécaniques des mortiers tel que la résistance à la compression, la résistance à la traction par flexion ;
 - * l'influence des différents dosages d'adjuvants sur les caractéristiques mécaniques des mortiers.

III.1. Formulation de mortier :

III.1.1. Optimisation :

- 1350g sable mixte [sable de dune 1/3 (450) + sable concassé 2/3 (900)].
- 450g ciment (CEM II/B).
- 270g d'eau.
- E/C : 0.60
- Super plastifiant SP40 constant à 1% : (4.5g).

Mortier (g)	C	SD	SC	Eau	EA (g) %			(EA+SP) g %		
					0.5	1	1.5	0.5EA+1SP	1EA+1SP	1.5EA+1SP
M1	450	450	900	267.75	2.25	-	-	-	-	-
M2	450	450	900	265.50	-	4.50	-	-	-	-
M3	450	450	900	263.25	-	-	6.75	-	-	-
M4	450	450	900	263.25	-	-	-	6.75	-	-
M5	450	450	900	261.00	-	-	-	-	9	-
M6	450	450	900	258.75	-	-	-	-	-	11.25

Tableau (III.1) : Formulation des mortiers en fonction de dosage et type d'adjuvant.

Mortier (g)	Ciment	Sable de dune	Sable concassé	E/C	Eau
M7	450	450	900	0.60	270
M8	450	450	900	0.50	225

Tableau (III.2) : Formulation des mortiers témoin en fonction de rapport E/C.

III.2. Propriétés des mortiers à l'état frais :

III.2.1. Des mortiers avec l'entraineur d'air :

➤ L'affaissement :

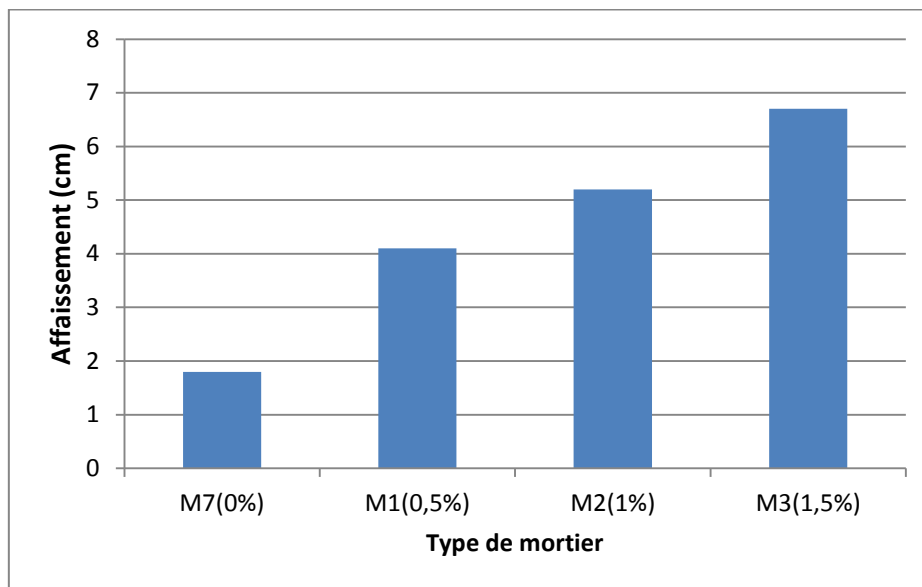


Figure (III.1) : Effet du l'entraineur d'air sur l'affaissement du mortier.

L'affaissement est une qualité essentielle du mortier, elle peut se définir comme la facilité de mise en œuvre du mortier. D'après la figure (III.1), on remarque que l'affaissement de mortier augmente avec l'augmentation de dosage d'adjuvant (l'entraineur d'air).

➤ Le retrait :

Le retrait des mortiers adjuvantés est croissant quel que soit le dosage de l'entraineur d'air et supérieur au retrait du mortier témoin jusqu'à 7 jours.

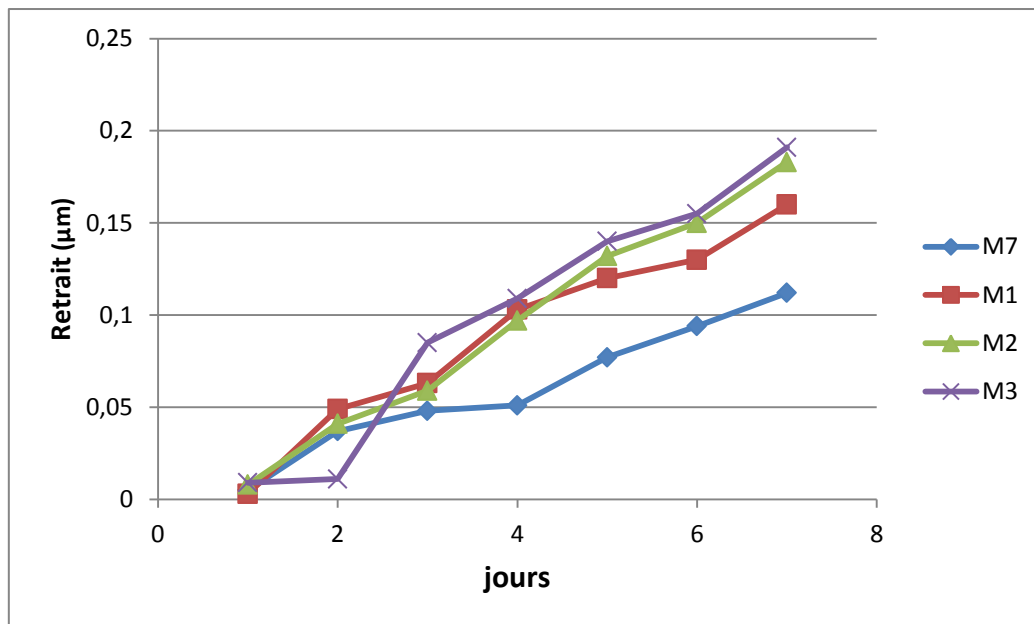


Figure (III.2) : Effet du l'entraineur d'air sur le retrait de mortier.

➤ **La masse volumique (état frais) :**

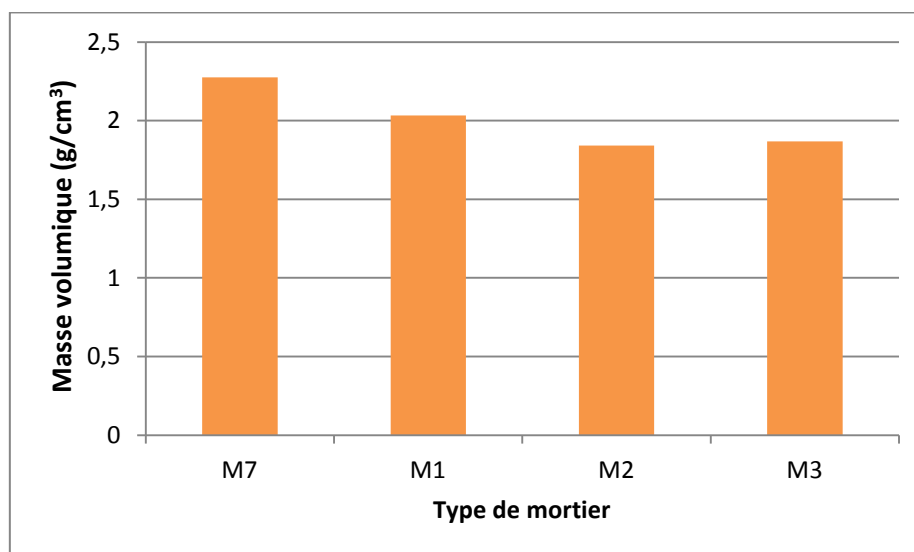


Figure (III.3) : Effet de l'entraineur d'air sur la masse volumique (état frais).

D'après la figure (III.3), on remarque que la masse volumique varie dans l'intervalle de $2.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ à $1.8 \text{ g}/\text{cm}^3$.

A titre de comparaison, l'augmentation de pourcentage de l'entraineur d'air à certain valeur entre (M1 et M2) enregistré une réduction remarquable de la masse volumique à l'état frais de l'ordre 10.64%, 19.06% respectivement par rapport mortier témoin(M7).

Entre (M7 et M3), l'augmentation de dosage de l'entraineur d'air à 1.5% indique une réduction d'environ 17.86% par rapport mortier témoin(M7).

III.2.2. Des mortiers avec l'entraineur d'air + (1%) super plastifiant :

➤ L'affaissement :

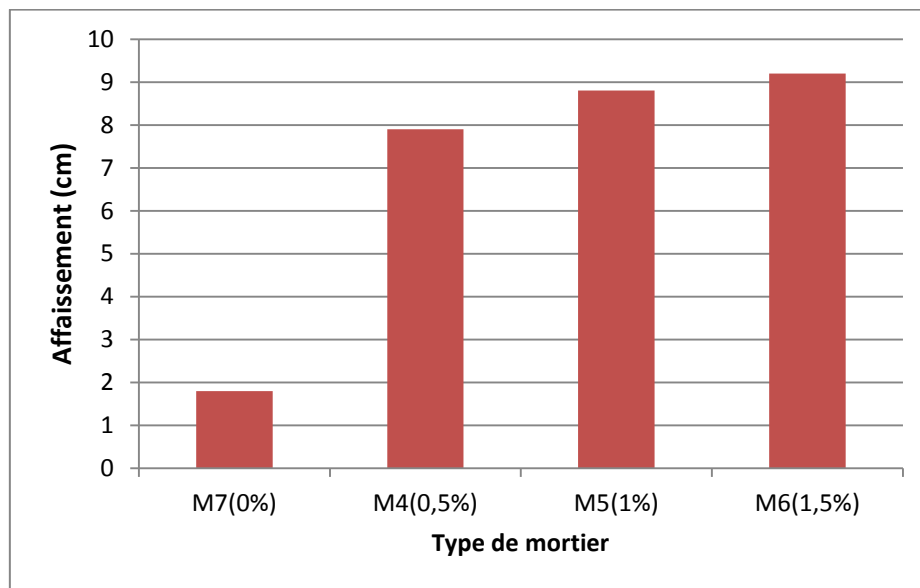


Figure (III.4) : Effet du dosage l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur l'affaissement des mortiers.

D'après la figure (III.4), on remarque que l'affaissement de mortier augmente avec l'augmentation de dosage d'adjuvant (fluidifiant et l'entraineur d'air).

