

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra  
Faculté des Sciences et de la technologie  
Département :de génie civil et hydraulique  
Réf :...../2015



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم: الهندسة المدنية والري  
المرجع:...../2015

## Mémoire de master

2<sup>ème</sup> année

Option : Conception et Calcul des Structures

### THEME

**EFFETS DES ADJUVANTS FLUIDIFIANTS SUR LES  
CARACTERISTIQUES PHYSICO-MECANIKES ET  
RHEOLOGIQUES DES MORTIERS A BASE DES SABLES DES  
CARRIERES**

**Etudiant :**

LAKHDARI Selma

**Encadreur :**

Dr : MEZGHICHE Bouzidi

**PROMOTION: JUIN 2015**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr :MEZGHICHE, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa

Disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Aux membres de jury pour avoir sacrifié de leur temps, accepter d'examiner cette mémoire et d'honorer par leur présence le jury de soutenance.

No sincère remerciements aussi tous les étudiants de université de Biskra surtout les étudiants master 2 de génie civil. Comme nous tenons à remercier les personnes qui ont bien voulu contribué de près ou de loin.

Merci



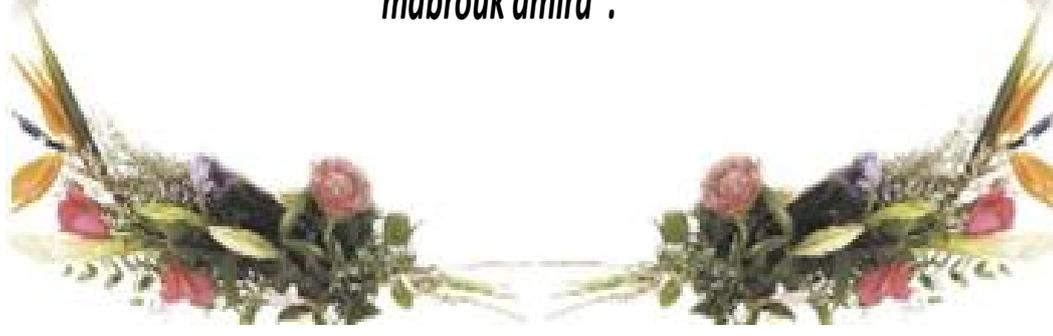


*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur: maman que j'adore*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.*

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mes frères zouzou, mohamed et karim et mes sœurs: iman, chaima, samia et ma belle hadil, mes nièces jouri et dorsaf, mes neveux iyad et adam. je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études, mes aimables amis, collègues d'étude, et sœurs de cœur guicem raouia et mabrouk amira .*



## **RESUME DU MEMOIRE**

Dans la cadre de ce travail, deux types de sable sont utilisés dans les mélanges des mortiers à savoir le sable alluvionnaire et le sable concassé avec deux rapports eau/ciment (0.5 et 0.6) et deux types d'adjuvant : retardateur de prise et un superplastifiant pour étudier l'effet de ce dernier sur l'affaissement et la résistance mécanique du mortier à base de sable concassé.

Les résultats trouvés montrent, que l'ajout du fluidifiant dans le mortier provoque une importance amélioration d'ouvrabilité et de résistance mécanique.

Les résultats obtenus permettent de conclure aussi l'influence négative de type de sable sur l'effet des adjuvants.

**Les mots-clés :** mortier ; sable d'oued ; sable de carrière ;superplastifiant ; retardateur de prise ; résistance mécanique ; ouvrabilité.

# ملخص المذكرة

في إطار هذا العمل تم استخدام نوعين من الرمل في تحضير خلطات الملاط و يتعلق الأمر برمل التفتيت و رمل الوديان بنسب مختلفة ماء/اسمنت (0.5 و 0.6) وتم استعمال نوعين من المحسنات (مؤخرات الأخذ و الملدن المتفوق) لدراسة تأثير الملدن على الهبوط و المقاومة الميكانيكية بالنسبة للملاط ذو رمل التفتيت.

النتائج المتحصل عليها أثبتت أن إضافة الملدن المتفوق للملاط المحضر برمل المحجرة أعطى نتائج عالية للسيولة و المقاومة الميكانيكية .

كما أن النتائج سمحت لنا باستنتاج التأثير السلبي لنوعية الرمل على عمل المحسنات

مفاتيح الكلمات: الملاط، رمل الوديان، رمل المحجرة، الملدن المتفوق، مؤخرات الأخذ، المقاومة الميكانيكية، السيولة.

# Sommaire

---

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

<b>Chapitre 1: Généralités sur les mortiers</b>
---

<b>Introduction.....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.- Les constituants des mortiers.....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.1. Le ciment .....</b>	<b>04</b>
<b>I.1.1.1 Principe de fabrication.....</b>	<b>04</b>
<b>I.1.1.2 Les constituants du ciment.....</b>	<b>05</b>
I.1.1.2.1. le clinker.....	05
I.1.1.2.2. Le gypse.....	06
I.1.1.2.3. Les ajouts.....	06
<b>I.1.1.3. Classification de ciment.....</b>	<b>07</b>
I.1.1.3.1. Classification en fonction de leur composante .....	07
I.1.1.3.2. Classification suivant la résistance à la compression.....	08
<b>I.1.1.4. Caractéristique du ciment.....</b>	<b>09</b>
I.1.1.4.1. La prise et durcissement.....	09
I.1.1.4.2. La finesse du ciment.....	10
I.1.1.4.3. Le retrait.....	11
I.1.1.4.4. L'hydratation.....	11
I.1.1.4.5. L'eau dans la pâte de ciment durci.....	12
I.1.1.4.6. Les résistance mécanique.....	12
I.1.1.4.6.1. La résistance à la compression .....	12
I.1.1.4.6.2. La résistance à la traction.....	12
<b>I.1.2. Le sable.....</b>	<b>13</b>
I.1.2.1. Choix de sable.....	13
I.1.2.2. Les caractéristiques des sables.....	13
<b>I.1.3. L'eau .....</b>	<b>14</b>
I.1.3.1. L'eau de gâchage.....	14
I.1.3.1.1. Exigence concernant l'eau de gâchage .....	15
<b>I.1.4. Les adjuvants.....</b>	<b>15</b>
I.1.4.1. Les types des adjuvants.....	16
I.1.4.2. Choix du type d'adjuvant .....	21
<b>I.2. Application du mortier.....</b>	<b>21</b>

# Sommaire

---

<b>I.3.Caractéristiques du mortier durci</b> .....	23
I.3.1.La résistance mécanique .....	23
I.3.2.La durabilité.....	24
I.3.3.La résistance chimique.....	24
<b>I.4.La déformation du mortier frais</b> .....	24
I.4.1.Le ressuage.....	24
I.4.2.Le retrait plastique.....	25
I.4.2.1.Les paramètres influençant le retrait du mortier.....	25
<b>Conclusion</b> .....	27

<p style="text-align: center;"><b>Chapitre II : influences des paramètres technologiques sur le comportement du mortier</b></p>
---

<b>Introduction</b> .....	28
<b>II.1.Influence du ciment</b> .....	28
II.1.1.Influence de type de ciment.....	28
II.1.2.L'effet des additions dans le mortier sur le besoin en adjuvants.....	28
<b>II.2.Influence de sable</b> .....	29
II.2.1.L'effet sur la résistance du mortier .....	29
II.2.2.L 'effet sur le comportement rhéologique du mortier.....	32
<b>II.3.Influence d'eau</b> .....	33
<b>II.4.Influence des adjuvants</b> .....	34
II.4.1.L'influence des agents hydrofuges.....	34
II.4.2.L'effets rhéologique des superplastifiants.....	35
<b>II.5.L'influence des facteurs climatiques</b> .....	36
<b>Conclusion</b> .....	38

# Sommaire

---

## Chapitre III : caractéristiques des matériaux utilisés

<b>III.1. Matériaux.....</b>	<b>39</b>
<b>III.1.1. Le ciment .....</b>	<b>39</b>
III.1.1.1.Les caractéristiques chimiques et minéralogiques des ciments utilisés.....	39
III.1.1.2.Les caractéristiques physiques et mécaniques des ciments utilisés.....	40
<b>III.1.2.Les granulats.....</b>	<b>40</b>
III.1.2.1.Les caractéristiques géométriques.....	40
III.1.2.2.Les caractéristiques physiques.....	43
III.1.2.2.1.La masse volumique apparente .....	43
III.1.2.2.2.La masse volumique absolue.....	43
III.1.2.2.3. Propreté des granulats.....	44
<b>III.1.3.L'eau.....</b>	<b>45</b>
<b>III.1.4.Les adjuvants .....</b>	<b>45</b>
III.1.4.1.Essai sur les adjuvants.....	46
<b>III.2.Mélanges.....</b>	<b>47</b>
III.2.1.Nature des mélanges.....	47
III.2.2.La composition des mortiers.....	48
III.2.3.Procédure de gâchage .....	48
III.2.4.Confection des éprouvettes de mortier.....	49
<b>III.3.Procédures expérimentales.....</b>	<b>49</b>
III.3.1.Mode de cure .....	49
<b>III.3.2.Description des essais.....</b>	<b>50</b>
III.3.2.1.Essais sur le mortier frais.....	50
III.3.2.1.1.Essai d'étalement à la table à secousse.....	50
III.3.2.2.Essais sur le mortier durci.....	51
III.3.2.2.1.Essai de résistance à la compression.....	51
III.3.2.2.2.Essai de résistance à la traction par flexion.....	52
<b>Conclusion.....</b>	<b>53</b>

# Sommaire

---

## Chapitre IV : présentation des résultats

<b>Introduction.....</b>	<b>54</b>
<b>1. Comportement du béton frais.....</b>	<b>54</b>
<b>2. Résistance à la compression.....</b>	<b>56</b>
2.1. L'influence du rapport E/C.....	56
2.2. Influence de type de sable .....	57
2.3. Influence des adjuvants.....	59
<b>3. comparaison de La résistance mécanique à la compression et à traction</b>	
<b>Par flexion.....</b>	<b>62</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>63</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>64</b>
<b>Les références.....</b>	<b>65</b>
<b>Les annexes</b>	
Annexe 1 : Méthode de formulation Skramtaiv .....	69
Annexe 2 : Résultats des Courbes granulométriques des sables de carrière et du sable d'oued Lioua (Sc, So) .....	71
Annexe 3 : Les dépenses en matériaux par 1 m <sup>3</sup> de mortier.....	72
Annexe 4 : Fiche technique de glenium.....	74
Annexe 5 : Fiche technique de pozzolith.....	76
Annexe 6 : Spécifications techniques relatives aux sables de concassage .....	78

# LISTE DES FIGURES

---

## Chapitre I : Généralités sur les mortiers

<b>Figure I.1</b> : principe de fabrication de ciment.....	05
<b>Figure I.2.</b> Dessin représentant les minéraux observables au microscope optique d'un grain de clinker.....	06
<b>Figure I.3.</b> Influence de la température sur la prise des ciments.....	10
<b>Figure I.4.</b> Influence de l'E/C (eau/ciment) sur le temps de prise.....	10
<b>Figure I.5.</b> influence de E/C sur le retrait plastique des mortier.....	11
<b>Figure I.6.</b> Utilisation des superplastifiants .....	16
<b>Figure I.7</b> action des superplastifiants-défloculation des grains de ciment.....	17
<b>Figure I.8.</b> Action d'entraîneur d'air.....	19
<b>Figure I.9</b> : application des mortiers.....	22
<b>Figure I.10</b> : évolution de la production de mortiers en France.....	23
<b>Figure I.11</b> : répartition des différents mortiers en France et en Europe 2007.....	23

## Chapitre II : Influence des paramètres technologique sur le comportement du mortier

<b>Figure II.1.</b> Principe des formulations de mortier avec addition à quantité d'eau et à consistance constante .....	28
<b>Figure II.2:</b> résistance à la compression en fonction de la durée de conservation.....	29
<b>Figure II.3</b> : résistance à la flexion en fonction du temps de conservation.....	30
<b>Figure II.4.</b> Résistance à la compression des mortiers à 28 jours en fonction de la teneur en fines.....	31
<b>Figure II.5</b> : résistance à la traction des mortiers à 28 jours en fonction de la teneur en fin.....	31
<b>Figure II.6</b> : Retrait en fonction du pourcentage de fines .....	32
<b>Figure II.7</b> : influence de l'ajout d'eau sur la résistance .....	33
<b>Figure II.8</b> : influence de rapport E/C sur la compacité et la porosité.....	33
<b>Figure II.9</b> : influence de rapport E/C sur la résistance.....	34

# LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure II.10</b> : taux d'absorption en eau pour des mortiers contenant un hydrofuge de masse.....	35
<b>Figure II.11</b> : absorption en eau d'un mortier en fonction de sa teneur en hydrofuge de masse.....	35
<b>Figure II.12</b> :Effet des superplastifiants sur les propriétés rhéologique des pâtes de ciment.....	36
<b>Figure II.13</b> : Conséquences d'une perte d'eau importante.....	37

## Chapitre III : caractéristiques des matériaux utilisés

<b>Figure.III.1</b> : courbe granulométrique du sable d'oued.....	41
<b>Figure III.2</b> : courbe granulométrique du sable de carrière.....	43

## Chapitre IV : présentation des résultats

<b>Fig.1</b> : Evolution de la maniabilité des mortiers à base de sable de carrière en fonction du dosage en adjuvant pour C=300, 350 et 400 kg et E/C=0.5 .....	54
<b>Fig.2</b> : Evolution de la maniabilité des mortiers à base de sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=300, 350 et 400 kg et E/C=0.5.....	55
<b>Fig.3</b> : Evolution de la maniabilité des mortiers à base de sable de carrière et sable d'oued en fonction du rapport E/C et du dosage en adjuvant pour C=3350 kg.....	55
<b>Fig.4</b> : Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable d'oued en fonction du rapport E/C et du dosage en adjuvant pour C=350kg .....	56
<b>Fig.5</b> : Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable de carrière en fonction du rapport E/C et du dosage en adjuvant pour C=350kg.....	56
<b>Fig.6</b> : Evolution de la résistance à la compression des mortiers à base de sable de carrière et sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=350 kg et E/C=0.5,0.6 .....	57
<b>Fig.7</b> : Evolution de la résistance à la compression des mortiers à base de sable de carrière et sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=300, 350 et 400 kg et E/C=0.5.....	57

# LISTE DES FIGURES

---

<b>Fig.8 :</b> Evolution de la résistance à la compression (à 7 j) des mortiers à base de sable de carrière et sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=300, 350 et 400 kg et E/C=0.5 .....	58
<b>Fig.9 :</b> Evolution de la résistance à la compression (à 14 j) des mortiers à base de sable de carrière et sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=300, 350 et 400 kg et E/C=0.5.....	58
<b>Fig.10 :</b> Evolution de la résistance à la compression (à 28 j) des mortiers à base de sable de carrière et sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=300, 350 et 400 kg et E/C=0.5.....	58
<b>Fig.11 :</b> Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable de carrière (durcissement humide) en fonction du dosage en adjuvant pour C=300 et E/C=0.5.....	59
<b>Fig.12 :</b> Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable d'oued (durcissement humide) en fonction du dosage en adjuvant pour C=300 et E/C=0.5.....	59
<b>Fig.13 :</b> Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable de carrière (durcissement humide) en fonction du dosage en adjuvant pour C=350 et E/C=0.5.....	60
<b>Fig.14 :</b> Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable de carrière (durcissement humide) en fonction du dosage en adjuvant pour C=400 et E/C=0.5.....	60
<b>Fig.15 :</b> Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=400 et E/C=0.5.....	61
<b>Fig.16:</b> Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable de carrière en fonction du dosage en adjuvant pour C=350 et E/C.....	61
<b>Fig.17:</b> Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base de sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C=350 et E/C=0.6.....	61
<b>Fig.18 :</b> la résistance mécanique à la compression, traction et flexion des mortiers à base de sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour le rapport E/C= 0.5 et C=350kg.....	62
<b>Fig.19 :</b> la résistance mécanique à la compression, traction et flexion des mortiers à base de sable de carrière en fonction du dosage en adjuvant pour le rapport E/C= 0.5 et C=350kg ...	62

# LISTE DES TABLEAUX

---

## Chapitre 1: Généralités sur les mortiers

<b>Tableau I.1:</b> composition chimique et minéralogique du clinker.....	06
<b>Tableau I.2 :</b> désignation des différents ciments en fonction de leur composition.....	08
<b>Tableau I.3 :</b> exigences mécaniques définies en terme de valeur caractéristiques.....	09
<b>Tableau I.4:</b> Composition de l'eau totale.....	14
<b>Tableau I.5 :</b> adjuvants modifiant la prise et le durcissement du ciment.....	18
<b>Tableau I.6 :</b> action des reteneur d'eau.....	19
<b>Tableau I.7:</b> Type d'adjuvants avec leur abréviation et les effets principaux.....	20
<b>Tableau I.8 :</b> choix de type d'adjuvant en fonction de sa propriété.....	21

## Chapitre III : caractéristiques des matériaux utilisés

<b>Tableau III.1:</b> Composition chimique du ciment.....	39
<b>Tableau II.2:</b> Composition minéralogique du ciment.....	39
<b>Tableau III.3:</b> Caractéristiques du ciment.....	40
<b>Tableau III.4 :</b> analyse granulométrique de sable d'oued.....	41
<b>Tableau III.5 :</b> module de finesse (Mf) de sable d'oued.....	42
<b>Tableau III.6 :</b> analyse granulométrique du sable de carrière.....	42
<b>Tableau III.7.</b> Module de finesse (Mf) de sable de carrière.....	43
<b>Tableau III.8:</b> masse volumique des grains utilisé.....	44
<b>Tableau III.9 :</b> Résultats d'équivalente de sable.....	45
<b>Tableau III.10 :</b> les caractéristiques du GLENIUM 27 .....	46
<b>Tableau III.11 :</b> caractéristique du POZZOLITH® CRP 4.....	46
<b>Tableau III.12 :</b> caractéristique des adjuvants utilisés.....	47

# LISTE DES PHOTOS

---

<h2>Chapitre III : caractéristiques des matériaux utilisés</h2>
---

<b>Photo III.1</b> : Essai d'équivalent de sable.....	44
<b>Photo III.2</b> : essai de densité d'adjuvant.....	47
<b>Photo III.3</b> : Malaxeur d'une capacité maximale de 5 L.....	49
<b>Photo III.4</b> : les éprouvette 5*5*5.....	50
<b>Photo III.5</b> : les éprouvette4*4*16.....	50
<b>Photo III.6</b> : Table à secousses.....	50
<b>Photo III.7</b> : Machine de compression.....	51
<b>Photo III.8</b> : presse hydraulique pour l'essai de traction par flexion.....	52

# Abréviations

Les compositions des mortiers

S : mortier sans adjuvant.

Gl, 0.5 : mortier avec 0.5% de gelenium.

Gl, 1 : mortier avec 1% de gelenium.

Poz, 0.5 : mortier avec 0.5 % de pozzolith.

Sc : sable de carrière.

So : sable d'oued.

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

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 des 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 de 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.

Les romains utilisaient du sang d'animal et le blanc d'œuf comme plastifiant dans leur béton de chaux et de pouzzolane .dès le début de la fabrication du béton et le ciment portland(1850) on a ajouté certains produits pour modifier la prise (plâtre, chlorure de calcium ,sucre)où l'inétanchéité (filler).

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 entraineurs d'airs après la guerre en Europe .récrément, sont apparus les antigels et les produit de cure.

Dans notre projet, on fait l'étude sur les adjuvants fluidifiants (plastifiants) et ses effets sur les différentes caractéristiques du mortier à base de sable de carrière.

### **Objectifs visé par le sujet :**

De ce travail est d'évaluer expérimentalement l'influence des adjuvants fluidifiants sur les caractéristiques physico-mécanique, rhéologique des mortiers à base des sable de carrière.

### **Méthodologie du travail :**

Ce mémoire est structuré en deux partie, la première partie consacrés à la recherche bibliographique qui constitué deux chapitre :

**Le premier chapitre:** donne un aperçu général sur les principaux constituants du mortier.

**Le deuxième chapitre:** concerne les différents paramètres technologiques qui influent sur les caractéristiques du mortier.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale:

**Le troisième chapitre :** cerne les caractéristiques des matériaux utilisées et les méthodes d'essais.

**Le quatrième chapitre:** est dédié à l'analyse des résultats et l'interprétation.

Nous finalisons notre travail par une conclusion.

# **CHAPITRE I:**

## **Généralités sur les mortiers**

## **Introduction :**

Une construction est généralement réalisée par éléments, donc il faut assurer la liaison ou qu'il faut protéger par un revêtement. On doit alors effectuer des scellements ou divers travaux de reprise, de bouchage, etc. Toutes ces opérations se font à l'aide d'un liant toujours mélangé à du sable, de l'eau – et éventuellement un adjuvant – pour obtenir un « mortier », qui se distingue du béton par l'absence de gravillons.

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.

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 :**

Classiquement, un mortier est un simple mélange de liant (chaux ou ciment), de sable et d'eau. Néanmoins, de nos jours, l'emploi d'adjuvants et de différentes additions minérales est obligatoire pour atteindre des propriétés souvent antagonistes et ainsi obtenir un comportement adéquat en fonction de l'application désirée et des performances souhaitées.

**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 inexploitée 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]

**Donc :** le ciment est un liant hydraulique qui se représente sous forme de poudre minérale fine, son hydratation avec l'eau forme une pâte faisant prise et dont le durcissement est progressif. Grâce à ses caractéristiques ; ce composant permet la transformation d'un mélange sans cohésion en un corps solide. [3]

Les principaux constituants du ciment portland sont :

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

**I.1.1.1Principe de fabrication du ciment :**

Le principe de la fabrication du ciment est :

Calcaire et argiles sont extraits des carrières, puis concassés, homogénéisés, portés à haute température (1450°) dans un four.

Le produit obtenu après refroidissement rapide est : le clinker. [4]

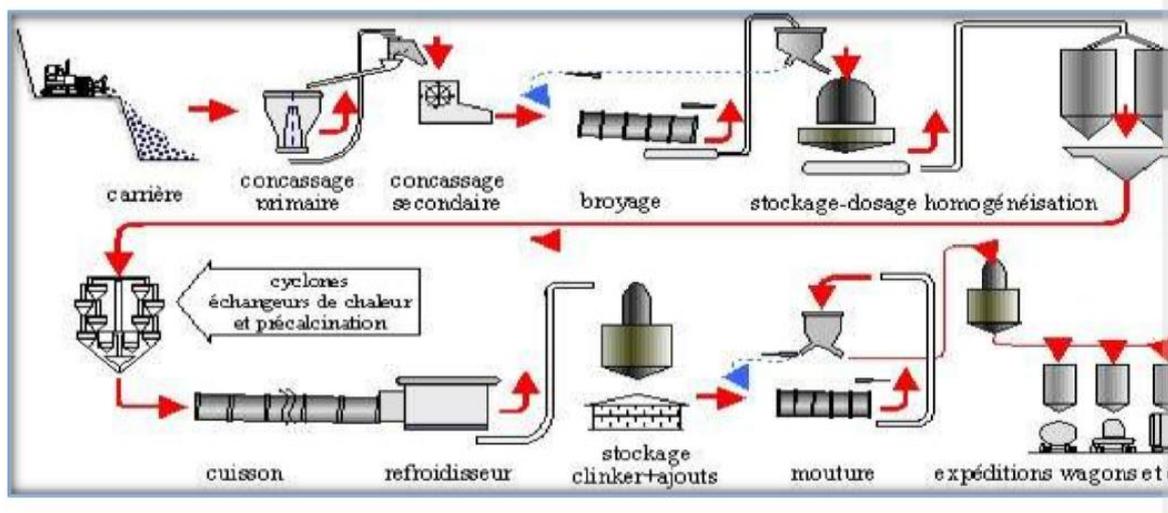


Figure I.1: principe de fabrication de ciment. [4]

### I.1.1.2. Les constituants du ciment :

#### I.1.1.2.1. Le clinker :

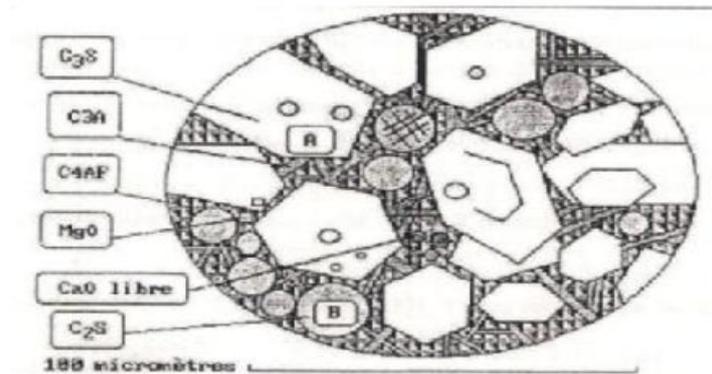
C'est un produit obtenu par cuisson jusqu'à fusion partielle (clinkerisation) du mélange calcaire+argile, dosé et homogénéisé et comprenant principalement de la chaux ( $\text{CaO}$ ) de la silice ( $\text{SiO}_2$ ) et de l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

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 leur propriétés caractéristique. [5]

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. [6]

Les quatre principaux constituants du clinker sont:

- le silicate tricalcique : C3S
- le silicate bicalcique : C2S
- l'aluminate tricalcique C3A
- l'alumino-ferrite tétracalcique : C4AF. [6]



**Figure I.2:** Dessin représentant les minéraux observables au microscope optique d'un grain de clinker [7]

\*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
<b>Oxydes</b>	-	-
<b>CaO</b>	60-69	65
<b>SiO<sub>2</sub></b>	18-24	21
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	04-08	06
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	01-08	03
<b>MgO</b>	< 05	02
<b>K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	< 02	01
<b>SO<sub>3</sub></b>	< 03	01

**Tableau I.1:** composition chimique et minéralogique du clinker [4]

#### I.1.1.2.2 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. [4]

#### I.1.1.2.3 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. [8]

## **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 certains ciments en proportion variable (5 à 20%) ; on les ajoute au moment du broyage du clinker. [5]

## **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 leur nom aux 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. [8]

## **d. Fillers :**

produit 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 pouzzolanique en présence de ciment et d'eau. [5]

### **I.1.1.3. Classification de ciment :**

#### **I.1.1.3.1. Classification de ciment 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%. [10]

	Cim. Portland	Ciment Portland composé		Ciment de haut-fourneau			Ciment pouzzolanique		Ciment composé	
	CEM I	CEM II/A	CEM II/B	CEM III/A	CEM III/B	CEM III/C	CEM IV/A	CEM IV/B	CEM V/A	CEM V/B
<b>Clinker (K)</b>	≥ 95 %	≥ 80 % ≤ 94 %	≥ 65 % ≤ 79 %	≥ 35 % ≤ 64 %	≥ 20 % ≤ 34 %	≥ 5 % ≤ 19 %	≥ 65 % ≤ 89 %	≥ 45 % ≤ 64 %	≥ 40 % ≤ 64 %	≥ 20 % ≤ 38 %
<b>Laitier (S)</b>	*	6 % ≤	6 % ≤	≥ 36 % ≤ 65 %	≥ 66 % ≤ 80 %	≥ 81 % ≤ 95 %	*	*	≥ 18 % ≤ 30 %	≥ 31 % ≤ 50 %
<b>Pouzzolanes (P ou Q)</b>	*	total	total	*	*	*	11 % ≤ total	36 % ≤ total	18 % ≤ total	31 % ≤ total
<b>Cendres siliceuses (V)</b>	*	≤ 20 %	≤ 35 %	*	*	*	≤ 35 % (fumée)	≤ 55 % (fumée)	≤ 30 %	≤ 50 %
<b>Fumée de silice (D)</b>	*	(fumée)	(fumée)	*	*	*	≤ 10 %	≤ 10 %	*	*
<b>Cendres calciques (W)</b>	*	de	de	*	*	*	*	*	*	*
<b>Schistes (T)</b>	*	silice	silice	*	*	*	*	*	*	*
<b>Calcaires (L ou LL)</b>	*	≤ 10 %	≤ 10 %	*	*	*	*	*	*	*
<b>Fillers</b>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**Tableau I.2 :** désignation des différents ciments en fonction de leur composition [10]

**I.1.1.3.2. 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 classe de résistance selon le tableau (I.3). [11]

Classe de résistance	Résistance à la compression (MPa)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	2 jours	7 jours	28 jours	
32,5 N	—	$\geq 16,0$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
32,5 R	$\geq 10,0$	—	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
42,5 N	$\geq 10,0$	—		
42,5 R	$\geq 20,0$	—	$\geq 52,5$	—
52,5 N	$\geq 20,0$	—		
52,5 R	$\geq 30,0$	—		

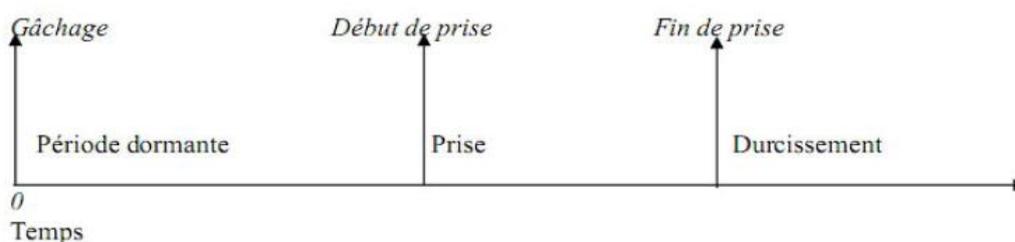
Tableau I.3 : exigences mécaniques définies en terme de valeur caractéristiques [11]

#### I.1.1.4. Caractéristique du ciment :

##### I.1.1.4.1 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.



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 tels que :

-la nature du ciment

-la finesse de mouture du ciment, plus son broyage a été poussée, plus le temps de prise 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. [12]

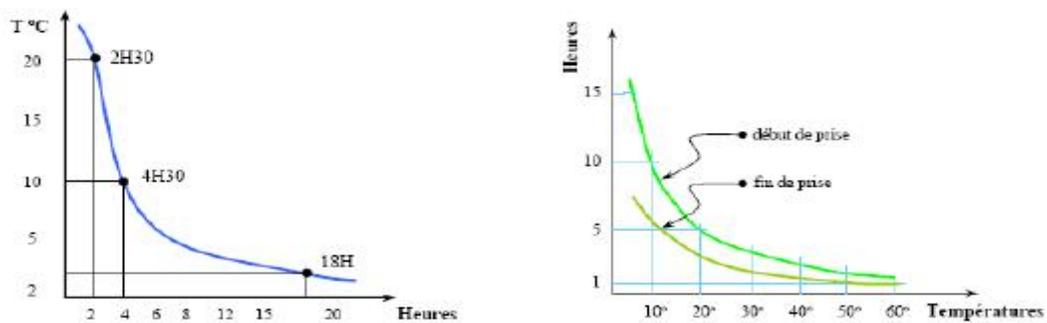


Figure I.3 : influence de la température sur la prise des ciments [12]



Figure I.4 : influence de l'E/C (eau/ciment) sur le temps de prise [12]

**I.1.1.4.2.Finesse du ciment (finesse de Blaine) :**

Elle est caractérisé par la surface spécifique des grains de ciment, exprimé en (cm<sup>2</sup>/g).dans les cas courants, elle est de l'ordre de 3000à3500cm<sup>2</sup>/g.

Plus la finesse de mouture est grande, plus la vitesse des réactions d'hydratation est élevé 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. [13]

#### I.1.1.4.3. 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 que les 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.5)
- la propriétés des sables
- la forme et la dimension du granulat . [13]

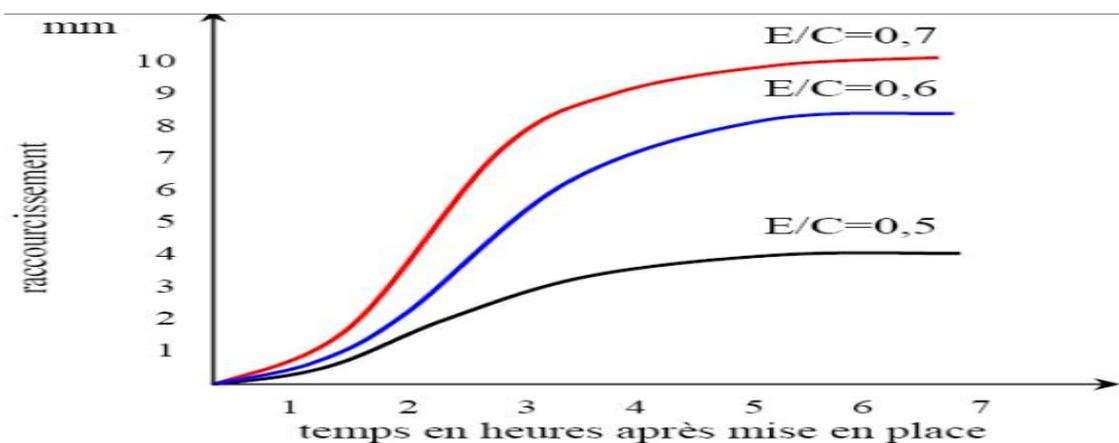


Figure I.5 : influence de E/C sur le retrait des mortier [13]

#### I.1.1.4.4. L'hydratation :

Les constituants du ciment Portland (C3S, C2S, ...) 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. [6]

### **I.1.1.4.5. Eau dans la pâte de ciment durci :**

L'eau se représente sous diverse forme 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 (chimi-sorption) .la molécule adsorbé 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. [14]

### **I.1.1.4.6. Les résistances mécaniques :**

#### **I.1.1.4.6.1. 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. [15]

#### **I.1.1.4.6.2. 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. [15]

### **I.1.2.Sable:**

On appelle 'sables' les granulats de petites dimension issues de désagrégation des roches, les sables sont chimiquement inertes. Le sable est l'élément qui assure au béton et au mortier, selon ses qualité une influence prépondérante : il participe à la résistance, il donne la cohésion au mélange.