➤ Le retrait :

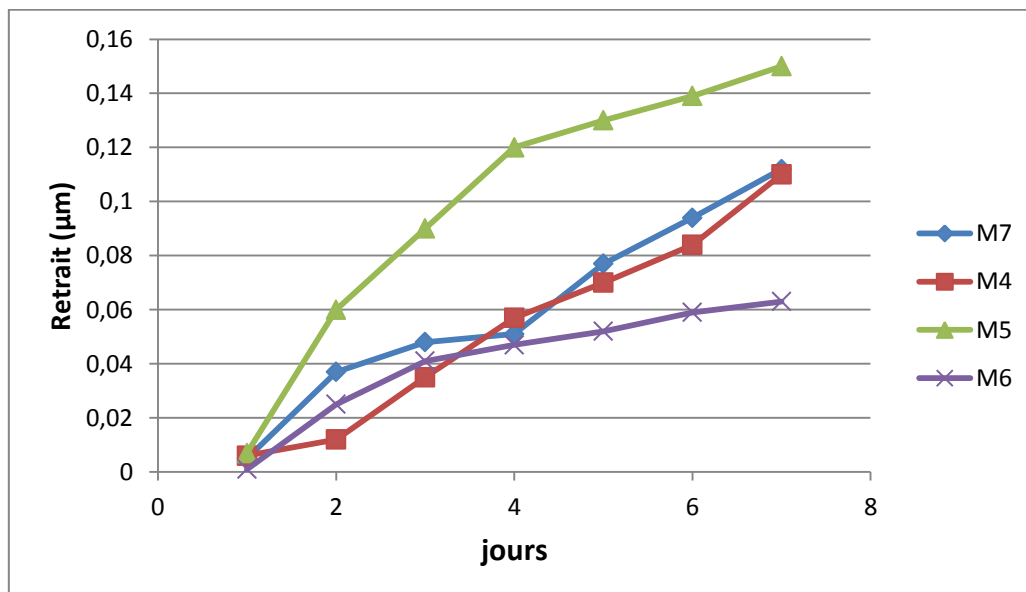


Figure (III.5) : Effet du l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur le retrait des mortiers.

On constate que le mortier de dosage (1%) d'entraineur d'air et de (1%) de super plastifiant est supérieur par rapport aux autres dosages jusqu'à 7 jours.

➤ **La masse volumique (état frais) :**

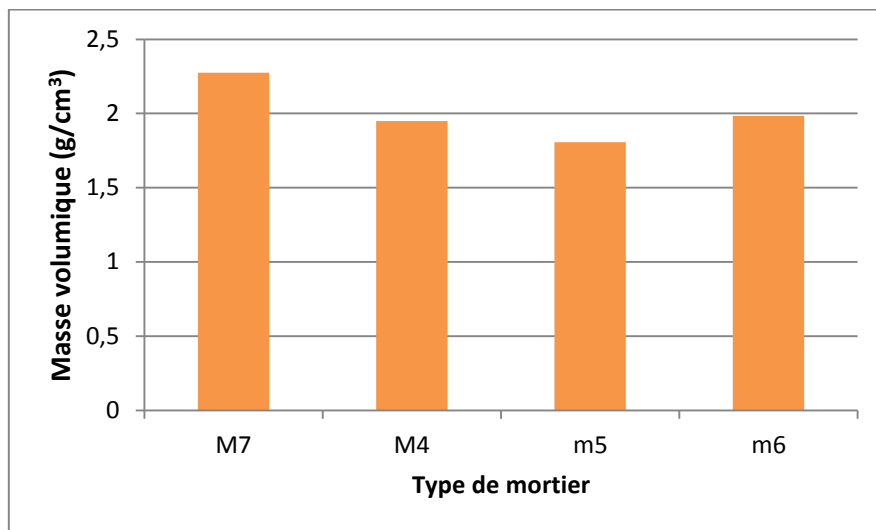


Figure (III.6) : Effet du l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur la masse volumique (état frais).

D'après la figure (III.6), on remarque que la masse volumique est variée dans l'intervalle de 2.2 g/cm³ à 1.8 g/cm³.

A titre de comparaison, l'augmentation de pourcentage de l'entraineur d'air à certain valeur entre (M4 et M5) enregistré une réduction remarquable de la masse volumique à l'état frais de l'ordre 14.31%, 20.55% respectivement par rapport mortier témoin(M7).

Entre (M7 et M6), l'augmentation de dosage de l'entraineur d'air à 1.5% indique une réduction d'environ 12.76% par rapport mortier témoin(M7).

III.2.3. Des mortiers en fonction de rapport E/C :

➤ **L'affaissement :**

D'après la figure (III.7), on remarque que l'affaissement des mortiers témoins augmente lorsque le rapport E/C augmente.

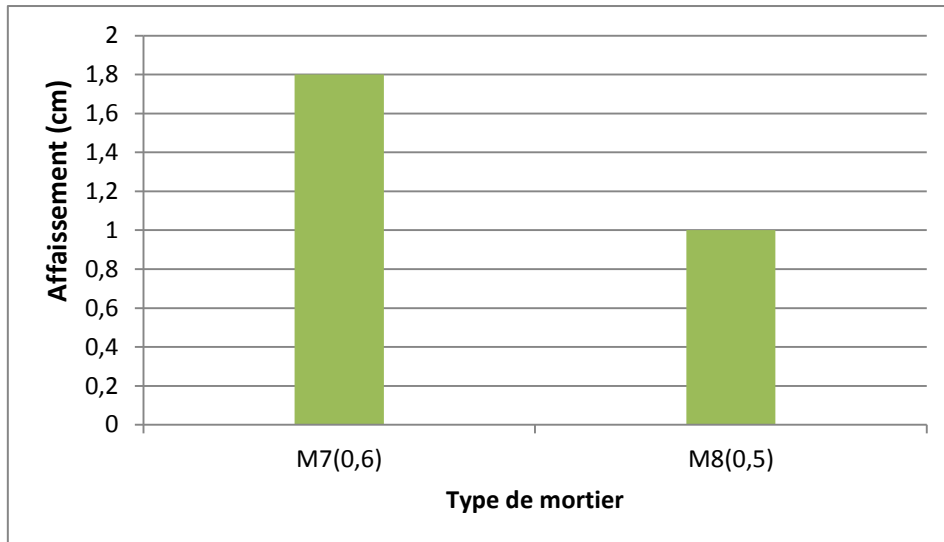


Figure (III.7) : Effet du rapport E/C sur l'affaissement du mortier.

➤ La masse volumique (état frais) :

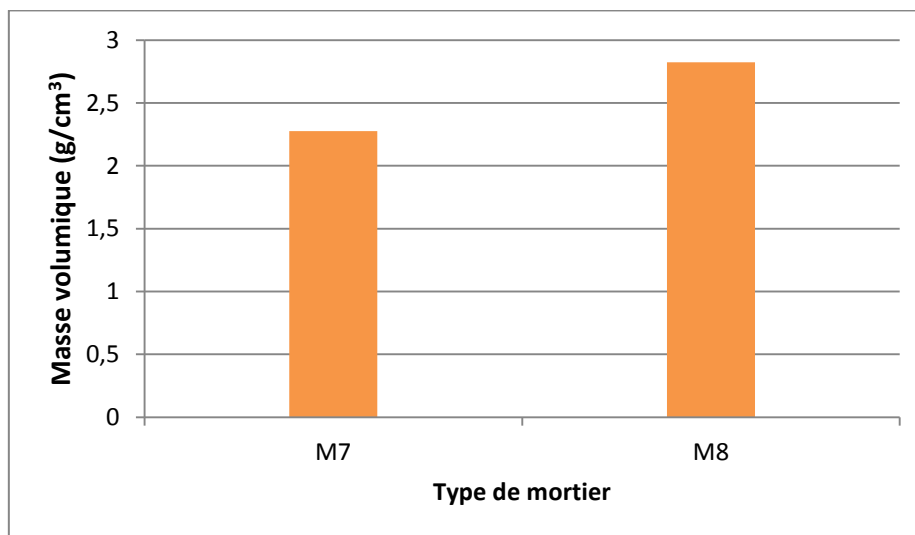


Figure (III.8) : Effet du rapport E/C sur la masse volumique (état frais).

La figure (III.8), représente l'effet de rapport E/C sur la masse volumique à l'état frais. Une augmentation de la masse volumique lorsqu'on utilise un rapport E/C = 0.5 de l'ordre 19.42% par rapport E/C = 0.6.

III.2.4. Comparaison entre des mortiers à (l'entraineur d'air et super plastifiant) vis-à-vis du retrait :

➤ Le retrait :

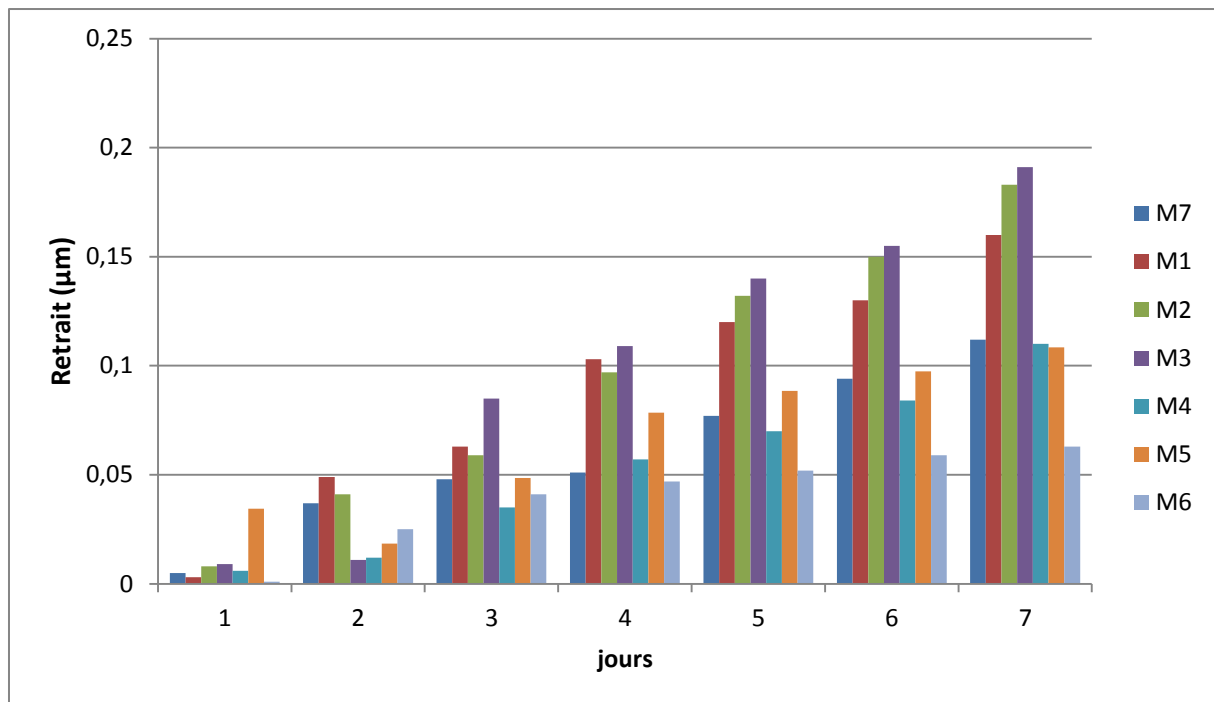


Figure (III.9) : Comparaison entre effet du super plastifiant et l'entraineur d'air sur le retrait de mortier.

On constate que le retrait est croissant en fonction du temps. Au-delà de trois jours la meilleure valeur du retrait (valeur la plus faible) est donnée par la formulation M6 (1.5% EA et 1% SP).

A 7 jours en comparant les deux formulations M3 et M6 on constate que l'introduisant de 1% super plastifiant, en présence de 1.5% entraineur d'air fait réduire le retrait de l'ordre de 67% et 43% respectivement par rapport au mortier témoin (M7).

Au-delà de 4 jours le retrait augmente avec le pourcentage de l'entraineur d'air. Au-delà de 4 jours la formulation (M4) donne un résultat identique au mortier témoin (M7). Les formulations avec super plastifiant présentent un retrait inférieur par rapport à une formulation sans super plastifiant.

III.3. Propriété des mortiers à l'état durci :

III.3.1. Conservation à l'eau :

III.3.1.1. La masse volumique (état durci) :

- **Des mortiers avec l'entraineur d'air :**

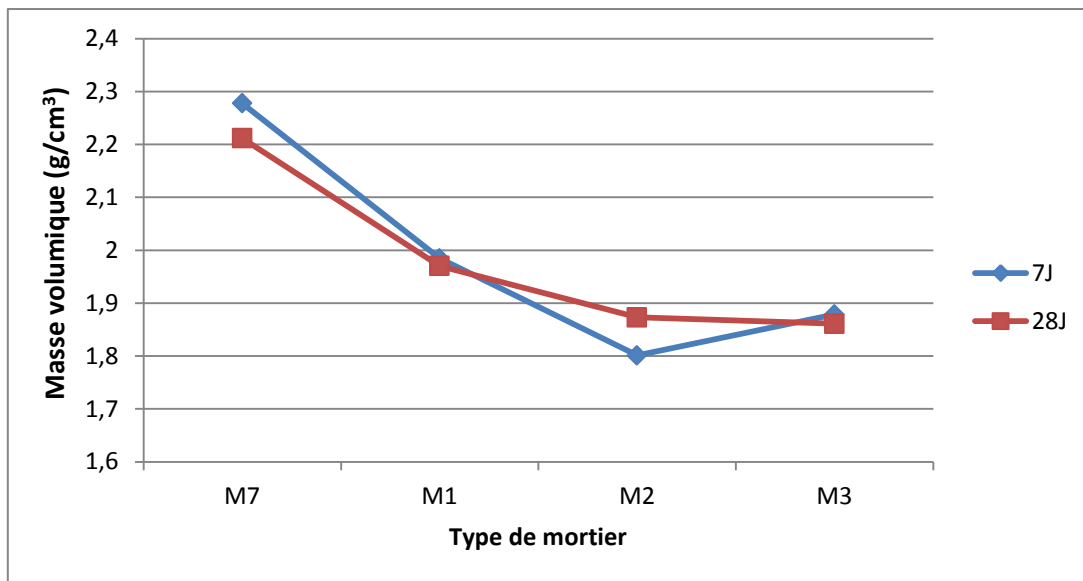


Figure (III.10) : Effet de l'entraineur d'air sur la masse volumique durci (conservation à l'eau).

L'entraineur d'air fait diminuer la masse volumique des trois types de mortiers par rapport au mortier de référence.

➤ **Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :**

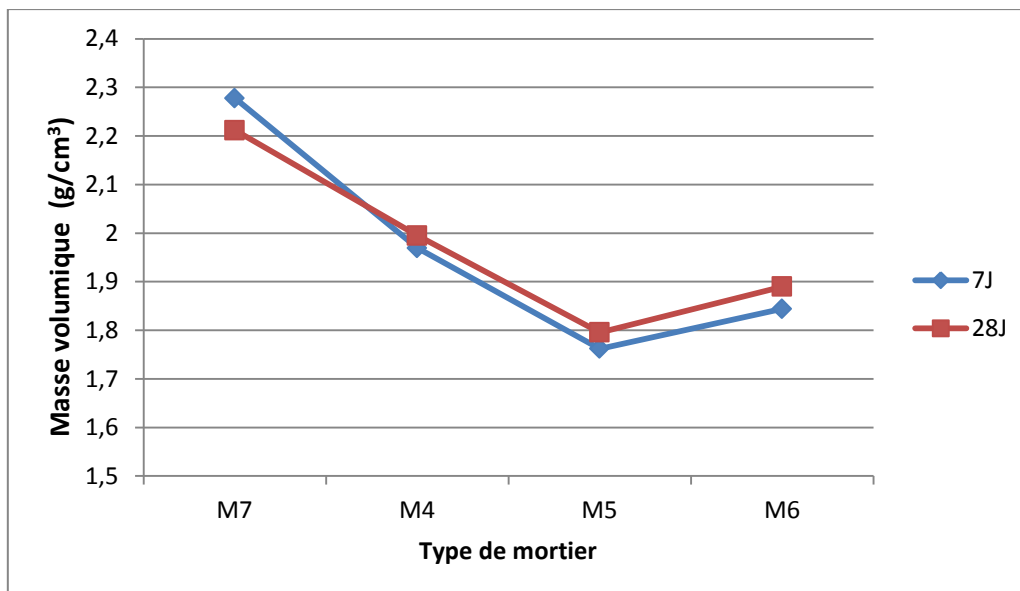


Figure (III.11) : Effet de l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur la masse volumique durci (conservation à l'eau).

La masse volumique ne varie pas beaucoup en fonction du temps. Il n'y a pas une grande différence entre 7 et 28 jours.

III.3.1.2. Résistance à la flexion :

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air :

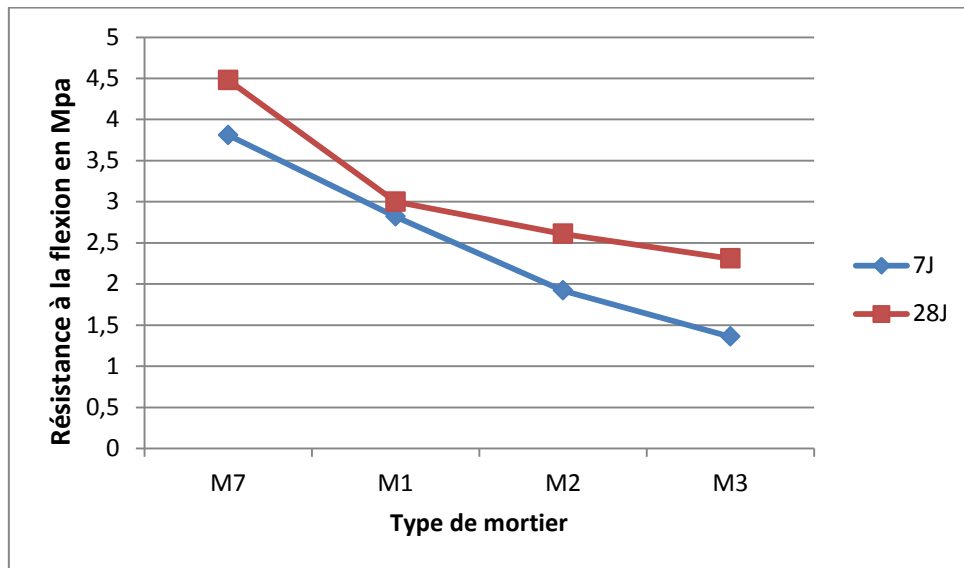


Figure (III.12) : Effet du l'entraineur d'air sur la résistance à la flexion (conservation à l'eau).

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

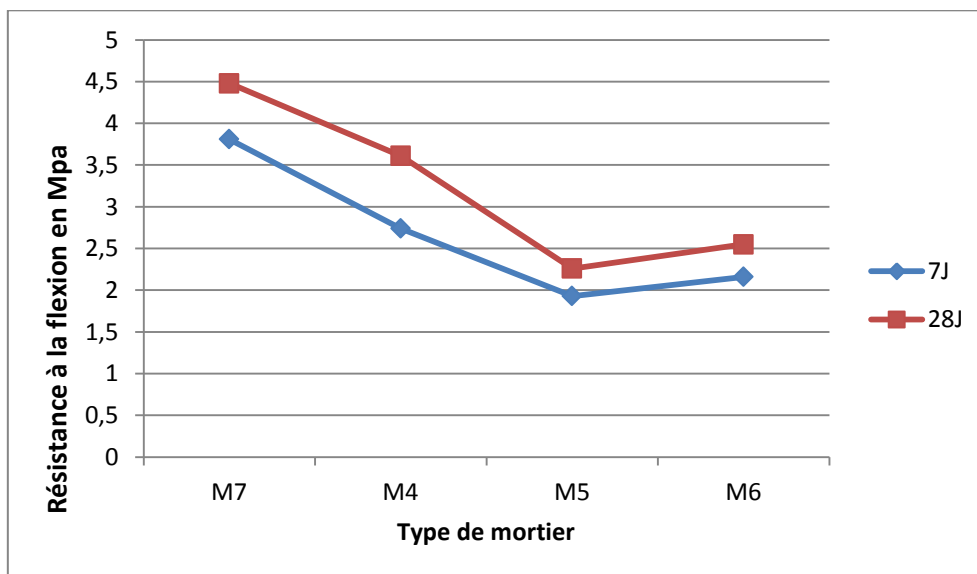


Figure (III.13) : Effet du l'entraineur d'air et 1% super plastifiant sur la résistance à la flexion (conservation à l'eau)

➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C :

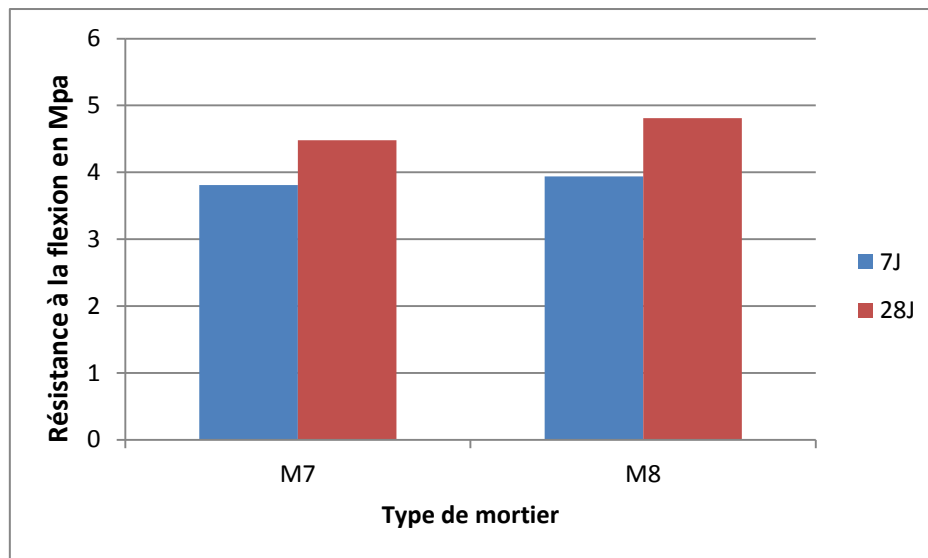


Figure (III.14) : Effet du rapport E/C sur la résistance à la flexion (conservation à l'eau).