#### **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 microtexture 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. [16]

#### **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 m<sup>3</sup> de sable sec. Or, le plus souvent, sur le chantier, le sable renferme un certain pourcentage d'eau (pouvant varier de 0 à 20 %) et il suffit de très peu d'eau pour que le poids du m<sup>3</sup> de sable soit modifié ; c'est le phénomène bien connu du « foisonnement » du sable.

Pour éviter des surdosages en liant pouvant conduire à des enduits plus fissurables, 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 %. [17]

### 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/m<sup>3</sup>. [9]

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

**Tableau I.4:**Composition de l'eau totale [9]

#### I.1.3.1.L'eau de gâchage :

L'eau de gâchage est la quantité totale d'eau que l'on utilise pour faire le béton ou mortier .il joue deux fonction principales : confère au mortier sa maniabilité à l'état frais (ses propriétés rhéologique) et assure l'hydratation des grains de ciment pour une prise et un durcissement. En sachant le rôle de l'eau dans le mortier on peut dire que toutes les eaux ne peuvent être utilisé pour gâcher du mortier parce qu'elles contiennent, dans certains cas, un excès d'impuretés qui détériorent les propriétés physiques et mécaniques (prise et consistance), les propriétés esthétiques (tache, efflorescences), la durabilité (corrosion des armatures, stabilité du mortier).

**I.1.3.1.1.Exigences concernant l'eau de gâchage :**

Pour convenir à la confection de béton ou mortier, les eaux ne doivent contenir ni composés risquant d'attaquer chimiquement le ciment, les granulats ou les armatures, ni particules en suspension dont la quantité pourrait modifier ses qualités originelles. La norme P 18-303 limite à cet effet le pourcentage de matières en suspension à 2 ou 5 g/l et la teneur en sels dissous à 15 ou 30 g/l suivant la nature du mortier et béton précontraint ou non armé, spécifications qui ne différencient pas les éléments nocifs même en très faible pourcentage de ceux qui en pourcentage éventuellement plus important ne le sont pas. Dans la catégorie des eaux susceptibles de convenir à la confection de béton et mortier, on trouve :

\* les eaux potables (qui bien évidemment conviennent):

\* les eaux de recyclage provenant du rinçage des bétonnières ou des camions malaxeurs à condition de vérifier leur aptitude dans le cas de changement de ciment ou d'adjuvant d'une gâchée à l'autre. Sont utilisables. Lorsque ces eaux comportent des éléments fins provenant des matériaux entrant dans la confection des bétons (ciments. fines des sables...). Il est possible de les utiliser après passage dans des bassins de décantation:

\* les eaux de pluie et de ruissellement, les eaux pompées, tant qu'elles restent confirmées aux prescriptions de la norme conviennent également.

À côté, les catégories d'eaux ne devant pas être utilisées comprennent :

\* les eaux usées:

\* les eaux vannes ou contenant des détergents:

\* les eaux industrielles susceptibles de contenir des rejets organiques ou chimiques.

Ces différentes eaux doivent obligatoirement subir des analyses concluant à leur non-nocivité avant tout emploi. La norme autorise l'emploi d'eau de mer dans la confection des bétons qui ne sont ni armés ni précontraints car il ne présente pas de risque quant à la pérennité de l'ouvrage, seules des efflorescences, dues à une migration des sels, pouvant apparaître sur les parements. [18]

**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. [19]

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. [9]

#### I.1.4.1.les types des 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 ①. Ils permettent de réduire le dosage en eau, donc le rapport e/c, si l'ouvrabilité est maintenue constante ③, 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 ②. 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 préliminaires.

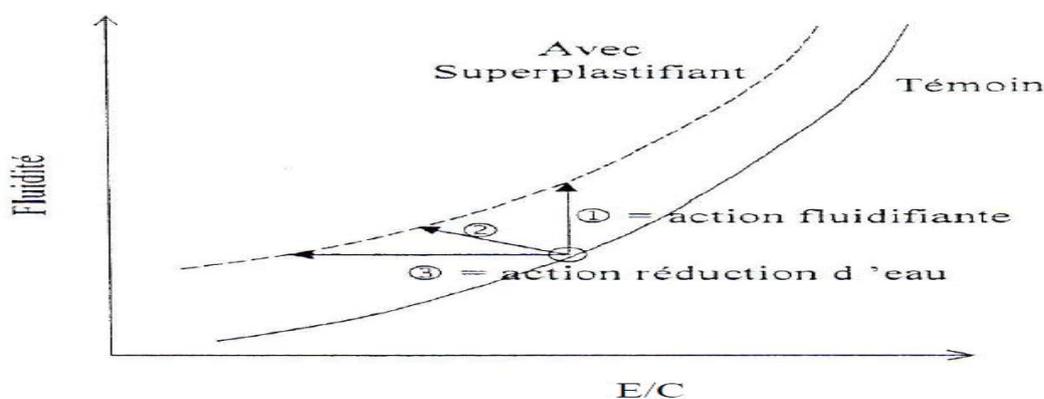


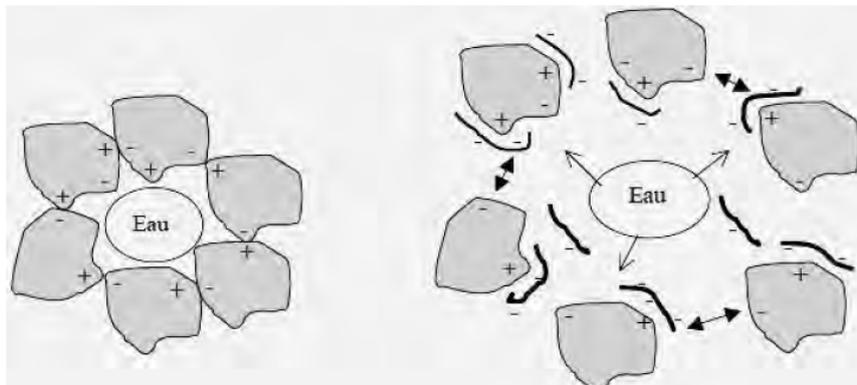
Figure I.6 : utilisation des superplastifiants [20]

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). [20]

\*l'action principale des superplastifiants est de défloculer les grains de ciment .une action de répulsions électrostatique agit en neutralisant les charges électriques présenter a la surface des grains et /ou par répulsion stérique en écartant les grains les uns des autres, grâce à des chaines moléculaires très longue. L'eau piégée par les flocs 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 [21]

### **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 [22] :

#### ➤ **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. [9]

➤ **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. [9]

<i>Adjuvants normalisés modifiant la prise et le durcissement du ciment (extrait du guide SYNAD)</i>				
		<i>Accélérateurs de prise</i>	<i>Accélérateurs de durcissement</i>	<i>Retardateurs de prise</i>
<i>Dosage/masse de ciment</i>		1 à 3 %	0,2 à 3 %	0,1 à 1 %
<i>Introduction</i>		Dans l'eau de gâchage		
<i>Effets sur la prise</i>		Accélération variable suivant les dosages les types de ciments et les températures.		Retards très variable suivant dosages, ciments, températures.
<i>Effets sur les résistances</i>	<i>initiales (avant 3 jours)</i>	Augmentées à 1 ou 2 jours.	Augmentées.	Diminuées à 1 ou 2 jours.
	<i>finales (avant 28 jours)</i>	Légèrement diminuées (d'autant plus que la prise aura été accélérée).	Inchangées ou légèrement diminuées	Légèrement augmentées.
<i>Effets secondaires favorables</i>		-	-	Amélioration de maniabilité avec possibilité de réduction d'eau
<i>Autres effets</i>		Possibilité d'une légère augmentation de retrait		-

**Tableau I.5 :** adjuvants modifiant la prise et le durcissement du ciment [23]

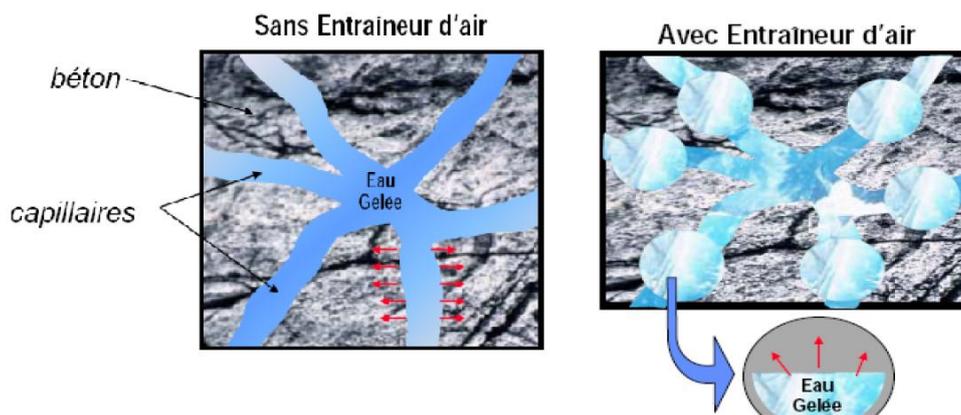
**c) Adjuvants modifiant les propriétés physiques:**

➤ **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. [22]

➤ **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. [24]



**Figure I.8 :** action d'entraîneur d'air [24]

➤ **Rétenteurs d'eau :**

Permettent de réguler l'absorption de l'eau par un support et d'augmenter ainsi l'homogénéité et la stabilité du mélange. [19]

<i><b>Action des rétenteurs d'eau</b></i>	
<i><b>Dosage</b></i>	Généralement < 0,5 %
<i><b>Effet sur la mise en œuvre du béton</b></i>	Diminution du ressuage de 50 %
<i><b>Résistance à toutes les échéances</b></i>	Par rapport au témoin, légère diminution possible
<i><b>Effets secondaires favorables</b></i>	Amélioration de la rhéologie du béton frais dans le cas d'un manque en éléments fins

**Tableau I.6 :** action des rétenteur d'eau. [23]

Adjuvant	Abréviation	Effets principaux et domaines d'application
Plastifiant	BV	Diminution de l'eau de gâchage et/ou amélioration de l'ouvrabilité (éléments préfabriqués)
Fluidifiant	FM	Forte diminution de l'eau de gâchage et/ou amélioration de l'ouvrabilité. Permet d'obtenir des bétons à durabilité accrue et/ou à mise en place facilitée (bétons pompés, SCC)
Entraîneur d'air	LP	Production et dispersion de fines bulles d'air dans la masse du béton en vue d'augmenter sa résistance au gel et aux sels de déverglaçage (ouvrages d'art)
Retardateur de prise	VZ	Retardement du début de prise du béton (bétonnage par temps chaud)
Accélérateur de prise	SBE	Accélération du processus de prise du béton (bétons projetés)
Accélérateur de durcissement	HBE	Accélération du processus de durcissement du béton (préfabrication)
Hydrofuge	DM	Diminution de l'absorption capillaire (éléments préfabriqués)

**Tableau I.7:**Type d’adjuvants avec leur abréviation et les effets principaux selon SN EN 93 [19]

**I.1.4.2.Choix du type d’adjuvant :**

<i>Choix du type d'adjuvant en fonction de sa propriété</i>								
<b>PROPRIÉTÉ</b>	<b>ADJUVANTS</b>							
	<i>Réducteurs d'eau</i>	<i>Plastifiants</i>	<i>Superplastifiants</i>	<i>Accélérateurs de durcissement</i>	<i>Accélérateurs de prise</i>	<i>Retardateurs de prise</i>	<i>Entraîneurs d'air</i>	<i>Hydrofuges de masses</i>
<i>Ouvrabilité</i>		+	+				+	
<i>Temps de prise</i>					-	+		
<i>Résistances</i>	<i>court terme (3 jours)</i>	+	+	+	+	-	-	
	<i>long terme (&gt; 28 jours)</i>	+		+	=	+	-	
<i>Air occlus</i>							+	
<i>Résistance au gel du béton durci</i>	+						+	
<i>Compacité</i>	+	+	+					
<i>État de surface</i>		+					+	
<i>Perméabilité sous pression hydraulique</i>			-					-

**Tableau I.8 :** choix de type d’adjuvant en fonction de sa propriété [23]

**I.2.Application du mortier :**

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. En France, leur utilisation n’a fait qu’augmenter depuis 1970, pour arriver à une production proche de quatre millions de tonnes en 2007. Par ailleurs, du fait de cette complexité, la part des mortiers fabriqués sur chantier n’a fait que diminuer au profit des mélanges réalisés en usine. En Europe, la production de mortiers préformulés atteint 70 millions de tonnes contre 5 millions de tonnes pour les mortiers réalisés sur chantier. La fabrication en usine permet de doser, de

façon précise et régulière, les dizaines de composants qui entrent dans la formulation des mortiers industriels et d'assurer un contrôle permanent de leurs caractéristiques. Les mortiers industriels sont présents dans tous les secteurs d'activité du bâtiment et des travaux publics. A

chaque domaine d'application correspond un type de mortier pouvant être dédié à :

- la protection et la décoration (sous-enduits, enduits de parement colorés, enduits monocouche),
- la pose des carrelages (mortiers colles et mortiers de joints),
- la préparation des sols (chapes, ragréages, enduits de lissage, d'égalisation),
- les assemblages (éléments de maçonnerie, fixation des éléments de cloisons et de doublage),
- l'isolation et l'étanchéité (systèmes d'isolation thermique par l'extérieur, d'imperméabilisation, d'étanchéité, d'isolation phonique, d'ignifugation),
- les travaux spéciaux (gunitage, réparations d'ouvrages d'art et de génie civil, scellement et calages, coulis d'injection, cuvelages). [25]



Figure 1 : Applications des mortiers industriels.

Figure I.9 : application des mortiers [19]

En France, pour l'année 2007, 120 millions de m<sup>2</sup> de façades ont été enduits, 32 millions de m<sup>2</sup> de sols ont été égalisés et lissés, 132 millions de m<sup>2</sup> de carrelage ont été posés et 210 millions de m<sup>2</sup> de murs et cloisons ont été montés. Chaque français a consommé environ 60 Kg de mortier [SNMI 08]. [25]

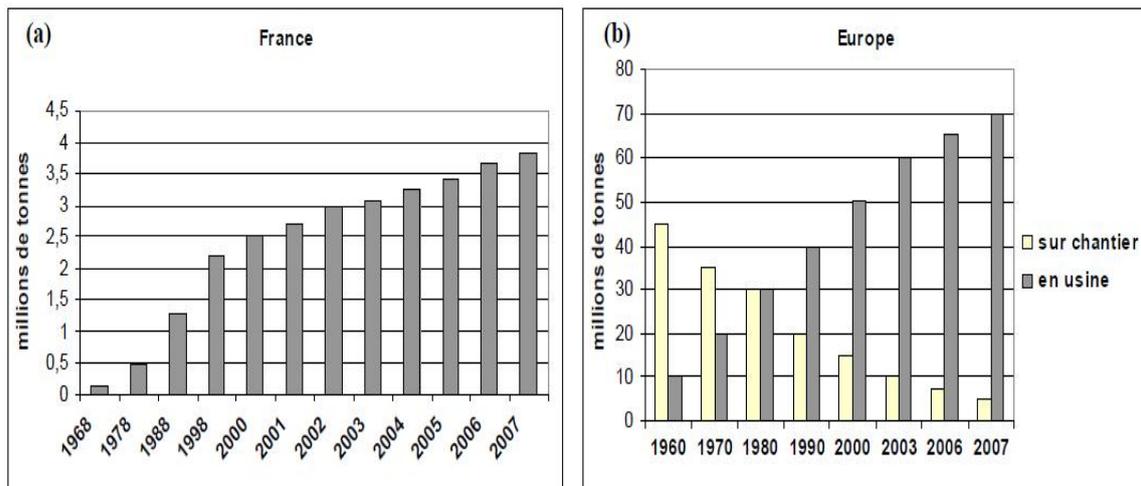


Figure I.10 : évolution de la production de mortiers en France(a) [SNMI 08]et en Europe(b)[EMO 08] [25]

\* les mortiers d’enduit, les colles à carrelages et les mortiers de réparation représentent en terme de ventes et de quantités produites, les postes les plus importants de tous les mortiers utilisés (Figure 1.11). [25]

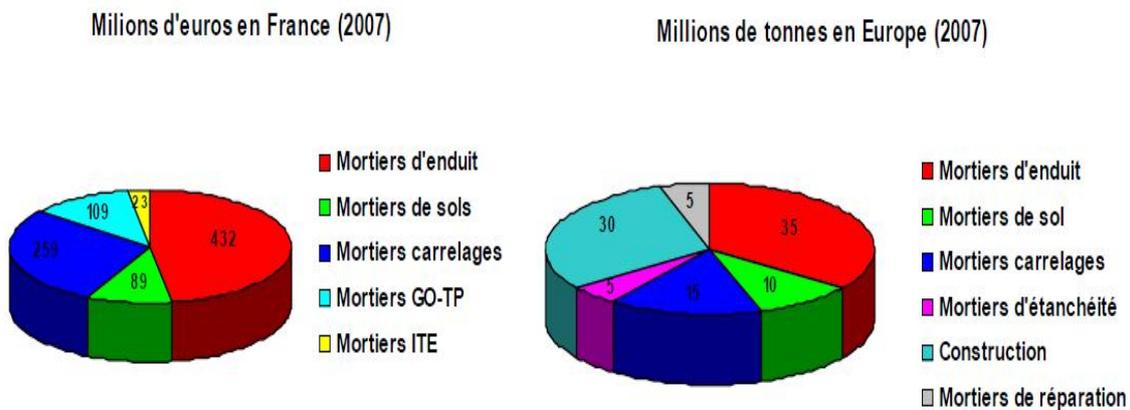


Figure I.11 : répartition des différents mortiers en France et en Europe 2007[SNMI 07] [EMO 07]. [25]

### I.3.Caractéristiques du mortier durci :

#### I.3.1.La résistance mécanique :

Les essais sont souvent effectués sur prisme de 4\*4\*16cm conservés dans l’eau à 20°C.les éprouvettes sont rompues en traction par flexion puis en compression. Les résistances, aussi bien en traction par flexion qu’en compression, progressent à peu près comme le logarithme

du temps (entre les 28 jours). les rapports (résistance en compression/résistance en traction par flexion) augmente dans le temps.