A formulation (M7) en comparant les deux temps 7 et 28 jours, on remarque que la conservation à l'eau fait élève la résistance à la compression de 14.95%. La même remarque pour la formulation (M8) avec un pourcentage de 18.08%.

III.3.1.3. Résistance à la compression :

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air :

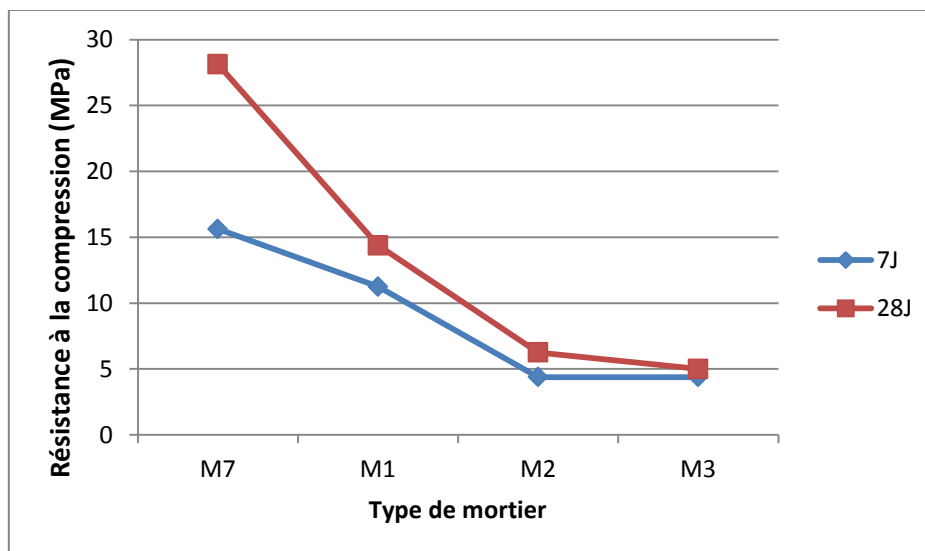


Figure (III.15) : Effet du l'entraineur d'air sur la compression (conservation à l'eau).

La figure (III.15), représenté l'augmentation de dosage d'entraineur d'air, se indiqué (M1; M2; M3) une perte de résistance à la compression à l'âge de 28 jours, d'environ 50% donc c'est la moitié, (73.08% ; 69.23%) respectivement par rapport mortier témoin.

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

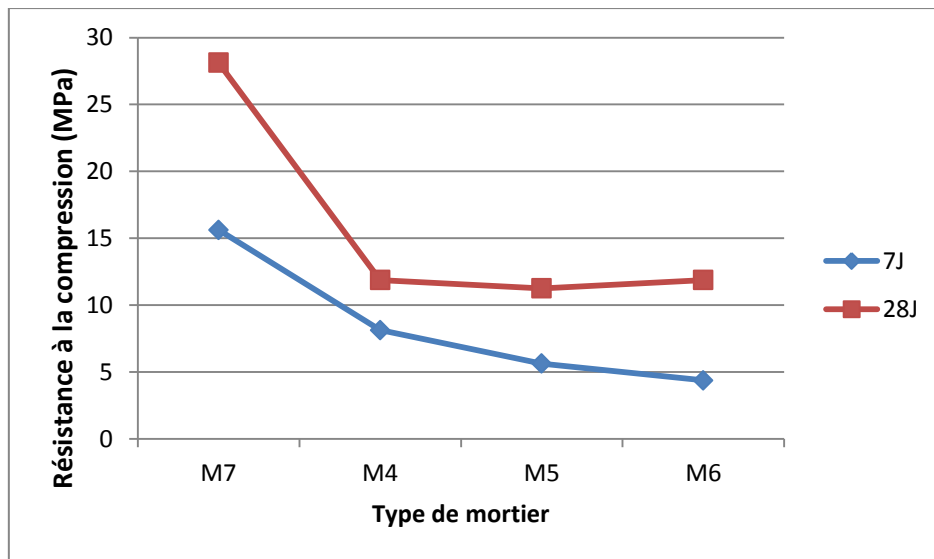


Figure (III.16) : Effet du l'entraineur d'air et 1% de SP40 sur la compression (conservation à l'eau).

La figure (III.16), représenté l'augmentation de dosage d'entraineur d'air et 1% de super plastifiant, se indiqué (M4; M5; M6) une perte de résistance à la compression à l'âge de 28 jours, d'environ 57% donc c'est la moitié, juste il y a une stabilité de certains valeurs de résistance dans le cas (M5; M6) de l'ordre (60% ; 57%) respectivement par rapport au mortier témoin(M7).

➤ Des mortiers en fonction de rapport E/C :

A formulation (M7) en comparant les deux temps 7 et 28 jours, on remarque que la conservation à l'eau fait élève la résistance à la compression de 44.4%. La même remarque pour la formulation (M8) par pourcentage 32%.

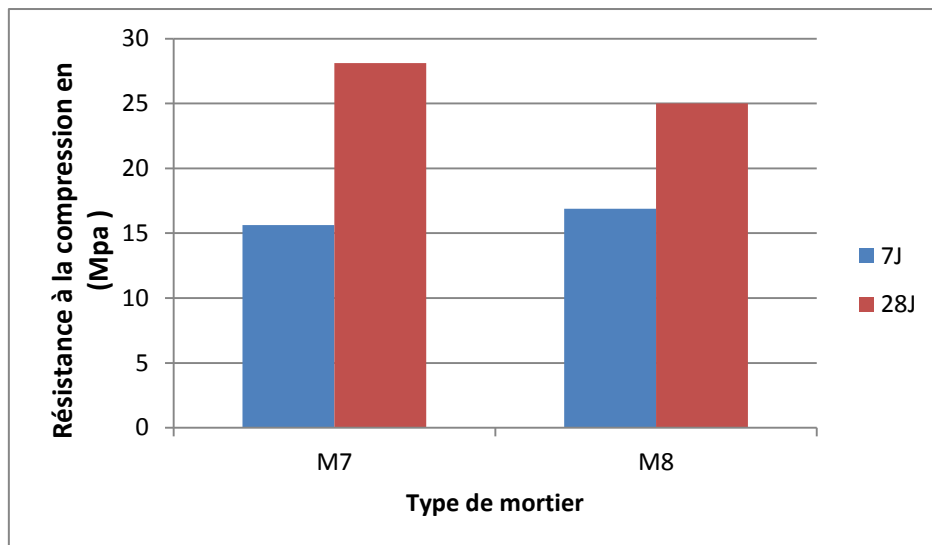


Figure (III.17) : Effet du rapport E/C sur la compression (conservation à l'eau).

III.3.2. Conservation à l'air :

III.3.2.1. La masse volumique (état durci) :

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air :

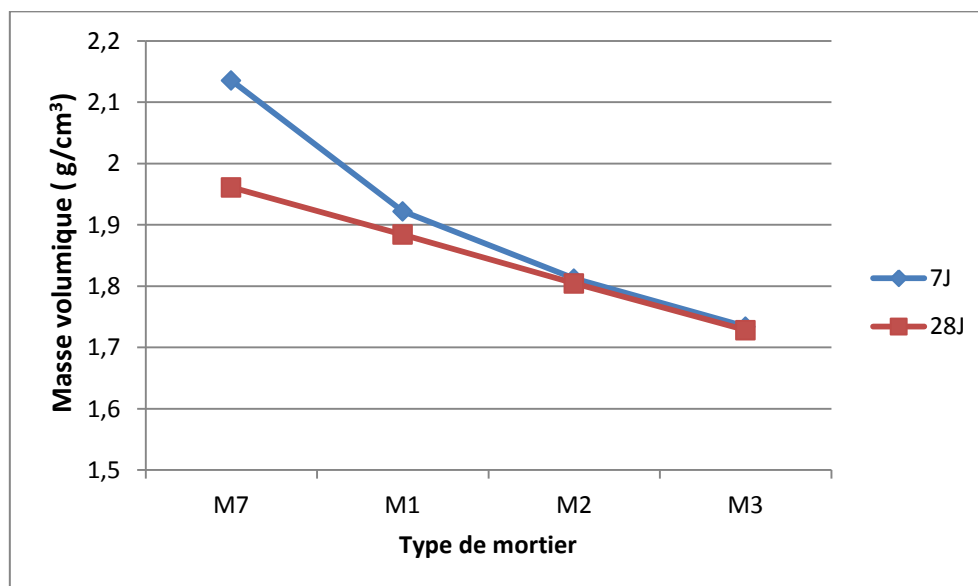


Figure (III.18) : Effet du l'entraineur d'air sur la masse volumique durci (conservation à l'air).

Nous remontre que la masse volumique diminue en fonction de l'augmentation du dosage de l'entraineur d'air, car l'entraineur d'air introduit des bulle d'air qui provoqué plus de vide dans le mortier.

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

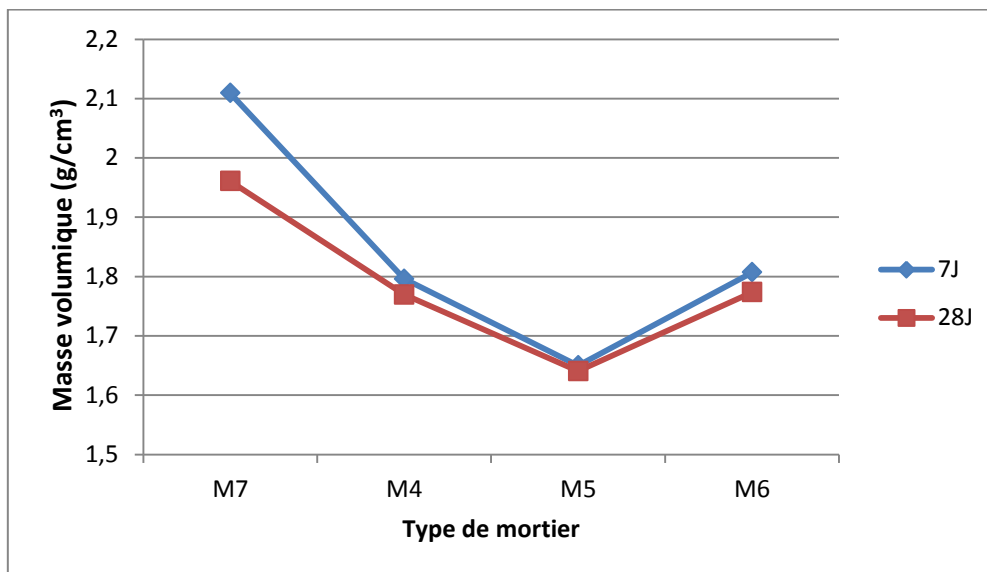


Figure (III.19) : Effet de l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur la masse volumique durci (conservation à l'air).