Les résistances des mortiers dépendent de très nombreux facteurs :

- la nature et dosage en ciment ;
- le rapport E/C ;
- la granulométrie et la nature du sable ;
- l'énergie de malaxage et mise en œuvre ;
- la protection tout premier jours.

### **I.3.2. Durabilité :**

En règle très générale, on peut affirmer qu'un mortier dont le sable est d'une bonne granulométrie, d'une teneur suffisante en ciment et donc d'une résistance à la compression élevée offre les meilleures chances de présenter une résistance suffisante aux dommages causés par le gel et d'autres sollicitations. Pour cette raison, on constate une tendance à associer la résistance du mortier aux conditions d'exposition.

Les principales sollicitations sont : gel combiné à une saturation élevée; lessivage par eau pluviale acide et SO<sub>2</sub> en atmosphère urbaine; effets d'érosion par le vent et l'écoulement d'eau; formation de mousse aux endroits de forte saturation en eau et faible exposition au soleil et au vent; phénomènes d'efflorescences.

La problématique de la durabilité de la maçonnerie est très complexe et diverse, et dépend de l'interaction entre la brique et le mortier. [26]

### **I.3.3. La résistance chimique :**

La résistance à l'agression par les pluies acides et à l'érosion est en relation directe avec le type et la quantité de liant et avec la compacité de la structure du mortier.

Les liants à base de chaux présentent seulement une résistance très limitée aux attaques acides et se lessivent facilement. De plus, ces mortiers présentent une résistance très limitée à l'érosion. Seuls les liants à base de ciment garantissent une adhérence permanente, à condition toutefois que l'hydratation se soit déroulée correctement. [26]

### **I.4. Déformations du mortier frais :**

#### **I.4.1. Ressuage :**

Le ressuage est une forme de ségrégation du mortier frais. On entend par ressuage ou séparation et rejet d'eau, la propriété de sédimentation du mortier frais entre le moment du compactage et le début de prise. En raison de cette sédimentation, une quantité d'eau importante est amenée à la surface, surtout lorsque le rapport E/C est élevé, ce phénomène se manifestant aussitôt après la mise en place du matériau et jusqu'au début de la prise.

Ce tassement a pour résultat une contraction du mortier sur lui-même que l'on assimile à un retrait. La mesure de la quantité d'eau de ressuée est une bonne indication de ce type de retrait. Il génère une détérioration de l'homogénéité du mortier, étant donné que l'eau de gâchage refoulée contient de fines particules de ciment et de sable. La solution aqueuse constituée de ciment et « d'eau de ressuage » stagne à la surface. La réaction chimique entre l'hydroxyde de calcium dissous, cette eau et le dioxyde de carbone contenu dans l'air, provoque un dépôt calcaire à la surface (carbonatation). A cause de ce phénomène, il peut également subsister des poches d'eau entre le support et le mortier. Le ressuage dépend, non seulement de la composition du mortier, de sa fabrication, de sa mise en œuvre mais également de la géométrie des composants et des conditions environnantes. [25]

#### **I.4.2. Le retrait plastique (ou premier retrait ou retrait capillaire) :**

C'est le retrait du mortier frais ou en cours de prise lorsqu'il est dans son état le plus déformable. La déformation apparaît dès que la surface est exemptée d'eau de ressuage. Le début de la période de retrait plastique coïncide avec le début de prise qui est aussi la fin du ressuage, en phase plastique, d'où son nom de retrait « plastique ». Le retrait plastique horizontal, c'est-à-dire dont la mesure est effectuée de manière horizontale, est engendré par les forces capillaires dues au ménisque d'eau de la face séchant.

Une faible pression capillaire peut engendrer un retrait non négligeable. Si le développement de la pression capillaire est suffisamment retardé, le retrait horizontal peut être considérablement diminué. On ajoute que le début de prise du matériau est important car à partir de ce moment le mortier est capable de résister aux forces capillaires, on observe alors un plateau dans la courbe du retrait. Les variations de pression qui s'établissent dans les premières heures dépendent de l'humidité relative, de la température, de la vitesse du flux d'air, du tassement de la couche de mortier et de la perméabilité. Ce retrait se manifeste vis-à-vis d'éléments dont la surface est importante par rapport à l'épaisseur. Il dépend avant tout de la vitesse d'évaporation de l'eau, elle-même sensible au flux d'air et à l'humidité ambiante. [25]

##### **I.4.2.1. Les paramètres influençant le retrait :**

De nombreuses études ont été effectuées sur les paramètres influençant le retrait endogène.

Ces paramètres sont les suivants :

- le rapport E/C ;
- la composition du ciment, L'influence de la teneur en C3A est variable selon les études ; il aurait tendance à diminuer le retrait. La présence de granulats diminue le retrait endogène ;

- les additions minérales comme la fumée de silice ; Elles modifient le réseau poreux en le rendant plus fin, et augmentent ainsi le phénomène d'autodessiccation et de dépression capillaire et donc le retrait endogène ;
- la température .Elle accélère les réactions d'hydratation et donc le retrait endogène ;
- les adjuvants comme les superplastifiants. Ils diminuent le retrait endogène par leur fonction retardatrice sur l'hydratation. [25]

### Conclusion:

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

**\*Les mortiers:** composés de : liant, sable, chaux, eau et adjuvant, se différencient par leur composition et leur consistances 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 eau.

**\*Les sables:** se classe 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.

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:**

**Influence des paramètres  
technologiques sur le  
comportement du mortier**

### Introduction :

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.

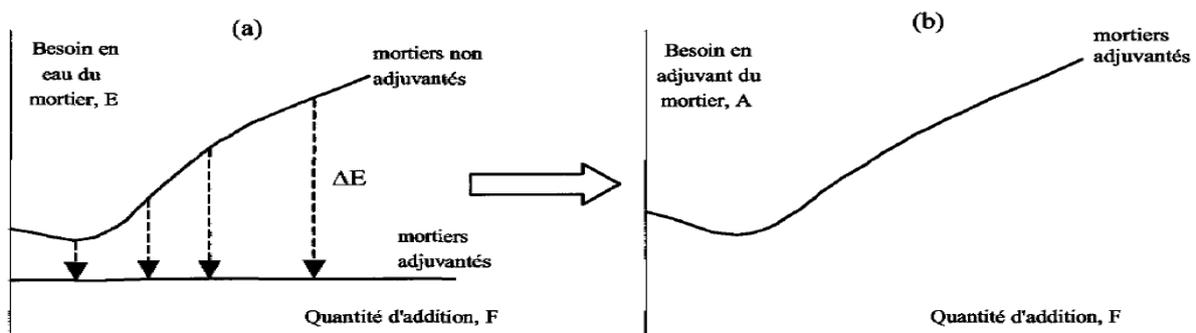
### II.1. Influence du ciment :

#### II.1.1. Influence de type de ciment :

L'étude réalisée par Anissa Bissa et Badreddine (2004) [27], a révélé que : les mortiers avec le ciment CEM III/C présentent des porosités ouvertes supérieures à celles des mortiers avec le ciment CEM I. Ce résultat résulte du fait que pour une quantité de ciment donnée, le volume d'hydrate produit par le ciment CEM III/C est plus faible que celui produit avec le ciment CEM I en raison de la faible vitesse d'hydratation du laitier par rapport au clinker.

#### II.1.2. L'effet des additions dans le mortier sur le besoin en adjuvants :

L'utilisation d'un adjuvant fluidifiant afin de contenir l'effet granulaire des additions minérales sur le besoin en eau et sur la consistance des mortiers permet de définir une nouvelle notion, celle du besoin en adjuvant induit par les additions minérales. L'hypothèse de départ est que ce besoin en adjuvants est directement lié à la variation du besoin en eau induite par les additions dans des mélanges non adjuvés. [27]



**Figure II.1 :** principe des formulations de mortier avec addition à quantité d'eau et à consistance constante [27]

\*Afin de mieux illustrer cette relation. Anissa Bissa et Badreddine proposent de prendre l'exemple d'une addition minérale présentant un effet granulaire défavorable pour les forts taux de substitutions en ciment. Si la consistance du mortier est maintenue constante, cet effet granulaire se traduit en absence d'adjuvant par une augmentation du besoin en eau E, pour les quantités élevées de d'addition F incorporées dans le mélange (a).

L'introduction de l'adjuvant en quantités appropriée a permis de contenir l'effet granulaire de l'addition sur le besoin en eau et de ramener toutes les formulations de mortier à une quantité d'eau constante tout en maintenant inchangée la consistance du mélange frais **(b)**

Dans ces conditions, l'effet granulaire de l'addition se traduit automatiquement en 'un besoin en adjuvant' variable selon l'intensité du frottement des grains solides dans le mélange **(b)**.

### II.2. Influence de sable :

#### II.2.1. Effet sur la résistance :

Banabed (2012) [28] et al ont utilisé dans leur recherche 3 types de mortier : mortier de sable de dune (MSD), mortier de sable de dune avec des plastifiants (MSDP) et mortier de sable mélange de dunaire-alluvionnaire (MSAD), l'étude a révélé que :

-Les résistances mécaniques des mortiers, que ce soit en compression ou en flexion, augmentent avec le temps quel que soit le mode de conservation (à l'air, dans l'eau).

-La conservation saturée (sous l'eau) confère aux mortiers les meilleures résistances en compression et en flexion. Ceci peut s'expliquer par le développement du phénomène d'hydratation du ciment dans les mortiers en fonction du temps en présence d'humidité suffisante.

Les mortiers MSAD du sable mélange (alluvionnaire- dunaire) présentent les meilleures performances mécaniques, que celles des mortiers MSDP et MSD. Il note une résistance en compression à 28 jours de l'ordre 37 MPa pour le mortier MSAD. [28]

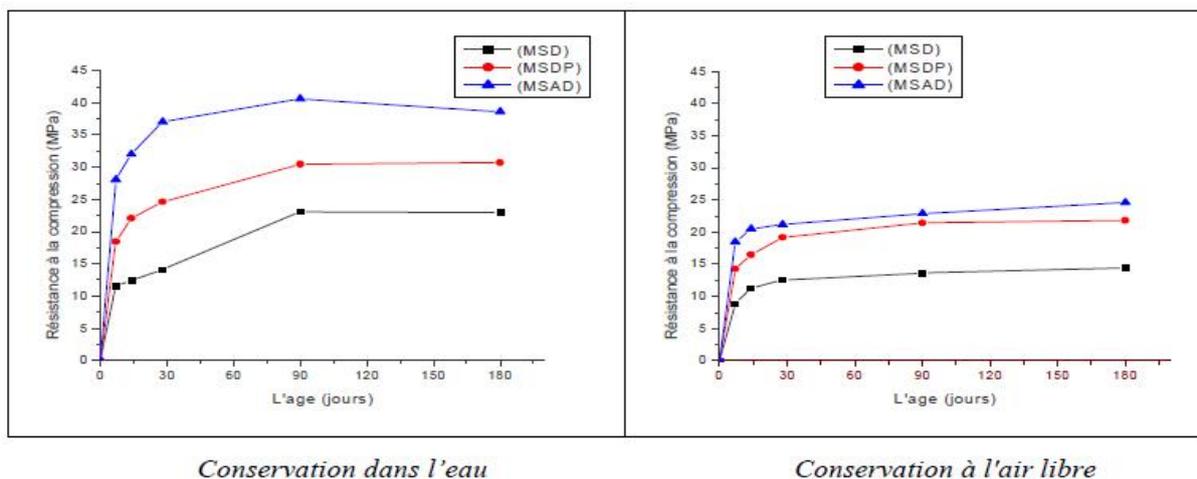
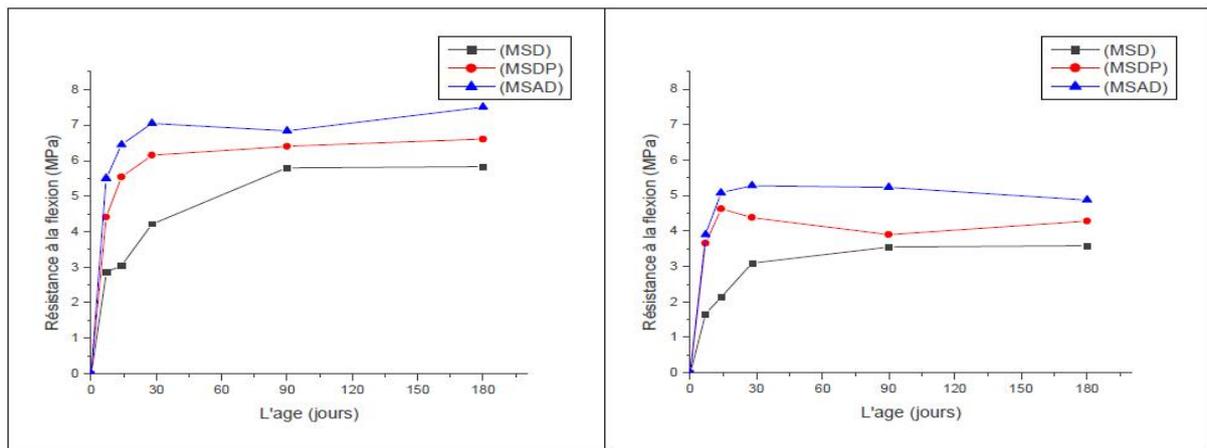


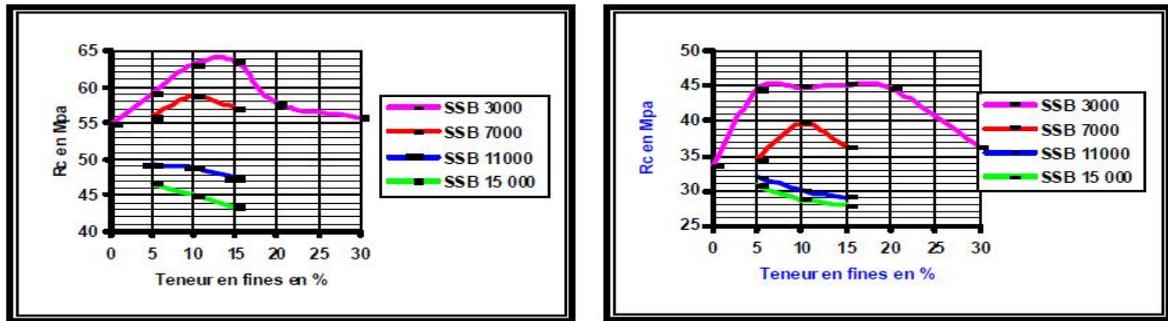
Figure II.2: résistance à la compression en fonction de la durée de conservation [28]



*Conservation dans l'eau* *Conservation à l'air libre*  
**Figure II.3** : résistance à la flexion en fonction du temps de conservation [28]

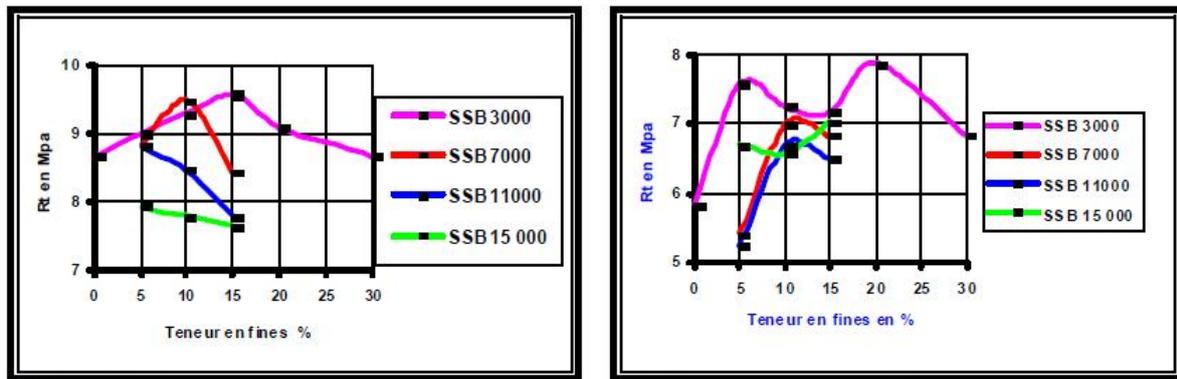
\*L'influence de la finesse des fines des sables de concassage sur les caractéristiques mécaniques, rhéologiques et physiques des mortiers a été étudiée par Imène jeudi-bahri [2012] dans le but d'évaluer la quantité optimale de fillers susceptible d'améliorer ou du moins ne pas dégrader les performances. Elle a été observée que la quantité d'eau de gâchage augmente avec le pourcentage de fines et avec leur finesse. En ayant plus de fillers très finement broyés, la surface spécifique Blaine (SSB) des grains devient plus grande et, selon les auteurs, la quantité d'eau nécessaire pour mouiller les grains sera plus grande. Par conséquent, pour avoir une maniabilité constante, le dosage en eau croît avec la quantité de fines et avec leur finesse.