Même remarque dans le cas des mortiers avec super plastifiant sauf pour la formulation M6 (1.5%).

➤ Des mortiers en fonction d'E/C :

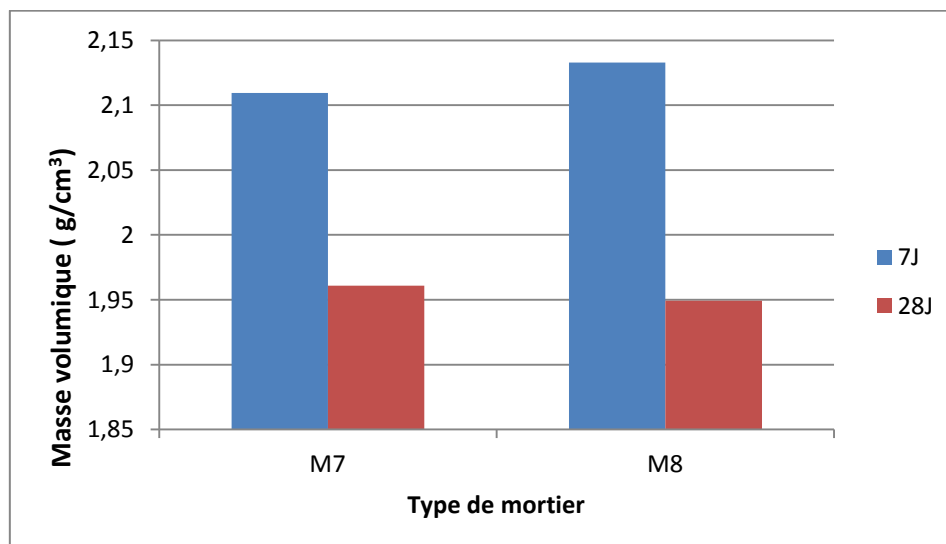


Figure (III.20) : Effet du rapport E/C sur la masse volumique durci (conservation à l'air).

La masse volumique diminue de 7 à 28 jours pour les deux rapports d'E/C. A formulation (M7) en comparant les deux temps 7 et 28 jours, on constate que la conservation à l'air fait réduire la masse volumique à l'état durci de 7.04%. Les mêmes constatations pour la formulation (M8) avec 8.61%.

III.3.2.2. Résistance à la flexion :

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air :

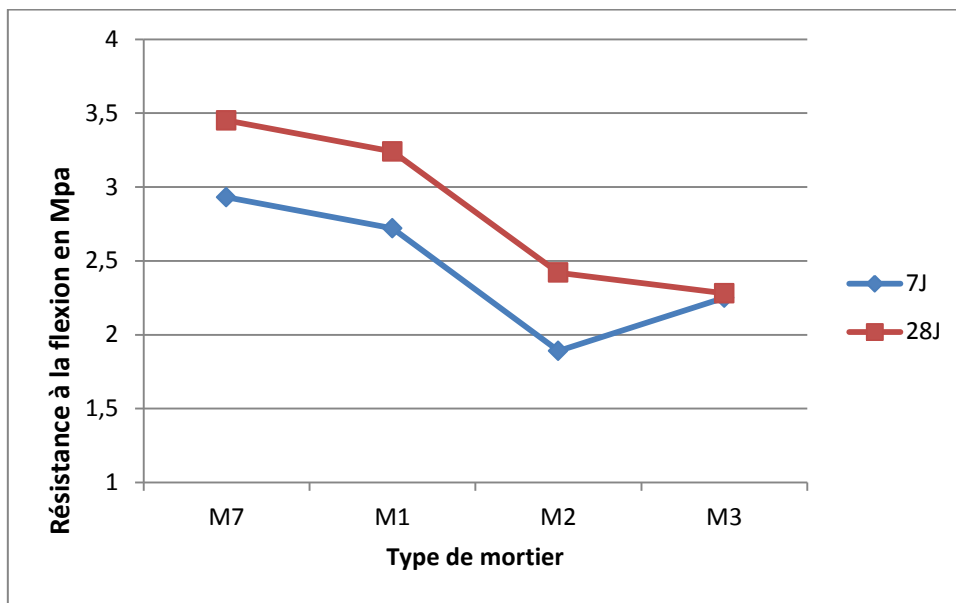


Figure (III.21) : Effet du l'entraineur d'air sur la résistance à la flexion (conservation à l'air).

D'après les résultats obtenus, on a remarqué qu'il y a une diminution légère de résistance à la flexion entre M2 et M3 d'ordre 5.77%

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

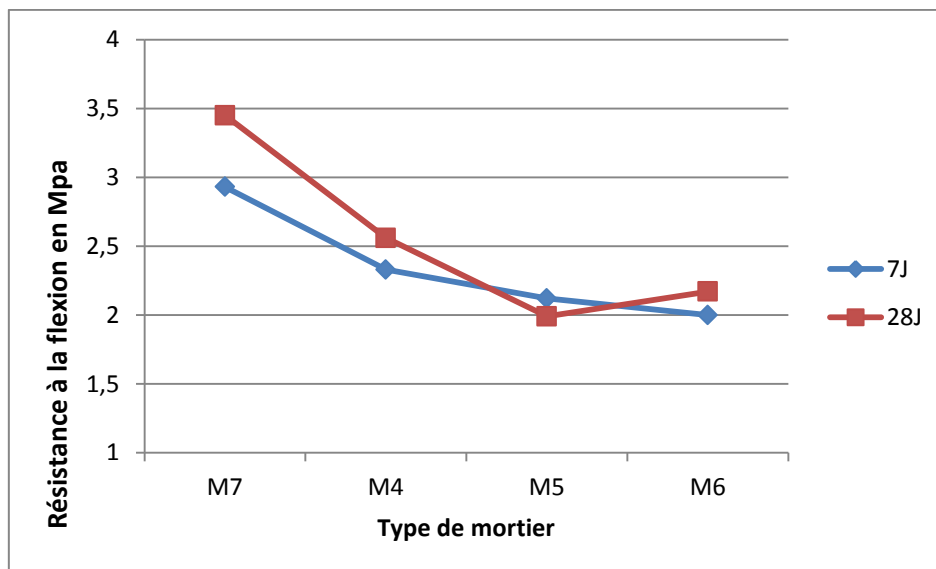


Figure (III.22) : Effet du l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur la résistance à la flexion (conservation à l'air).

➤ Des mortiers en fonction d'E/C :

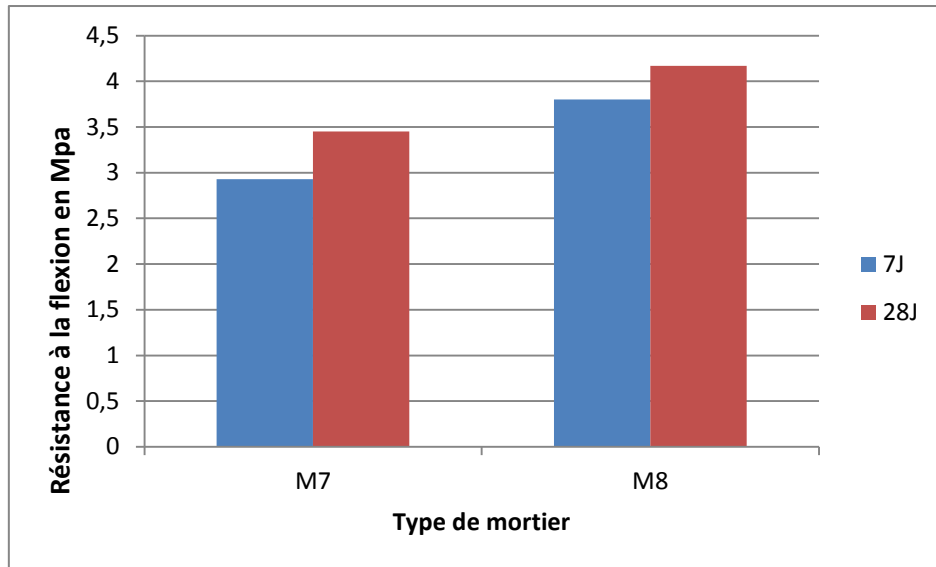


Figure (III.23) : Effet du rapport E/C sur la résistance à la flexion (conservation à l'air).

La résistance à la flexion élevée de 7 à 28 jours pour les deux rapports d'E/C. La formulation (M7) en comparant les deux temps 7 et 28 jours, on constate que la conservation à l'air fait enlevée la résistance à la flexion de 15.07%. La même remarque dans la formulation (M8) pour pourcentage 8.87%.

III.3.2.3. Résistance à la compression :

➤ **Des mortiers avec l'entraineur d'air :**

La figure (III.24), spectacle l'augmentation de dosage d'entraineur d'air, se indiqué (M1; M2; M3) une perte de résistance à la compression à l'âge de 28 jours, d'environ 50% donc c'est la moitié, juste il y a une amélioration légère de certains valeur de résistance dans le cas (M2; M3) de l'ordre (73.07% ; 69.23%) respectivement par rapport au mortier témoin (M7).

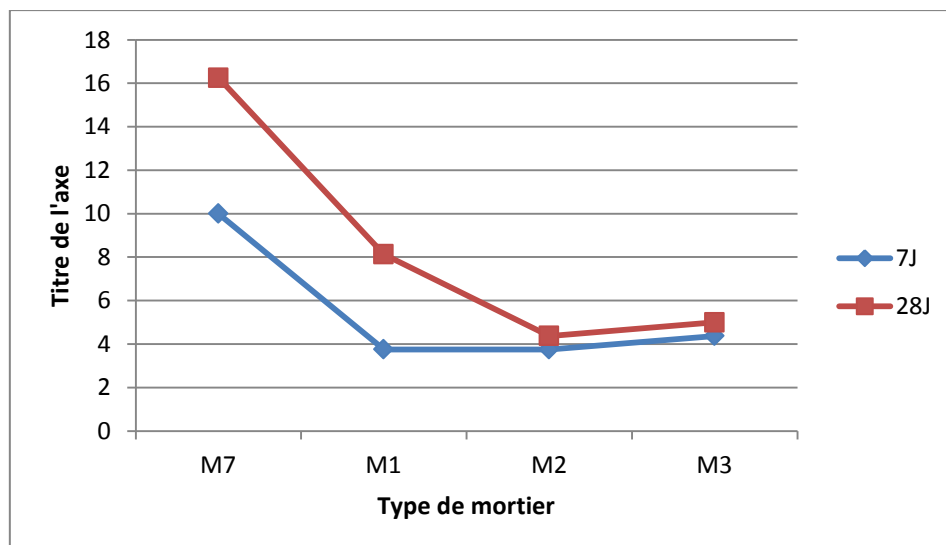


Figure (III.24) : Effet du l'entraineur d'air sur la compression (conservation à l'air).

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

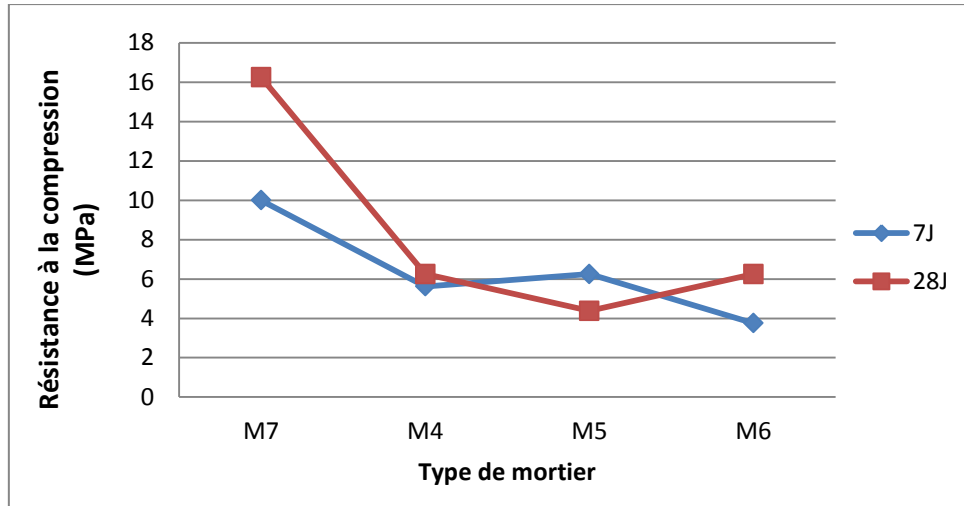


Figure (III.25) : Effet du l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant sur la compression (conservation à l'air).

➤ Des mortiers en fonction d'E/C :

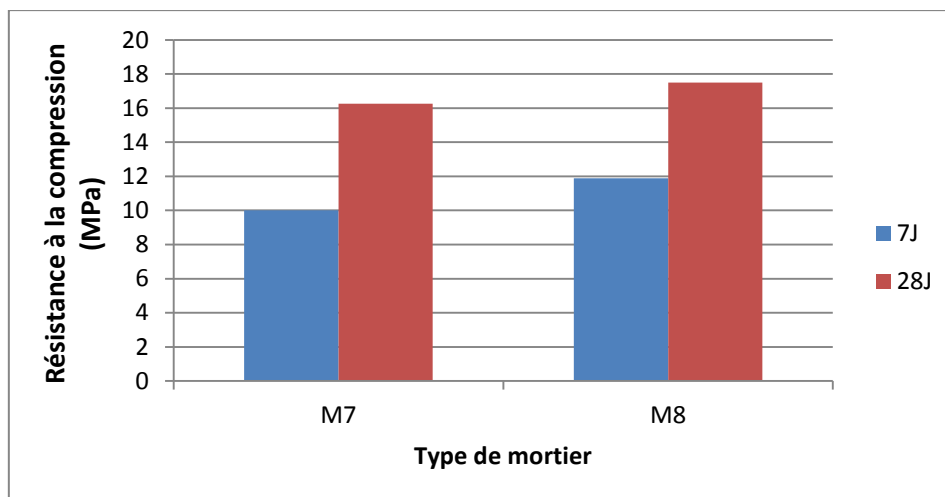


Figure (III.26) : Effet du rapport E/C sur la résistance à la compression (conservation à l'air).

La résistance à la compression élevée de 7 à 28 jours pour les deux rapports d'E/C. La formulation (M7) en comparant les deux temps 7 et 28 jours, on constate que la conservation à l'air fait croissante de la résistance à la compression de 38.46%. La même remarque que dans la formulation (M8) avec un pourcentage de 32.14%.

III.3.3. Comparaison entre conservation à (l'eau et l'air) à 28j :

III.3.3.1. La masse volumique (état durci) :

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air :

La masse volumique des mortiers adjuvantés diminue quel que soit le milieu de conservation.

De plus, les masses volumique conservation à l'eau se plus élevée que celle conservation à l'air.

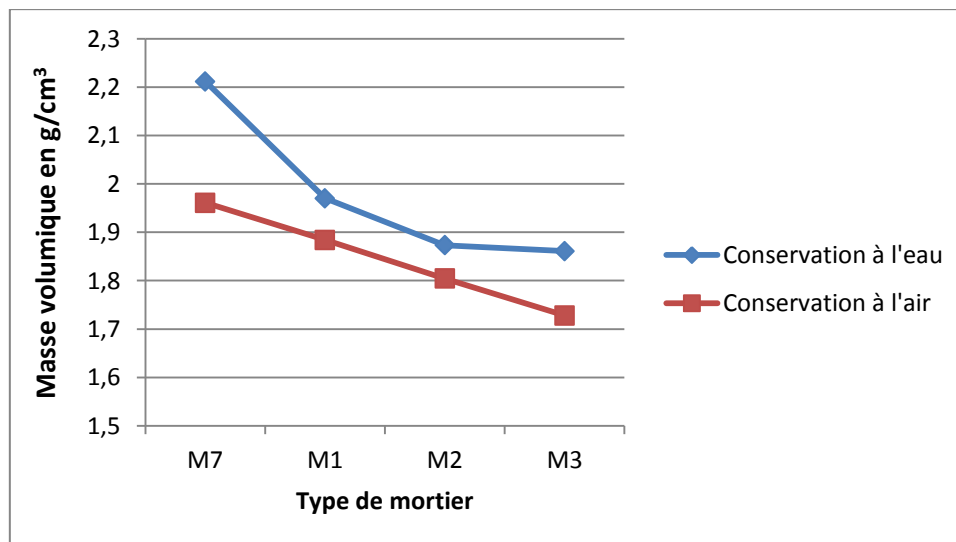


Figure (III.27) : Effet du milieu de conservation sur la masse volumique durcie à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraineur d'air.

On remarque une légère diminution lors de l'ajout du l'entraineur d'air et de bons résultats au milieu de conservation à l'eau

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

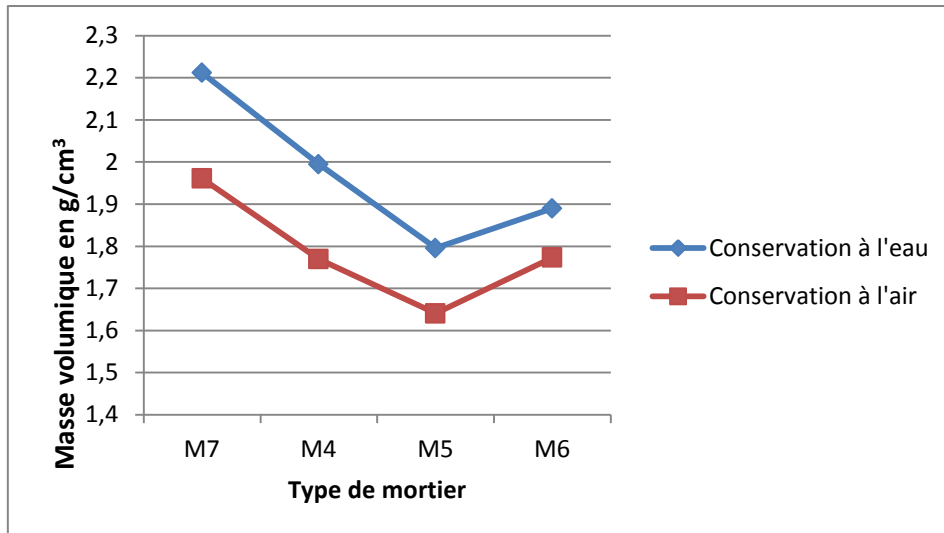


Figure (III.28) : Effet du milieu de conservation sur la masse volumique durci à 28j sur les mortiers adjuvantés par l’entraîneur d’air et (1%) de super plastifiant.

III.3.3.2. Résistance à la flexion :

➤ Des mortiers avec l’entraîneur d’air :

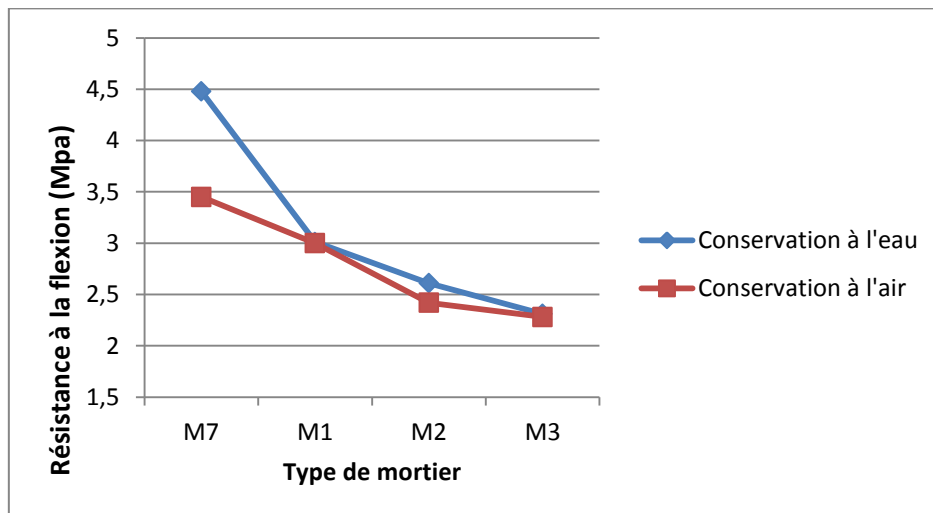


Figure (III.29) : Effet du milieu de conservation sur la résistance à la flexion à 28j sur les mortiers adjuvantés par l’entraîneur d’air.