Une surface spécifique plus grande adsorbe et absorberait (?) plus d'eau, ce qui va à l'encontre de l'apport bénéfique de ces fines qui jouent un rôle lubrifiant et peuvent améliorer l'ouvrabilité. A l'opposé, les mélanges dépourvus de fines nécessitent aussi un besoin nettement supérieur en eau. Le manque de fines provoque une granularité discontinue et un manque de maniabilité et par la suite un apport supplémentaire en eau pour atteindre la maniabilité recherchée. Les résistances à 28 jours des mélanges à base de sable de concassage dont les fillers ont une surface spécifique Blaine ou SSB de 3000 cm<sup>2</sup>/g sont supérieures à celles obtenues avec le sable normalisé [CEN EN 196-1], l'augmentation maximale est de l'ordre de 30 % pour 20 % de fines. (Fig. II.4). [10]



**Figure II.4 :** résistance à la compression des mortiers à 28 jours en fonction de la teneur en fines. A gauche, hygrométrie 100% et température 20°C .A droite, hygrométrie 40% et température 38°C. [10]

\* en ce qui concerne la résistance à la flexion, elle est peu influencée par l'ajout de fines comme le montre la Fig. II.5.



**Figure II.5 :** résistance à la traction des mortiers à 28 jours en fonction de la teneur en fine. A gauche, hygrométrie 100% et température 20°C.A droite, hygrométrie 40% et température 38°C. [10]

\* les résultats obtenus montrent clairement l'apport positif des fines, surtout lorsque leur SSB est faible (3000 à 7000). Selon l'auteure, cet apport réside dans un meilleur accrochage et une plus forte adhésion entre le liant et les granulats. Le retrait a été étudié sur des mortiers à base de sable de concassage ayant différentes SSB et dans les conditions de chantiers tunisiens en été (hygrométrie 40 % et température 38 °C). L'allure générale des résultats obtenus à 28 j est présentée Fig. II.6.

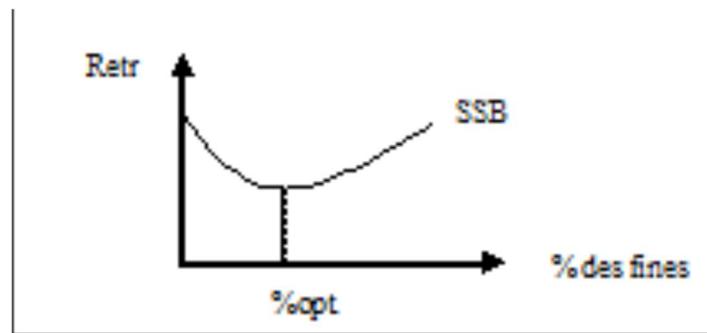


Figure II.6 : Retrait en fonction du pourcentage de fines [10]

Un optimum est observé. Il est de l'ordre de :

- 5 % de fines pour les fortes SSB (11 000 et 15 000 cm<sup>2</sup>/g),
- 10 % de fines pour la SSB (7000 cm<sup>2</sup>/g),
- Et 15 % de fines pour la SSB (3000 cm<sup>2</sup>/g).

Au delà de ces pourcentages, une augmentation sensible du retrait est remarquée.

La perte de masse des mortiers avec 20 % de fines de SSB 3000 cm<sup>2</sup>/g est de l'ordre de 4 %. Elle atteint 6 % pour les mortiers avec 30% de fines. Le besoin en eau supplémentaire qu'imposent la finesse et la quantité des fines, au-delà de l'optimum, pour permettre la mise en place du mortier, explique cette différence. La présence de fines de faible valeur de SSB conduit à une augmentation de la compacité, sans ajout d'eau, ce qui permet de limiter le retrait. Avec des fines de grandes valeurs de SSB, la quantité d'eau de gâchage est augmentée. Celle-ci va s'évaporer par la suite, ce qui conduit à une augmentation du retrait total. [10]

### II.2.2.Effet de sable sur le comportement rhéologique du mortier :

Pour étudier l'effet de sable sur le comportement rhéologique des mortiers Roussel et al (2010) [29] ont schématisé l'impact de la fraction volumique sur le comportement rhéologique d'une pâte de ciment. Dans un mortier, la fraction volumique est modifiée par la présence de sable.

Etant donné le caractère non colloïdal de ces particules, leur effet sur le comportement rhéologique est surtout dû à l'augmentation de la fraction volumique solide et donc à l'augmentation des contacts entre grains qu'elles engendrent. Il a été montré que le comportement rhéologique d'un béton dépend de la quantité d'agrégats : il existe un régime dominé par la friction entre les particules d'agrégats et un second régime dominé par les interactions hydrodynamiques.

D'après Brumaud (2011) [30] et Mahaut et all (2008) [31], le régime dominé par la friction entre les grains n'est jamais atteint du fait des fractions volumiques et du type de sable

généralement utilisés. Ainsi, le comportement rhéologique d'un mortier est similaire à celui de la pâte de ciment, le sable ne faisant qu'amplifier ce comportement.

### II.3.L'influence d'eau :

\* Une augmentation du dosage en eau aura une incidence directe sur les performances mécaniques

\*baisse de la résistance à la compression / flexion

\*baisse de la compacité

\*augmentation de la porosité

\*augmentation de la perméabilité. [32]

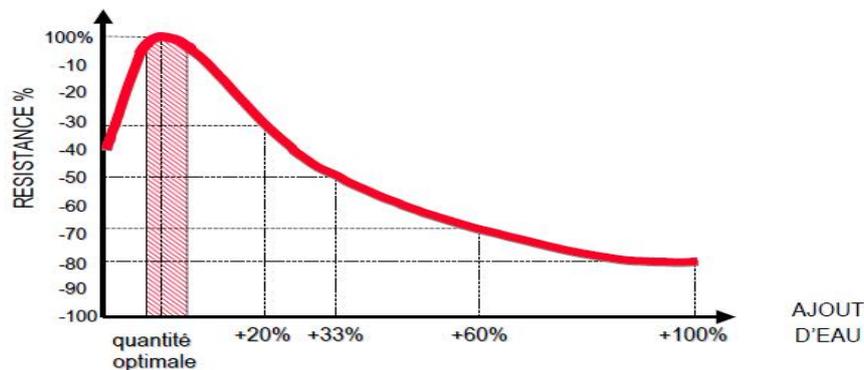


Figure II.7 : influence de l'ajout d'eau sur la résistance [32]

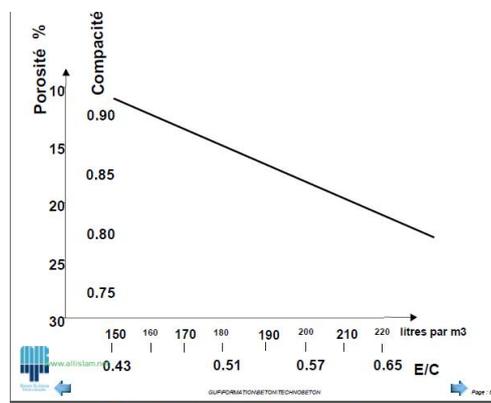
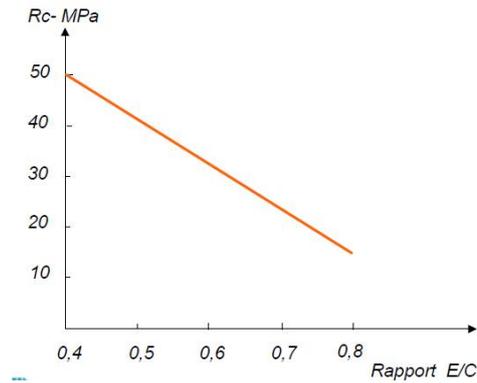


Figure II.8 : influence de rapport E/C sur la compacité et la porosité. [32]

\*le rapport eau/ciment aura également une influence très importante sur la rhéologie du mortier. C'est le moyen le plus simple pour régler la consistance d'un matériau cimentaire. Néanmoins, l'augmentation du dosage en eau entraîne une diminution de la résistance à l'état durci et de la durabilité en influant nettement sur la porosité finale. [19]



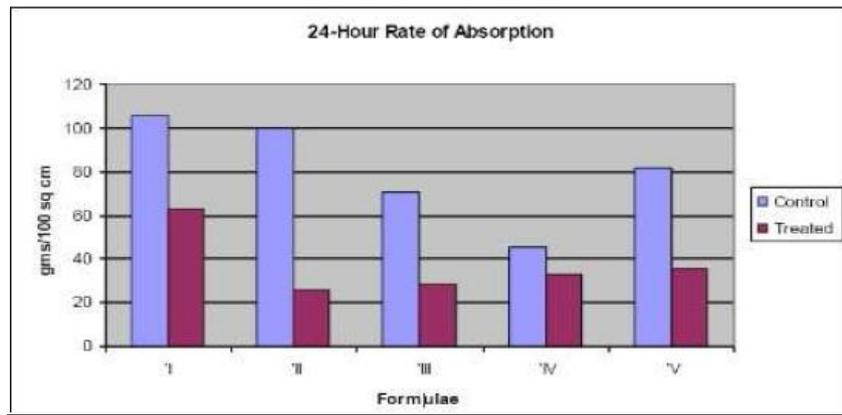
**Figure II.9** : influence de rapport E/C sur la résistance [19]

### II.4. Influence des adjuvants :

#### II.4.1. L'influence des agents hydrofuges :

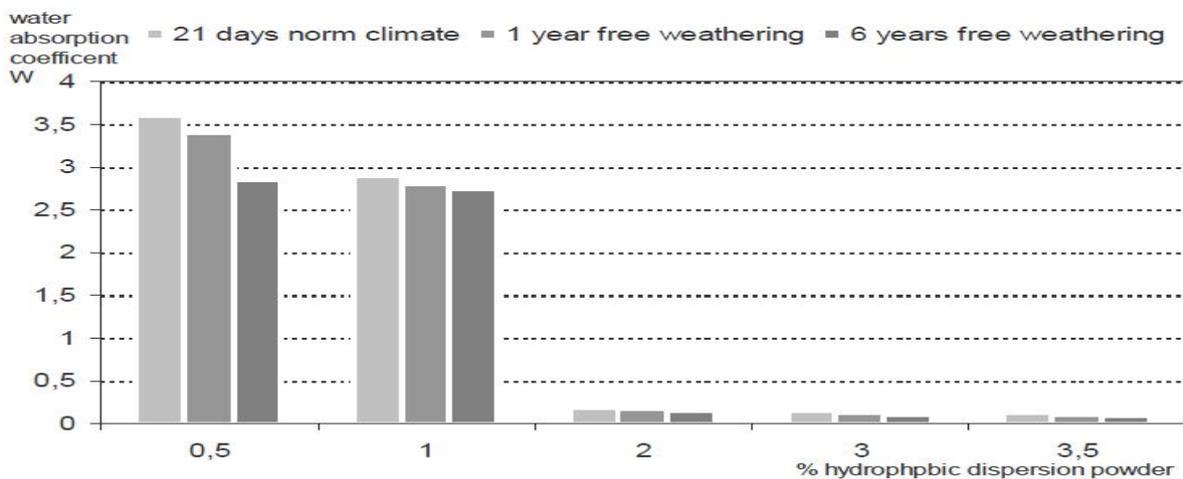
Ce sont des produits qui réduisent la perméabilité aux fluides et/ou l'absorption capillaire. Ils agissent physiquement en bouchant les pores capillaires grâce à leurs particules hydrophobes à hautes surfaces spécifiques. Il peut se créer des précipités insolubles par réaction avec la chaux, créant ainsi des cristaux légèrement expansifs qui bouchent les capillaires. Les agents hydrofuges sont utilisés dans les enduits, les chapes étanches, les citernes, les réservoirs, les piscines, dans tous les domaines où le mortier est en contact avec l'eau. Leur proportion par rapport à la masse de ciment est de l'ordre de 0,1 % à quelques pour-cent. Une étude sur des bétons montre que l'ajout d'un hydrofuge de masse à base de stéarate a une influence minimale sur les valeurs d'affaissement du béton, sur le retrait à 140 jours et sur les résistances en compression. Par ailleurs, l'efficacité des agents hydrofuges dépend de la composition du mortier et de la présence de chaux hydratée ou de cendres volantes.

Nordmeyer (2007) [33] a mesuré l'absorption de l'eau par différents mortiers contenant un agent hydrofuge. Il observe une réduction de l'absorption de l'eau par les mortiers adjuvantés (Figure II.10).



**Figure II.10** : taux d'absorption en eau pour des mortiers contenant un hydrofuge de masse 'en magenta' ou non 'en bleu' [nordmeyer] [33]

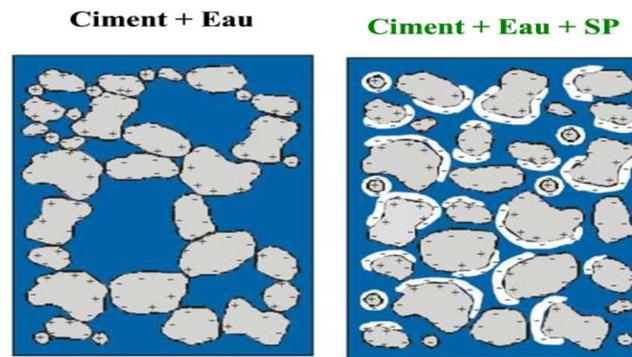
\*Bonin(2005) [34] observe également une diminution croissante de l'eau absorbée lorsque le taux en agent hydrofuge augmente (Figure II.11) [Bonin].



**Figure II.11** : absorption en eau d'un mortier en fonction de sa teneur en hydrofuge de masse [Bonin] [34]

#### II.4.2. Effets rhéologiques des superplastifiants :

En l'absence de superplastifiants, les particules de ciment s'agglomèrent en raison des charges opposées présentes à leur surface. Ce phénomène va se traduire par un seuil d'écoulement au niveau des propriétés rhéologiques. En présence de superplastifiants, les polymères organiques vont limiter l'agglomération des grains, ce qui aura pour conséquence une diminution voire une suppression du seuil d'écoulement. De plus, lors de la dispersion des particules, la structure floculée va se dissoudre et l'eau retenue à l'intérieur va être libérée, de telle façon qu'elle pourra à nouveau contribuer à l'écoulement. La figure II.12 reprend les effets des superplastifiants sur les propriétés rhéologiques d'une pâte de ciment. [35]



**Figure II.12:** Effet des superplastifiants sur les propriétés rhéologiques des pâtes de ciment [35]

### II.5. Influence des facteurs climatiques :

Un des facteurs les plus importants des conditions climatiques, est la température ambiante qui atteint souvent 45 à 50°C à l'ombre en présence d'une hygrométrie relativement faible. De telles conditions provoquent l'évaporation rapide de l'humidité, tout d'abord des couches superficielles ce qui entraîne un retrait irrégulier et par conséquent, la création des contraintes thermiques sévères dans le mortier.