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

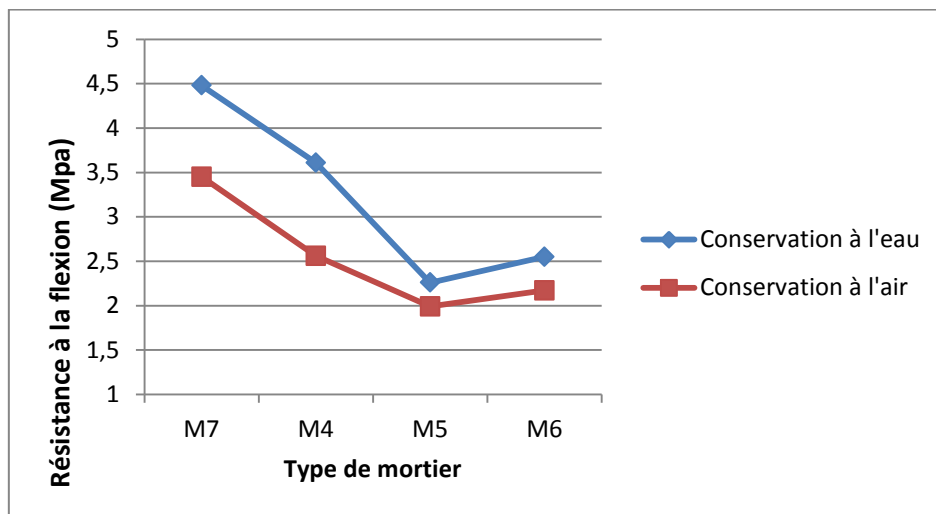


Figure (III.30) : Effet du milieu de conservation sur la résistance à la flexion à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraineur d'air et (1%) de super plastifiant.

III.3.3.3. Résistance à la compression :

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air :

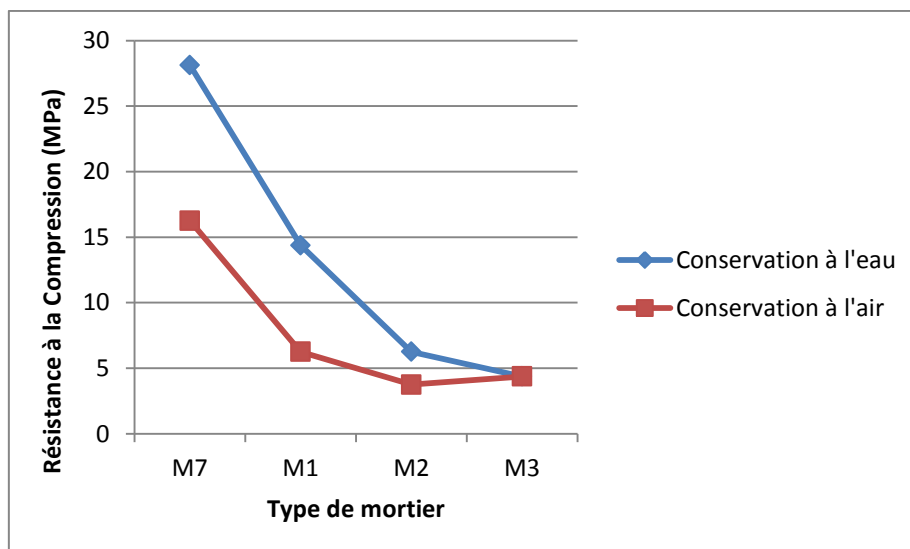


Figure (III.31) : Effet du milieu de conservation sur la résistance à la compression à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraineur d'air.

On déduit la différence entre la résistance à la compression des éprouvettes conservées à l'air et à l'eau diminue en fonction de l'augmentation des pourcentages d'adjuvant l'entraineur d'air.

➤ Des mortiers avec l'entraineur d'air et 1% de super plastifiant :

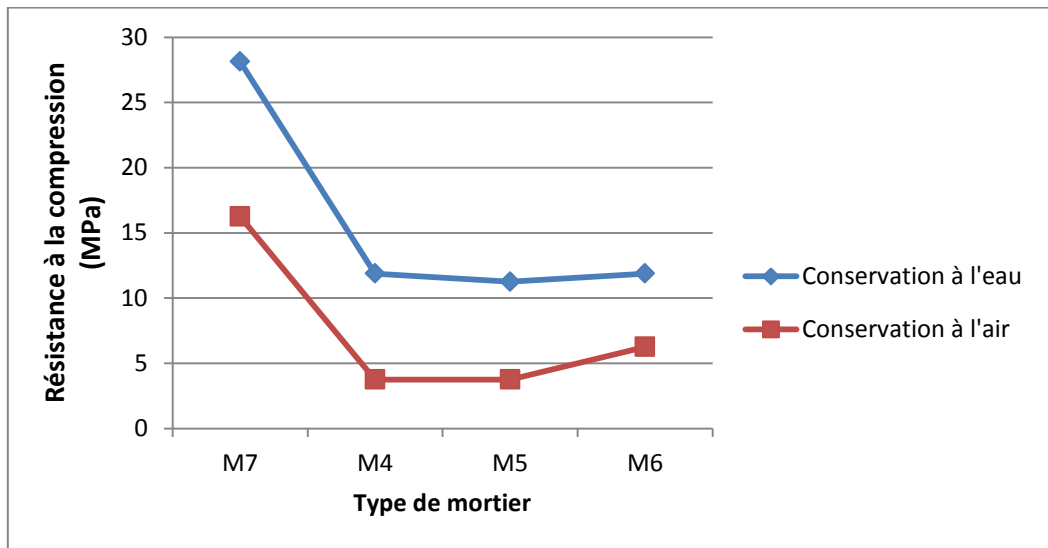


Figure (III.32) : Effet du milieu de conservation sur la résistance à la compression à 28j sur les mortiers adjuvantés par l'entraineur d'air et (1%) de super plastifiant.

On introduisant que (1%) de super plastifiant remarquée cette différence se stabilise.

➤ Des mortiers en fonction d'E/C :

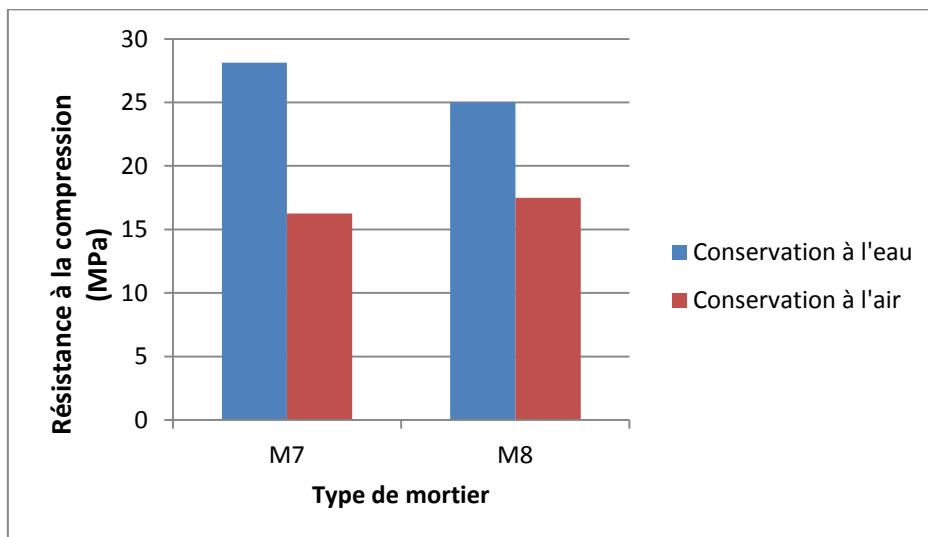


Figure (III.33) : Effet du milieu de conservation et du rapport E/C sur la résistance à la compression à 28j.

On remarque la résistance à la compression dans le milieu de conservation à l'eau (28 jours) donnée un bon résultat que le milieu de conservation à l'air.

Ainsi, le rapport $E/C = 0,6$ de la résistance à la compression (28 jours) mieux par rapport à $E/C = 0,5$.

III.4. Conclusion :

Les résultats obtenus dans cette étude mettent en évidence l'influence de l'agent entraîneur d'air sur les propriétés physico mécaniques des mortiers.

Cette campagne d'essais a permis de confirmer un certain nombre de résultats relevés dans la bibliographie concernant les performances des mortiers à l'état frais et durci.

Les mortiers de la formulation à l'entraîneur d'air seulement présentent une diminution des résistances mécaniques, les mortiers avec super plastifiant et entraîneur d'air donnent des résistances légèrement supérieures aux autres.

Cette étude apporte un éclairage sur l'adéquation des différents composants et devrait aider à terme, à la mise en place de règles de formulation des mortiers adjuvantés.

Conclusion générale

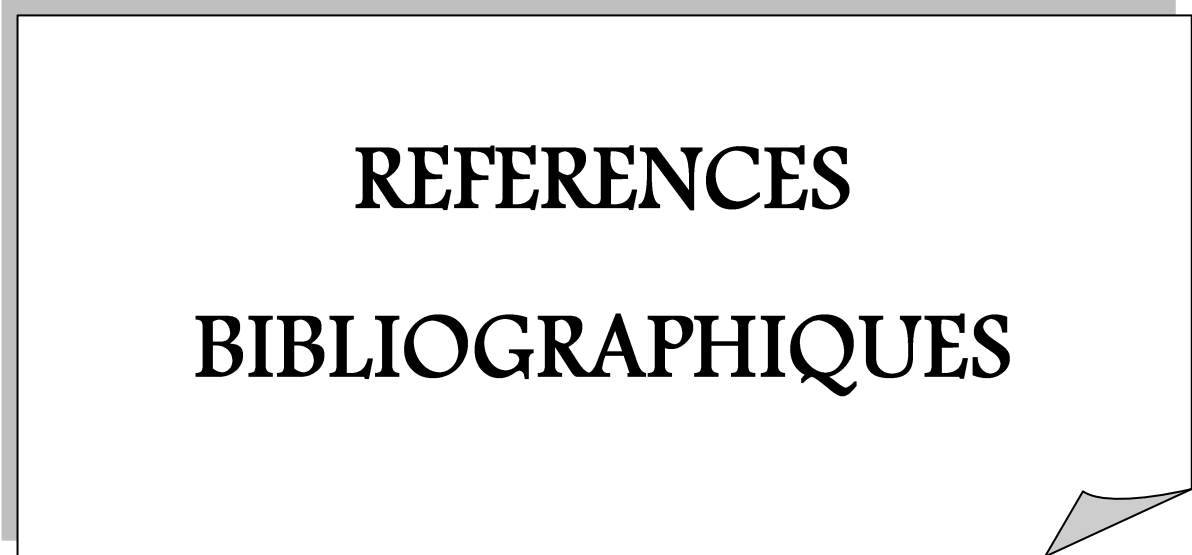
Les résultats obtenus nous permettent de formuler les conclusions suivantes :

- ❖ Le mortier avec entraîneur d'air seulement ou avec super plastifiants présente une ouvrabilité plus élevée des mortiers sans adjuvants, cette ouvrabilité augmente avec l'augmentation de pourcentage d'adjuvant.
- ❖ L'ouvrabilité des mortiers témoins, augmente avec l'augmentation d'E/C avec un taux constant du dosage en ciment.
- ❖ L'effet de l'incorporation de l'entraîneur d'air sur le phénomène de retrait des mortiers est croissant quel que soit le dosage en adjuvant par rapport un mortier témoin jusqu'à 7 jours.
- ❖ Par contre, l'ajout de super plastifiant avec l'entraîneur d'air à certain dosage comme indiqué dans la formulation M6 (1.5% EA ; 1% SP), représente la meilleure valeur de retrait (valeur la plus faible).
- ❖ L'augmentation de pourcentage de l'entraîneur d'air seulement ou avec super plastifiant à certain dosage provoque une réduction remarquable de la masse volumique à l'état frais par rapport au mortier témoin, à cause de création des vides entre les grains des ciments et les composants du mortier et réduction de l'eau.
- ❖ L'entraîneur d'air dans le milieu de conservation soit l'eau ou l'air fait une diminution de la masse volumique à l'état durci, alors on peut déduire que cet adjuvant indique une réduction pour n'importe quel mode de conservation.
- ❖ Le rapport E/C = 0.5 présente des meilleurs résultats et résistance mécanique sur (la masse volumique à l'état durci à l'air) et (à la compression à l'eau) ; (à la flexion quel que soit le milieu de conservation).
- ❖ L'effet principale de l'agent entraîneur d'air sur les mortiers frais est l'augmentation de la cohésion et diminution de la ségrégation, qui se traduit par une amélioration de la maniabilité, de même dans le cas à l'état durci il y'a une amélioration de l'aspect au démoulage.
- ❖ D'après les résultats obtenus nous recommandant, le dosage optimal de l'agent entraîneur d'air d'environ 0.5% qui donne des meilleurs résultats.

Perspectives

Suite à notre étude nous proposons les points suivants pour des travaux futurs :

- ✚ On peut introduit des additions minérale normalisé avec différents dosages.
- ✚ Etudier la diminution d'E/C avec l'augmentation de dosage super plastifiant.



REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

[1]-**N. BAKIR₁, A. ISSAAD₂, M. BEDDAR₃**. Influence du climat chaud et de la cure sur les propriétés du mortier. SBEIDCO – 1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in developing Countries ENSET Oran (Alegria) - Octobre 12-14, 2009.

[2]-Cimbéton. Les constituants des bétons et des mortiers .tome 1, chapitre 1.paris. septembre 2005. Disponible sur :

<http://www.infociments.fr/telecharger/CT-G10.pdf>

[3]-**Haifi Mohamed Redha** .formulation des bétons autoplaçant, mémoire de magister en génie civil, université de mentouri, Constantine .2011.

[4]-**George Dreux** .nouveau guide du béton ,3 éme édition .Edition Eyrolles .paris.1981.

[5]-**Véronique Baroghel-Bouny**. Caractérisation microstructurale et hydrique des pâtes de ciment et des bétons ordinaires et à très hautes Performances.2010.

[6]-**Belhocin aida, Nagoudi nadjia** .étude expérimentale d'un mortier avec les ajouts minéraux, mémoire de master en génie civil, université Kasdi Merbah, Ouargla. 2014.

[7]-Cimbéton. Guide de prescription du ciment pour des constructions durables. Paris. Octobre 2009 .disponible sur :

<http://www.infociments.fr/telecharger/CT-T47.pdf>

[8]-**Iméne Joudi-bahri** .influence des sables fillérisés calcaires sur les propriétés des bétons courants et superplastifiés, thèse de doctorat, université lorraine France. 2012.

[9]-**Boutiba Aldjia** .accélération du durcissement par énergies renouvelables du béton frais et caractérisation du béton durci, thèse de magistère.

[10]-**Barakat A.** cours matériaux de carrière et de construction disponible sur :

www.fstbm.ac.ma/newfstv08/support/cours_matx.pdf

[11]-**Touzouti kamilia** .Introduction aux nanociments et nanobéton, mémoire de magistère, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou .2012.

[12]-**Ismail Yurtdas**. Couplage comportement mécanique et dessiccation des matériaux a matrice cimentaire : étude expérimentale sur mortiers, thèse de doctorat de l'université des sciences et technologies de Lille et de l'école centrale de Lille. 2003.

[13]-**Miche Adam**. Guide pratique pour l'emploi des ciments. Édition Eyrolles. Paris .1985.

[14]-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.brcc.be/publications/r/r7505.pdf>.

Références Bibliographiques

[15]-**Cimbéton**. Les béton : formulation, fabrication et mise en oeuvre, tome II. Paris, éditeur : cimbéton .octobre 2006. disponible sur :

www.infociments.fr/telecharger/CT-G11.pdf.

[16]-**Holcim**. Guide pratique du béton : concevoir et mettre en oeuvre des bétons durables. Suisse.2009. Disponible sur :

www.holcim.ch/fileadmin/templates/CH/doc/.../Guide_pratique_f.pdf.

[17]-**Thomas Point**. Influence des hydroxypylguars sur les propriétés du mortier de ciment à l'état frais 27 juin 2014. Disponible sur :

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00936958/document>

[18]-**Tabet Nesrin** .contribution a l'étude de l'influence de la nature et des dimensions des fibres sur le comportement physico-mécanique des béton autoplaçants fibres(BAPF), mémoire de magistère, université m'Hamed bougara-boumerdes .2012.

[19]-**Hanaa Fares**. Propriétés mécanique et physico-chimiques des bétons autoplaçants, thèse de doctorat en génie civil, université de Gergy-pontoise .2009.

[20]-**Cimbéton**. Le ciment et ses applications. Chapitre 3 : les constituants des mortiers et bétons : les adjuvants. Disponible sur :

<http://www.infociments.fr/telecharger/CT-G10.42-48.pdf>.

[21]-**Kennouche Salim**. Cour matériaux de construction .les adjuvant pour les bétons.

Disponible sur :

<http://kennouche.e-monsite.com/medias/files/cours-adjuvants-ou-additifs-pour-les-betons.pdf>

[22]-Cours MDC, licence université de m'sila.

[23]-**CIM BETON**, les bétons : formulation, fabrication et mise en oeuvre, Tome2, 137p janvier 2013,

[24]-**GCI712** « Durabilité et réparation du béton », département Génie civil, Université de Sherbrooke-Canada, Avril, 2009.

[25]-**P. Sylver**, science des matériaux, université pierre et marie curie 2005, 2006.

[26]-**Arezki Tagni Hamou** «Microstructure et physico-chimie des ciments et des bétons, chapitre 8 ».

[27]-**M. Nicot Pierre**. Interactions mortier-support : éléments déterminants des performances et de l'adhérence d'un mortier, thèse de doctorat, université de Toulouse. 2008.

[28]-**J. Baron et J.P. Olivier** “ les bétons : bases et données pour leur formulations “, Edition, Eyrolles- paris - 1999.

[29]-**NF 15-403** « Sable normal et mortier normal » AFNOR - Paris -1996.

[30]-**BELHOCINE AIDA , NAGOUDI NADJAT** « Etude expérimentale d'un mortier avec ajouts minéraux ». Mémoire de master, Université KASDI Merbah-Ourgla 2013/2014.

[31]-[http:// www.granitex-dz.com](http://www.granitex-dz.com). Fibre en polypropylène NOTICE TECHNIQUE.

ANNEXES



MATINE

Ciment pour béton exigeant

CPJ – CEM II/B 42,5 R NA 442

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

Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO_2) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al_2O_3) et le fer (Fe_2O_3). Ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°C. En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de 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 15-301194.

Avec son sac de couleur noire, le Matine est destiné aux constructions qui nécessitent performance et haute résistance, telles que les grands édifices. Il permet la fabrication de bétons de très hautes résistances, et se caractérise notamment par son durcissement très rapide, sa faible demande en eau, sa compatibilité avec tous types d'adjuvants, etc.

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

MEDA-AIR

Conforme à la norme EN 934-2: Tab 8

Entraîneur d'air

DESCRIPTION

Le **MEDA-AIR**, est un entraîneur d'air sous forme liquide à diluer dans l'eau.

Le **MEDA-AIR** permet d'augmenter la quantité d'air occlus dans le béton en y formant des micros bulles d'air uniformément réparties qui protègent le béton contre le cycle gel/dégel.

DOMAINES D'APPLICATION

- Béton soumis aux cycles de gel dégel
- Bétonnage par temps froid
- Ouvrages exigeant de hautes résistances à la compression tels que les ouvrages d'art, barrages, digues...
- Béton extrudés
- Utilisé pour les bétons en milieu agressifs

PROPRIÉTÉS

Sur béton frais :

- Augmentation de la cohésion
- Diminution de la ségrégation
- Amélioration de la maniabilité

Sur béton durci :

- Amélioration des résistances aux cycles gel dégel.
- Amélioration de l'aspect au démoulage

CARACTÉRISTIQUES

- Forme Liquide
- Densité 1,00 (\pm 0,01)
- pH 7-8
- Ions chlorures < 1%

MODE D'EMPLOI

Mélanger le **MEDA-AIR** avant son utilisation afin de l'homogénéiser.

MEDA-AIR est introduit dans le malaxeur mélangé

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

Ne pas introduire le **MEDA-AIR** sur les composants secs du béton.

Le **MEDA-AIR** peut être utilisé en association avec les plastifiants et super plastifiants :

MEDAPLAST SP, MEDAFLUID SF, MEDAPLAST SP 40 et MEDAFLOW 30 .

NB : La couleur n'a aucune incidence sur les caractéristiques techniques du produit.

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,01% à 0,1% du poids de ciment, soit 0,01 litre à 0,1 litre par 100 kg de ciment.

Le dosage dépend de la quantité d'air occlus désirée mais aussi de la composition du béton et de ses caractéristiques.

Il est recommandé de procéder à des essais préalables afin de déterminer le dosage optimal.

Tout surdosage entraînera des pertes de résistance.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

En bidon de 10 kg en fût de 225 kg.

Stocker à l'abri du soleil à une température comprise entre 5°C et 35°C.

Durée de conservation :

Une année dans son emballage d'origine et à l'abri du gel.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

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

PV d'essais conforme aux normes, établi par le **CNERIB** en Avril 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 - E-mail: granitex@granitex-dz.com



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 :

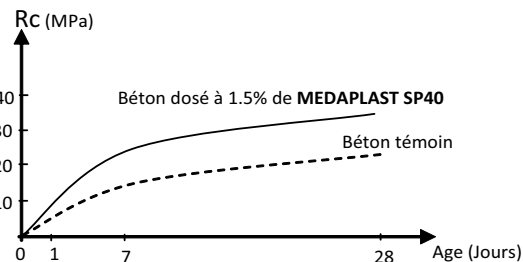
- Améliorer la fluidité
- Augmenter la maniabilité
- Réduire l'eau de gâchage
- Éviter la ségrégation
- faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

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

CARACTÉRISTIQUES

- Aspect Liquide
- CouleurMarron
- pH 8,2
- Densité 1,20 ± 0,01
- Teneur en chlore < 1g/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

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