Ces effets peuvent nuire à la qualité du mortier et implicitement à celle du béton, surtout pendant le durcissement ou le phénomène d'hydratation est considérablement touché et le mortier étant relativement faible, ne peut en conséquence supporter les contraintes générées.

Le deuxième facteur important qui peut aussi nuire à la qualité du mortier, est la basse humidité qui peut causer une évaporation très rapide de l'eau de gâchage entraînant en temps chauds, le durcissement rapide du mortier. Il a été reporté que lorsque l'humidité relative s'abaisse de 90 à 50 %, le taux d'évaporation d'eau augmente de 5 fois ce qui montre l'influence de l'humidité relative sur la perte d'eau. [36]

\*D'où l'évaporation d'eau est due aux déséquilibres thermique et hydrique entre le mortier et le milieu ambiant. Ainsi, les conditions de cure (température, vent et humidité relative principalement) influent nettement sur la quantité d'eau évaporée. Une application par temps chaud et vent sec est, par exemple, le cas le plus critique.

Si la perte d'eau est trop importante, la fissuration et la perte d'adhérence sont les deux principales pathologies observées. La Figure II.13 illustre ces deux pathologies. [19]



**Figure II.13** : Conséquences d'une perte d'eau importante (a) perte d'adhérence et (b) fissuration. [19]

La succion de l'eau de gâchage par le support entraîne un phénomène dit de grillage qui conduit à une mauvaise adhérence du mortier sur le support. Ainsi, autres auteurs ont montré que l'adhérence des mortiers au support est directement liée à la rétention d'eau. En effet, l'évolution de l'adhésion se fait en deux étapes :

- \* Création de l'adhésion, qui est fortement liée aux propriétés à l'état frais : viscosité de l'enduit, retrait plastique et rétention d'eau.

- \* Développement de l'adhésion, qui est déterminé par l'avancement de l'hydratation, le module élastique, la microstructure et le retrait durci.

-Les mouvements d'eau au très jeune âge, dès l'application du mortier sur le support, modifient fortement les contacts et la microstructure à l'interface entre le mortier et le support. Ces mouvements d'eau jouent donc un rôle majeur dans la création et la qualité de l'adhésion. En conséquence, plus la perte d'eau est importante à l'état frais, plus l'adhésion à long terme est faible.

De même, la perte d'eau au sein du mortier provoque une dessiccation du mortier. Une dessiccation trop importante engendre des contraintes au sein du matériau. Au jeune âge, le mortier n'est pas très résistant. Ainsi, le mortier peut se rétracter sous l'effet des contraintes de dépression capillaire. Si ce retrait est gêné, par le frottement du support par exemple, alors le mortier se fissure. [19]

### **Conclusion :**

La formulation rationnelle de mortier nécessite de connaître avec précision les diverses propriétés des différents constituants que l'on y incorpore. C'est l'objectif de cette étape de l'étude qui concerne l'utilisation de sable concassé dans la fabrication du mortier et aussi l'introduction des adjuvants fluidifiants dans la formulation de ce dernier.

De cette revue de documentaire, on peut tirer les conclusions suivantes :

\*la substitution totale du sable roulé par le sable concassé donne des résultats intéressants, notamment en compression. La présence de fins calcaire améliore la compacité du mélange par effet de remplissage et accélère l'hydratation du ciment.

\*l'ajout des superplastifiants et les autres adjuvants sont très bénéfiques pour les mortiers.

\* l'élévation de la température provoque l'évaporation rapide de l'humidité, tout d'abord des couches superficielles ce qui entraîne un retrait irrégulier et par conséquent, la création des contraintes thermiques sévères dans le mortier et aussi la basse humidité qui peut causer une évaporation très rapide de l'eau de gâchage entraînant en temps chauds, le durcissement rapide du mortier.

## **CHAPITRE III:**

### **Caractéristiques des matériaux utilisés**

**Introduction :**

Le comportement physico-mécanique et rhéologique du mortier est le résultat d'une interaction complexe entre ses divers constituants, c'est la raison pour laquelle, nous commençons ce chapitre par une présentation des matériaux mis en œuvre pour confectionner nos mélanges et la proportion avec laquelle ils entrent dans les compositions. Les caractéristiques physico-chimiques de ces matériaux d'études sont également présentées pour analyser et justifier ultérieurement les essais. On va présenter après les compositions des différents mélanges utilisés dans cette étude et leurs procédures de gâchage et le mode de cure des éprouvettes confectionnées, et finalement on va parler des essais auxquels les mortiers sont soumis.

**III.1. Matériaux :****III.1.1. Le ciment :**

Ciment portland composé (CPJ) provient de la cimenterie d'AIN TOUTA (wilaya de Batna) classe 42.5

**III.1.1.1. Les caractéristiques chimiques et minéralogiques des ciments utilisés :**

La composition chimique selon la fiche technique de la cimenterie d'Ain touta.

Elle est présentée au tableau III.1

Composition chimique	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CL <sup>-</sup>	Chaux libre
Teneur(%) Cpj42.5	62.37	20.81	4.23	5.52	2.40	0.52	0.03	2.34	0.021	1.09

**Tableau III.1:** Composition chimique du ciment.

Le tableau III.2 montre la composition minéralogique déterminée d'après la formule de Bogue.

Composition minéralogique (%)			
C3S	C2S	C3A	C4AF
60	15	2	17

**Tableau II.2:** Composition minéralogique du ciment.

**III.1.1.2. Les caractéristiques physiques et mécaniques des ciments utilisés :**

Les résultats de différents essais physiques et mécaniques sur les ciments sont présentés au tableau III.3

caractéristiques	CPJ-CEM II/ 42.5 A
Masse Volumique Apparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.997≈ 1
Masse volumique Absolue (g/cm <sup>3</sup> )	3.03
Surface spécifique (BLAINE) (cm <sup>2</sup> /g)	3220
Temps de début de prise (heures)	1h :50
Temps de fin de prise (heures)	3h : 10
La résistance à la compression à 28 jours (MPA).	47

**Tableau III.3:** Caractéristiques du ciment.

**III.1.2. Les granulats :**

Il y a deux types de sable utilisé pour la formulation du mortier

Le sable naturel d'oued 0/5 provenant de lioua (wilaya de Biskra)

Le sable de carrière : région de el-hadjeb (wilaya de Biskra)

**III.1.2.1. Les caractéristiques géométriques :**➤ **Analyse granulométrique :**

L'analyse s'effectue par tamisage avec un jeu normalisé de tamis et de passoirs. 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.

La courbe granulométrique est la carte d'identité d'un granulat. Elle indique les proportions des grains de chaque dimension.

Elle doit se faire conformément à la norme NF EN 933-1,

❖ **Sable d'oued :**

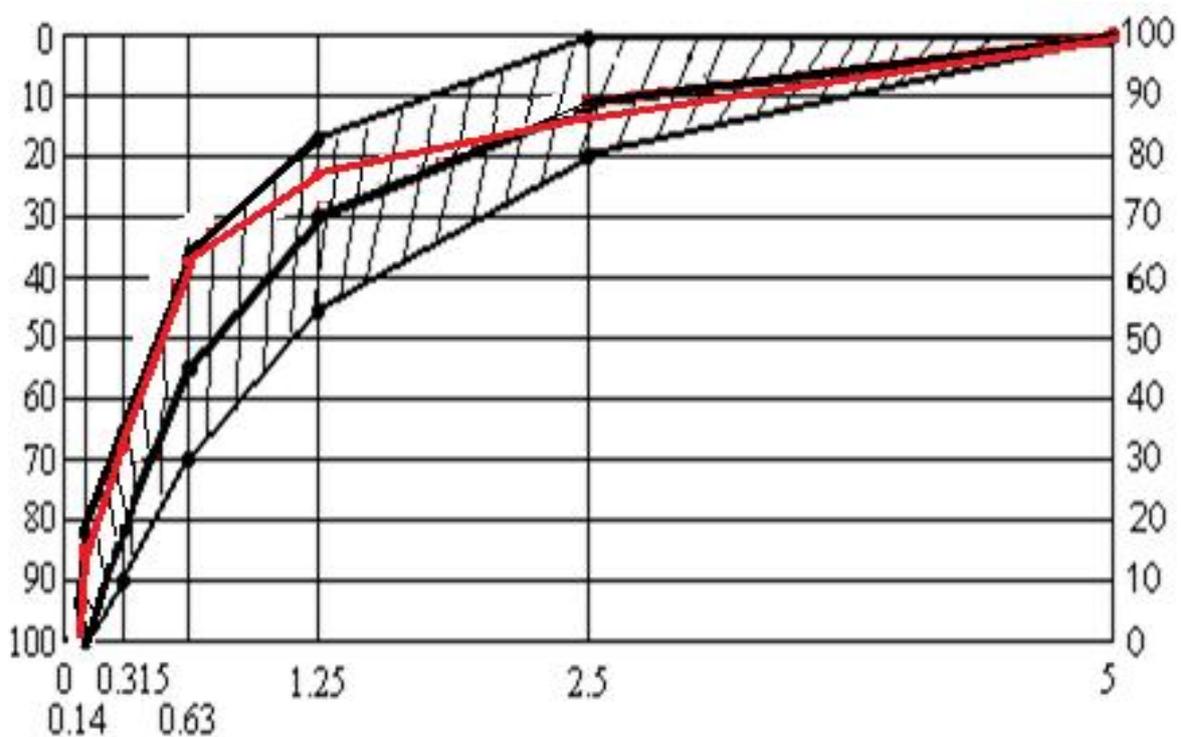
La granularité du sable est déterminée selon la norme NF EN 993-1, les résultats d'essais sont présentés dans le tableau III.4.

Tamis (mm)	Sable d'oued (So)		
	Refus Partiels, %	Refus cumulés,%	Tamisât %
5.0	0.01	0.01	<b>99.99</b>
2.5	14.665	14.675	<b>85.325</b>
1.25	9.32	23.995	<b>76.005</b>
0.63	14.695	38.69	<b>61.31</b>
0.315	31.04	69.73	<b>30.27</b>
0.16	16.675	86.405	<b>13.595</b>
0.08	9.135	95.54	<b>4.46</b>
Plat	4.46	100	<b>0</b>

**Tableau III.4 :** analyse granulométrique de sable d'oued Lioua

Refus cumulés ;%

Tamisats cumulés, %



**Figure III.1 :** courbe granulométrique du sable d'oued Lioua.

- **Module de finesse :**

Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse  $M_f$  celui-ci correspond à la somme des pourcentages des refus cumulés pour les tamis d'ouverture : 0.16-0.315-0.63-1.25-2.5 et 5 (mm) sur 100, déterminée selon la norme NFP 18-540.

Calculé par la relation suivante :

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

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau III.5.

Type de sable	Module de finesse (MF)
Sable d'oued	2.335

**Tableau III.5** : module de finesse ( $M_f$ ) de sable d'oued.

- ❖ **Sable de carrière :**

La granularité du sable est déterminée selon la norme NF EN 993-1, les résultats d'essais sont présentés dans le tableau III.6.

Tamis (mm)	Sable de carrière (Sc.)		
	Refus Partiels, %	Refus cumulés, %	Tamisât, %
5.0	0.23	0.23	<b>99.77</b>
2.5	16.42	16.65	<b>83.35</b>
1.25	33.80	50.45	<b>49.55</b>
0.63	22.12	72.57	<b>27.43</b>
0.315	21.95	94.52	<b>5.48</b>
0.16	4.95	99.47	<b>0.53</b>
0.08	0.51	99.98	<b>0.02</b>
Plat	0.02	100	<b>0</b>

**Tableau III.6** : analyse granulométrique du sable de carrière.

Refus cumulés ;%

Tamisats cumulés, %

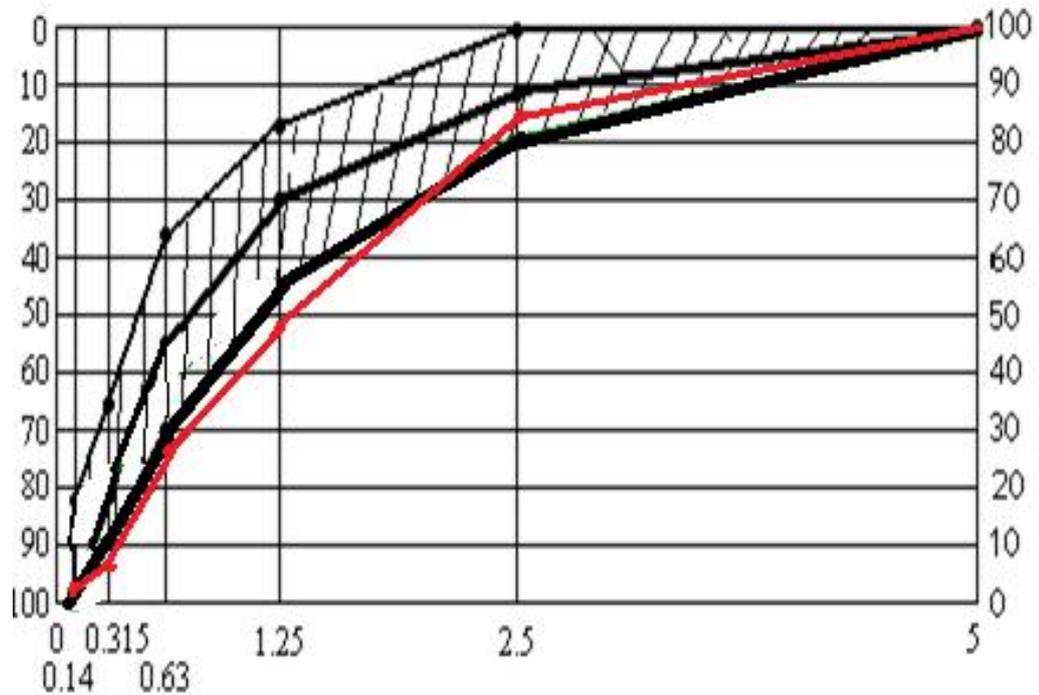


Figure III.2 : courbe granulométrique du sable de carrière.

• **Module de finesse :**

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau III.7.

Type de sable	Module de finesse (Mf)
Sable de carrière	3.34

Tableau III.7. Module de finesse (Mf) de sable de carrière.

**III.1.2.2. Les caractéristiques physiques :**

**III.1.2.2.1. 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<sub>t</sub> : masse totale d'échantillons.

V<sub>t</sub> : volume total d'échantillon.

**III.1.2.2.2. 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 <sup>3</sup> )	Sable de carrière	Sable d'oued
apparente	1.373	1.556
absolue	2.5	2.6087

**Tableau III.8:** masse volumique des grains utilisé

### III.1.2.2.3. Propreté des granulats :

#### ➤ Équivalent de sable :

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 :

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



**Photo III.1 :** Essai d'équivalent de sable.

$h_1$  : hauteur des grains solides sableux.

$h_2$  : hauteur des grains solides sableux+des impuretés argileuses.

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 III.9

Type de sable	ESV%	ESP %	Nature et qualité du sable
Sable d'oued	73	72	Sable légèrement argileux, de propreté admissible pour les bétons de qualité courant.
Sable de carrière	51	51.6	Sable contient un taux élevé de fin.

**Tableau III.9** : Résultats d'équivalente de sable.

### III.1.3.L'eau :

En référence à la norme **NF EN 1008**, l'eau potable toujours utilisable, mais dans certains cas l'eau contient des impuretés, ce qui nécessite une analyse chimique pour déterminer les impuretés qui se trouvent donc l'eau de gâchage doit être vérifiée trois critères (chimique, physique et mécanique), si elle présente un doute pour éviter tout risque nous avons opté pour une eau de gâchage qui est l'eau potable qui ne présente aucun risque d'après la norme suscitée.

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 Biskra.

### III.1.4.Les adjuvants :

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

Le premier est un **superplastifiant** nommée **GLENIUM 27**. ce produit est un superplastifiant haut réducteur d'eau pour béton à faible E/C, hautes performances et long maintien d'ouvrabilité.

Cet adjuvant a été développé pour l'utilisation dans l'industrie du béton et mortier où haute qualité, durabilité, performance et ouvrabilité sont requises.

Le GLENIUM se différencie des superplastifiants traditionnels par son action nouvelle et originale qui améliore de façon très significative le pouvoir dispersant sur le ciment.

Ses caractéristiques sont présentées au tableau III.10.

<b>Aspect</b>	<b>liquide</b>
<b>Couleur</b>	<b>brun</b>
<b>Masse volumique</b>	<b><math>1,05 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3</math></b>
<b>pH</b>	<b><math>7,0 \pm 1</math></b>
<b>Teneur en chlorures</b>	<b><math>&lt; 0,1\%</math></b>
<b>Extrait sec</b>	<b><math>20 \pm 2 \%</math></b>
<b>Na<sub>2</sub>O eq</b>	<b><math>&lt; 2 \%</math></b>
<b>Transport</b>	<b>non classé</b>
<b>Etiquetage</b>	<b>Pas de symbole exigé</b>

**Tableau III.10** : les caractéristiques du GLENIUM 27.

Le deuxième adjuvant est un **POZZOLITH® CRP 4**, est un adjuvant liquide exempt de chlorure dont l'emploi est recommandé pour les bétons et mortier où le retard de prise est recherché. Il permettra de retarder le début de prise du béton et mortier par ralentissement des réactions d'hydratation du ciment. Il maintiendra ainsi la maniabilité du béton et mortier frais pendant au moins 1 heure. Ses caractéristiques sont présentées au tableau III.11.

<b>Aspect</b>	<b>Liquide brun foncé</b>
<b>Masse volumique</b>	<b><math>1,150 \text{ g/cm}^3 \pm 0,005</math></b>
<b>Entraînement d'air</b>	<b>0 à 1% selon le dosage</b>
<b>Teneur en chlorure</b> (BS 5075 : 1982)	<b>Nulle</b>
<b>Point de congélation</b>	<b>0°C</b>
<b>Point éclair</b>	<b>Non concerné</b>

**Tableau III.11** : caractéristique du POZZOLITH® CRP 4.

#### **III.1.4.1.Essai sur les adjuvants :**

##### **III.1.4.1.1.Essai d'extraits secs d'adjuvants :**

Quand il se présente sous forme liquide les adjuvants sont dissous dans de l'eau, donc, il faut savoir quelle proportion d'extrait sec (c'est-à-dire d'adjuvant proprement dit) contient l'adjuvant du commerce. Pour cela on procédera conformément à la norme NF P 18-380 :

\*pesée d'une masse  $m_1$  d'adjuvant dans un cristalliseur ( $m_1 = 10\text{g}$ )

\*évaporation de l'eau. Le cristalliseur étant sur une plaque chauffante à 60°C.

Mise du cristalliseur à l'étuve à 105°C pendant 6 heures.

Soit  $m_2$  la masse d'adjuvant après passage à l'étuve. Le pourcentage d'extrait sec est :

$$\text{Extrait sec(\%)} = 100 * m_2 / m_1.$$

#### III.1.4.1.2. Essai de densité d'adjuvant :

Pour étudier l'effet d'un adjuvant, il est important de savoir sa densité pour le calcul de son dosage entrant de la formulation du mortier.



**Photo III.2 :** essai de densité d'adjuvant.

Les résultats des deux essais sont présentés dans le tableau III.12.

L'adjuvant	Extrait sec %	La densité
GLENIUM 27	24.2	1.056
POZZOLITH® CRP 4	35.2	1.15

**Tableau III.12 :** caractéristique des adjuvants utilisés

### III.2. Mélanges :

#### III.2.1. Nature des mélanges :

##### La première série :

Cette série avait pour objectif de formuler un mortier témoin avec sable d'oued à base de rapport d'eau E/C : 0.5 pour chaque dosage de ciment (300, 350, 400 kg) ainsi avec E/C : 0.6 pour le dosage de ciment 350 à base de sable d'oued (mortier témoin).

**La deuxième série :**

Cette série a pour objectif de formuler un mortier avec le sable concassé en gardant les mêmes conditions de la 1<sup>ère</sup> série.

**La troisième série :**

Dans cette série, on introduit des adjuvants (superplastifiant et retardateur de prise) pour les 2 séries afin de voir le comportement physico-mécanique et rhéologique de mortier à base de sable concassé et sable d'oued.

**III.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.

**III.2.3.Procédure de gâchage :**

Tous les mélanges ont été fabriqués dans un malaxeur d'une capacité maximale de 5 L (voir photo III).

La même procédure de gâchage a été utilisée pour tous les mortiers :

1. mettre le ciment puis l'eau dans le bol du malaxeur.
2. malaxer le ciment et l'eau 30 secondes vitesse min.
3. ajouter sable 30 seconde vitesse min.
4. malaxer le ciment et le sable et l'eau 30 secondes vitesses rapides.
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 l'eau de gâchage.



**Photo III.3** : Malaxeur d'une capacité maximale de 5 L.

#### **III.2.4. Confection des éprouvettes de mortier :**

Pour le mortier, des éprouvettes de  $(5*5*5)$  cm<sup>3</sup> ont été réalisées pour les essais de compression, les éprouvettes de  $(4*4*16)$  cm<sup>3</sup> pour les essais de traction par flexion.

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.

#### **III.3. Procédures expérimentales :**

##### **III.3.1. Mode de cure :**

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

Pour chaque rapport de E/C et par dosage de ciment et pour les dosages d'adjuvants suivants : 1%, 0.5% glenium et 0.5% pozzolith il ya :

- ✓ 9 éprouvette cubiques 5\*5\*5cm sont conservées à l'eau à une température de  $(20^{\circ}\text{C}+1^{\circ}\text{C})$ .

- 3 éprouvettes écrasées à 7 jours ;

- 3 éprouvettes écrasées à 14 jours ;

- 3 éprouvettes écrasées à 28 jours.

- ✓ 9 éprouvettes prismatiques 4\*4\*16 cm conservées à l'eau à d'une température de (20°C+1°C)

-3 éprouvettes écrasées à 7 jours ;

-3 éprouvettes écrasées à 14 jours ;

-3 éprouvettes écrasées à 28 jours.

- ✓ Les mortiers ont subis des essais d'ouvrabilités.



**Photo III.4** : les éprouvette 5\*5\*5



**Photo III.5** : les éprouvettes 4\*4\*16.

### III.3.2.Description des essais :

#### III.3.2.1.Essais sur le mortier frais :

##### III.3.2.1.1.Essai d'étalement à la table à secousse

Selon la norme EN12-358, cet essai d'étalement est une mesure testant plus particulièrement l'aptitude du béton et mortier à s'étaler par écoulement.

L'essai est exécuté sur une table à laquelle on peut imprimer des secousses verticales à l'aide d'une manivelle (photo

On démoule sur la table un tronc de cône et on le soumit à une série de 30 secousses, en suite on mesure le diamètre d'étalement 'd'.



**Photo III.6** : Table à secousses.

**III.3.2.2. Essais sur le mortier durci :****III.3.2.2.1. Essai de résistance à la compression :**

Les essais de résistance à la compression ( $R_c$ ) par écrasement ont été effectués sur des éprouvettes prismatiques 5\*5\*5 cm conformément à la norme NFP 18-406. La résistance à la compression est calculée à partir de la moyenne de 3 essais réalisés sur des éprouvettes identiques (même composition, mise en œuvre et conditions de cure).

L'écrasement des éprouvettes est fait sur une presse hydraulique de force 1300 KN (photo III. ) et répandant aux prescriptions de la norme NFP 18-411, NFP 18-412.



**Photo III.7 :** Machine de compression.

**III.3.2.2. Essai de résistance à la flexion et traction par flexion :**

Les essais de résistance à la flexion et traction par flexion ( $R_t$ ) ont été effectués sur des éprouvettes prismatique  $4 \times 4 \times 16$  cm. Il y a plusieurs méthodes pour calculer la résistance à la traction, mais vu que l'utilisation de l'essai de traction direct est difficile, alors on a choisi l'essai de traction par flexion. L'essai de traction par flexion est le plus couramment utilisé, il consiste à rompre en flexion une éprouvette prismatique de côté  $a$  et de longueur  $4a$ .

La résistance de traction par flexion est donnée par la formule :  $f_{ij} = 1.8 \cdot F / a^2$ .



**Photo III.8 :** presse hydraulique pour l'essai de traction par flexion.

**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 à base de sable concassé.

## **CHAPITRE IV:**

# **Présentation des résultats**

**Introduction :**

Dans ce chapitre nous présentons les résultats obtenus expérimentalement à savoir :

Etude du mortier :

❖ Mortier frais : étude de comportement rhéologique des mortiers frais

\* la perte de maniabilité des mortiers frais (affaissement) pour les deux types du mortier à base de sable d'oued et sable concassé.

\* l'influence des adjuvants (retardateur de prise et fluidifiants) sur la maniabilité des mortiers (affaissement des mortiers).

❖ Mortier durci : étude des comportements mécaniques

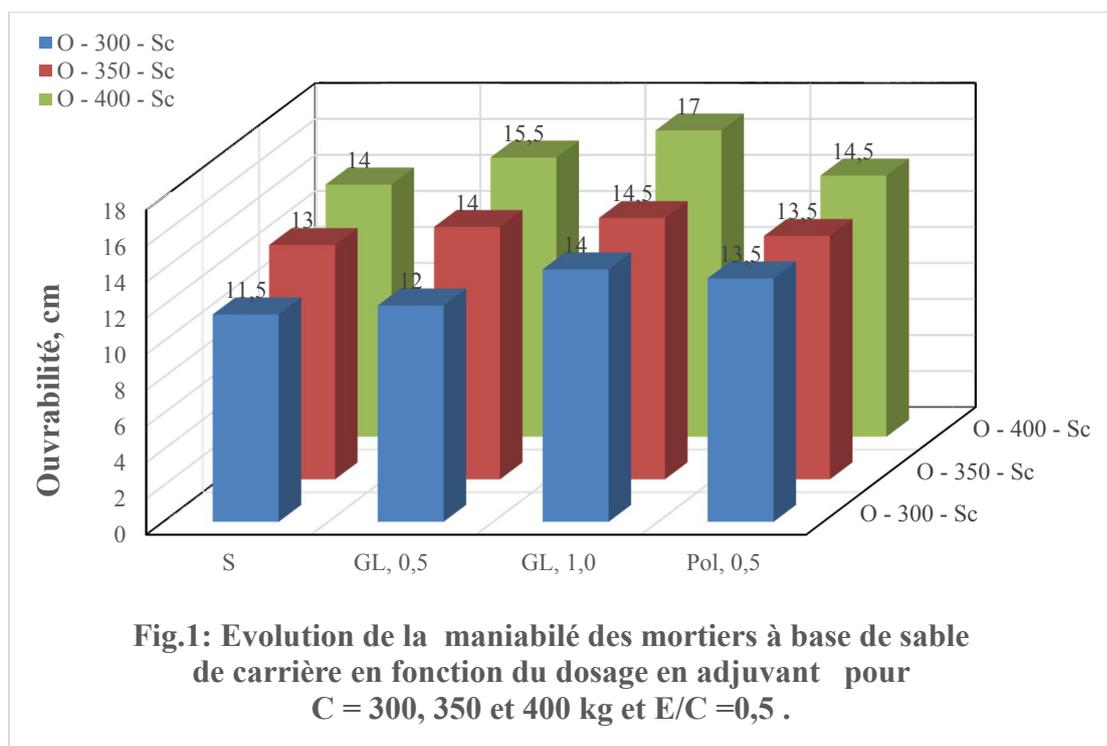
\* l'influence du rapport E/C (la quantité d'eau) sur les caractéristiques mécanique tel que la résistance à la compression, la résistance à la traction par flexion.

\* l'influence des différents dosages et différents types d'adjuvant sur la résistance à la compression des mortiers sur la résistance à la compression et à la traction par flexion.

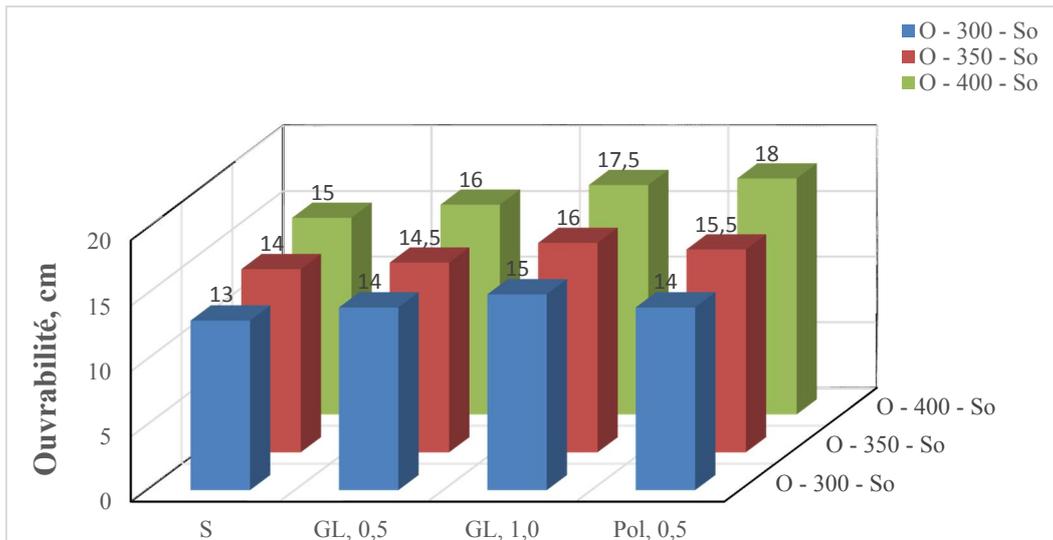
**1. Comportement du béton frais :**

L'ouvrabilité est une qualité essentielle du mortier, elle peut se définir comme la facilité de mise en œuvre du mortier.

D'après les figures 1 et 2 on remarque que l'ouvrabilité des mortiers augmente avec l'augmentation de dosage d'adjuvant (fluidifiant et retardateur de prise), quel que soit le dosage en ciment.

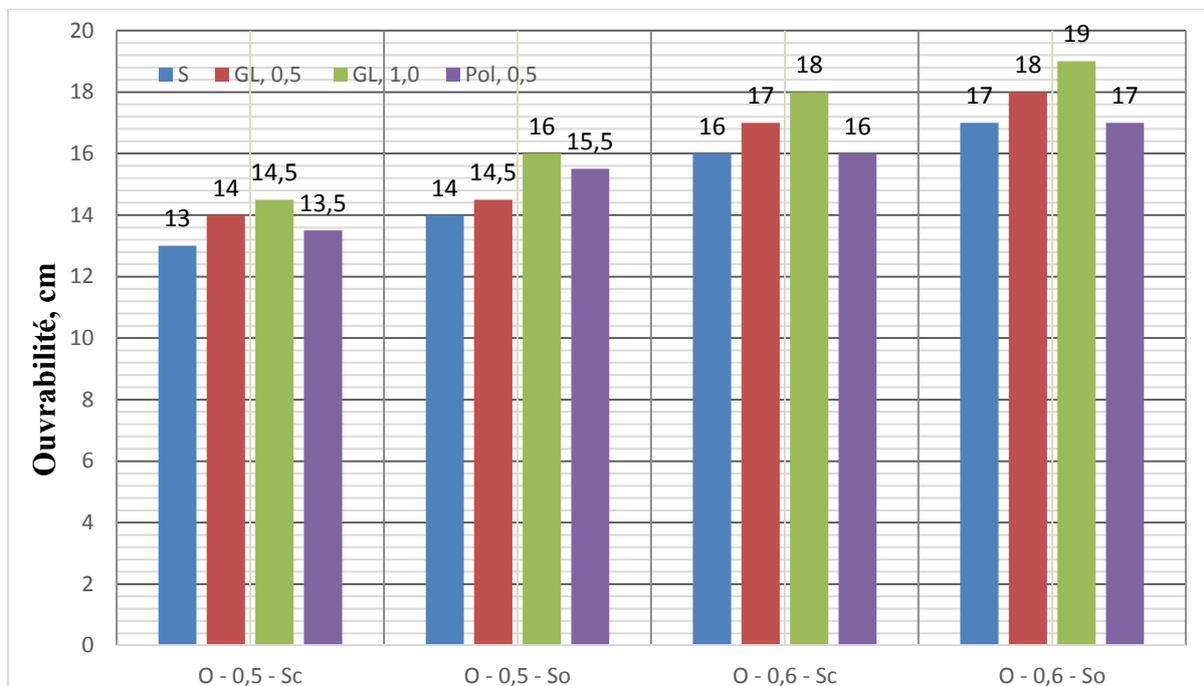


**Fig.1: Evolution de la maniabilité des mortiers à base de sable de carrière en fonction du dosage en adjuvant pour C = 300, 350 et 400 kg et E/C = 0,5 .**



**Fig.2: Evolution de la maniabilité des mortiers à base du sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour C = 300, 350 et 400 kg et E/C =0,5 .**

D'après la figure 3 on remarque que l'ouvrabilité des mortiers augmente lorsque le rapport E/C augmente, quel que soit le dosage d'adjuvant et on observe aussi que l'ouvrabilité pour le mortier à base de sable d'oued est supérieure à celle du mortier à base de sable de carrière.



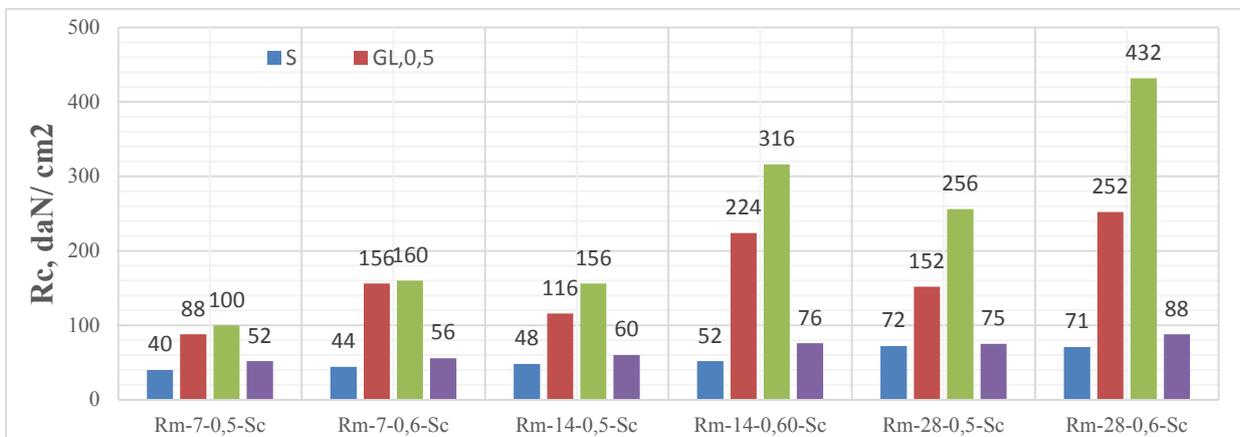
**Fig.3: Evolution de la maniabilité des mortiers à base du sable de carrière et sable d'oued en fonction du rapport E/C et du dosage en adjuvant pour C = 350 kg.**

**2. Résistance à la compression :**

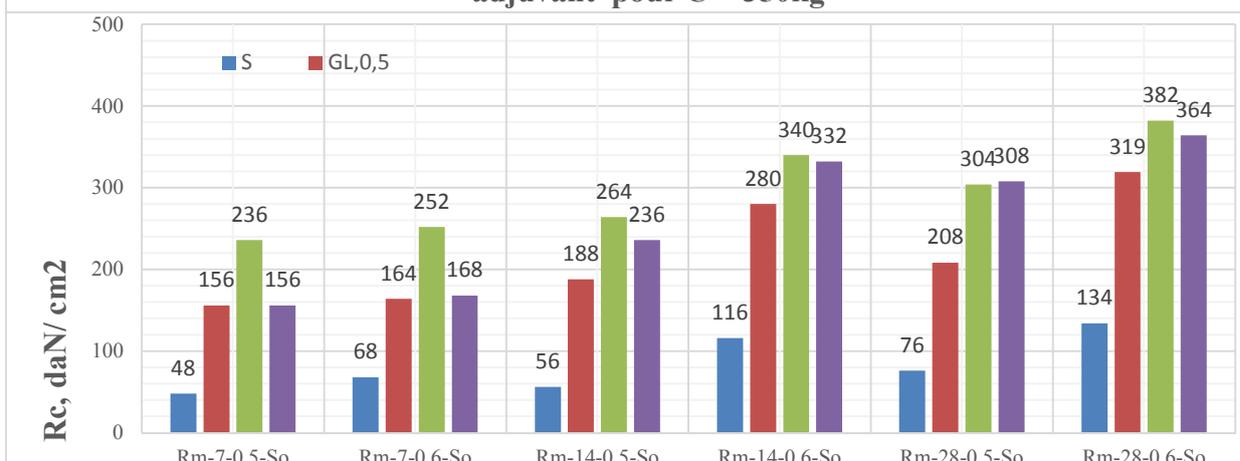
**2.1. L'influence du rapport E/C :**

Les figures 4 et 5 présentent la variation de la résistance à la compression des mortiers à base des deux sable en fonction de rapport E/C (0.5 et 0.6) pour le dosage de ciment C=350 kg et pour les différentes dosages des adjuvants. On remarque ce qui suit :

- les mortiers à base du rapport E/C=0.6 ont donné des meilleures résistances mécaniques par rapport au mortier avec E/C=0.5, ce qui explique un manque d'eau pour le rapport E/C=0.5.
- les résistances mécaniques, à 7, 14 et 28 jours, des mortiers à base du sable d'oued ont donné des résistances mécaniques plus importantes que celles des mortiers à base de sable de carrière.



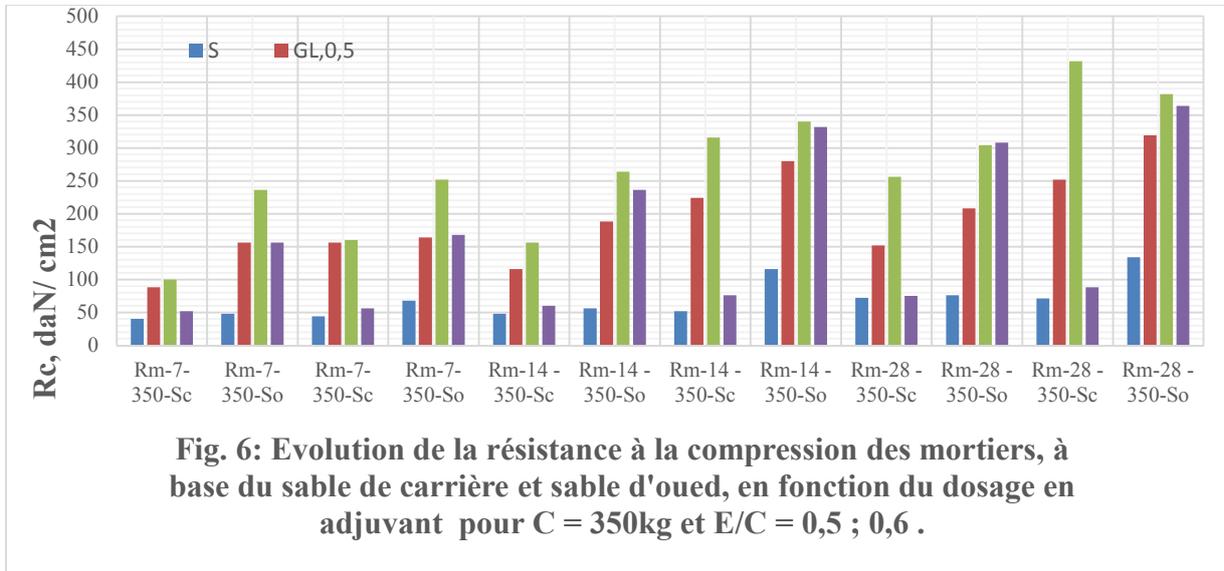
**Fig.4: Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base du sable de carrière , en fonction du rapport E/C et du dosage en adjuvant pour C = 350kg**



**Fig. 5: Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base du sable d'oued, en fonction du rapport E/C et du dosage en adjuvant pour C = 350kg**

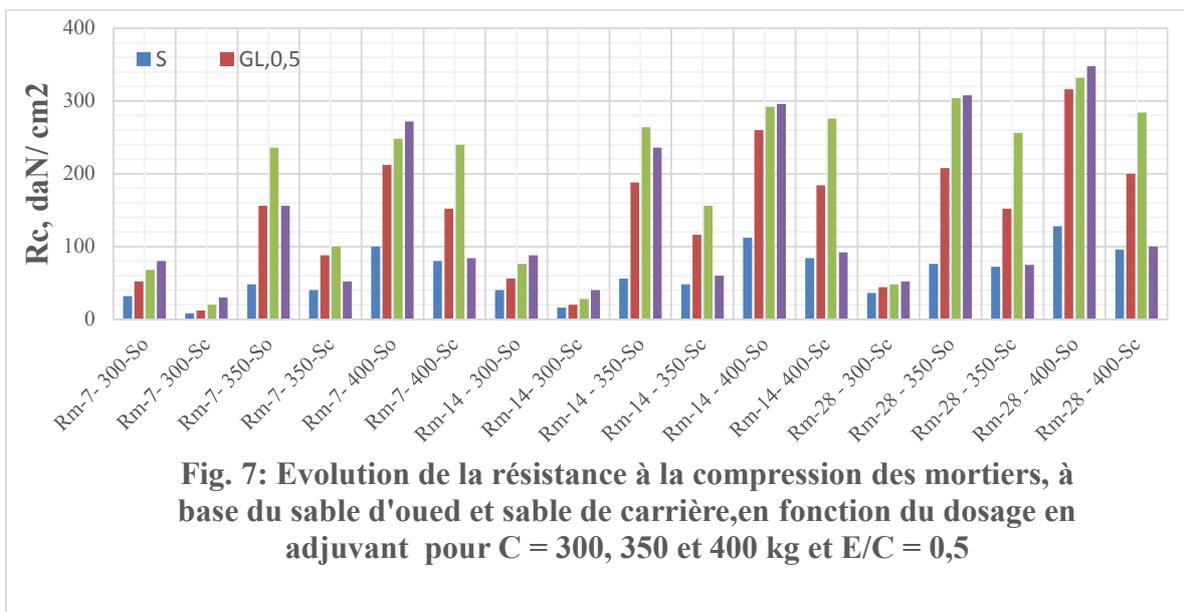
2.2. Influence de type de sable :

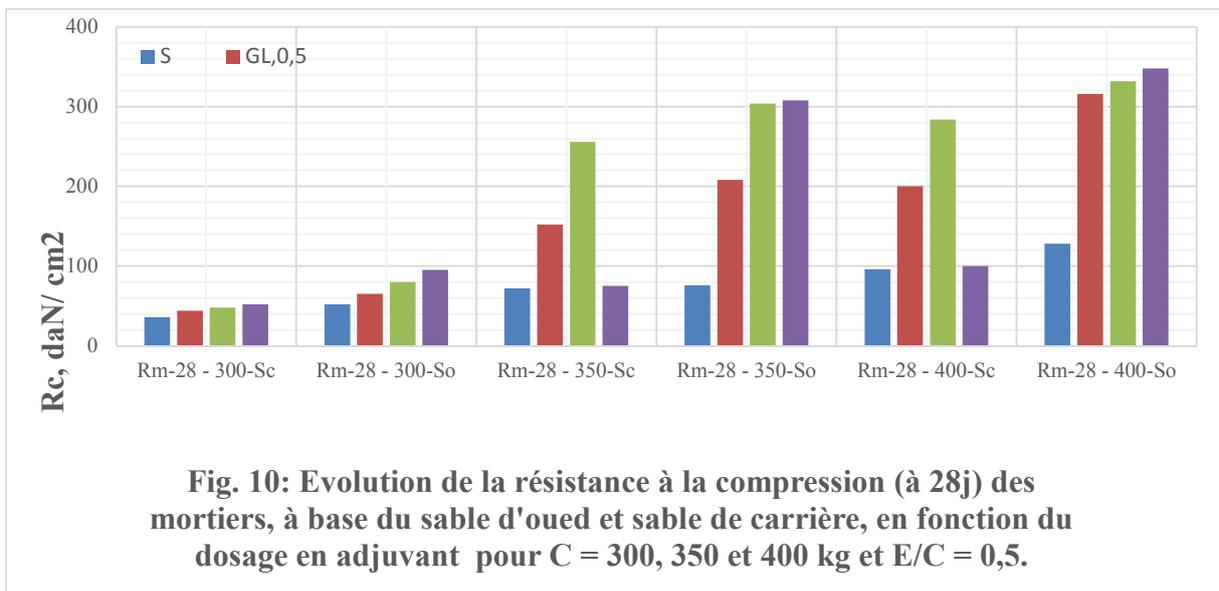
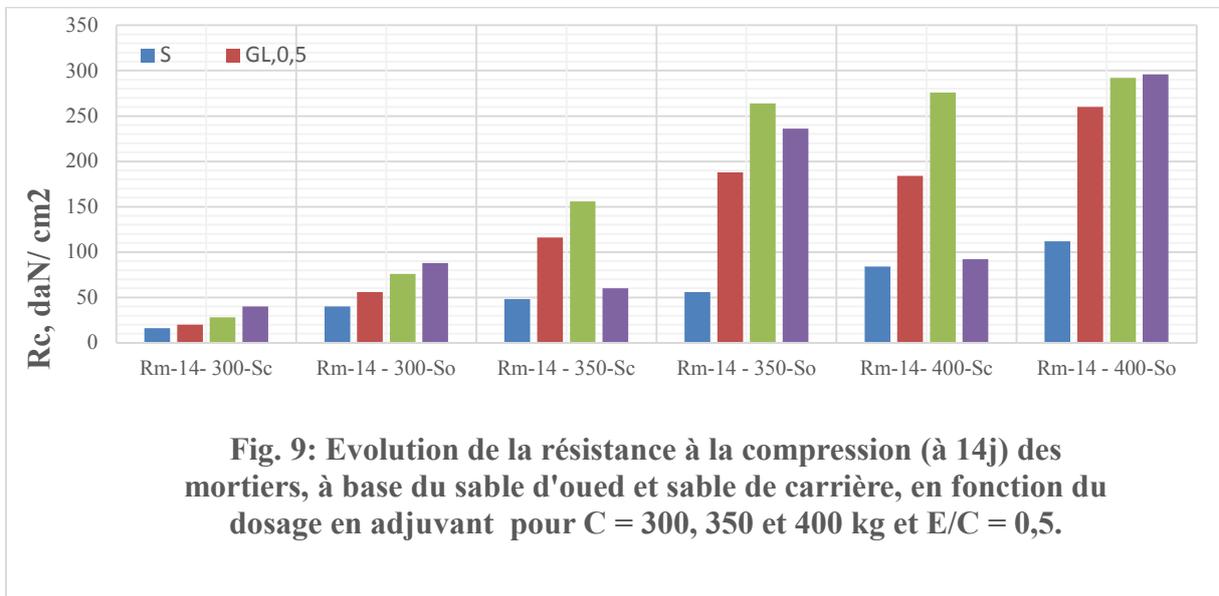
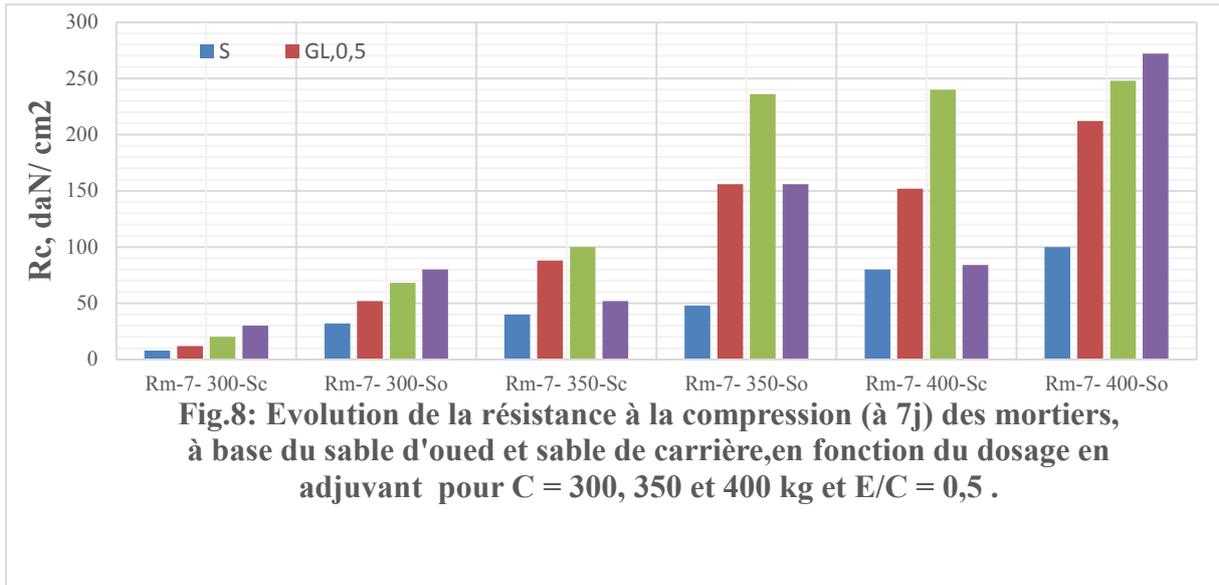
D’après la figures 6, on trouve que les résistances à la compression des mortiers à base de sable d’oued sont plus importantes que les résistances des mortiers à base de sable de carrière quel que soit le dosage en adjuvant et quel que soit le rapport E/C en fonction de temps de durcissement.



D’après les figures 7, 8, 9 et 10 on trouve que les résistances à la compression des mortiers à base de sable d’oued sont plus importantes que les résistances des mortiers à base de sable de carrière en fonction de temps de durcissement.

Et on observe aussi l’augmentation de la résistance avec l’augmentation du dosage en ciment.

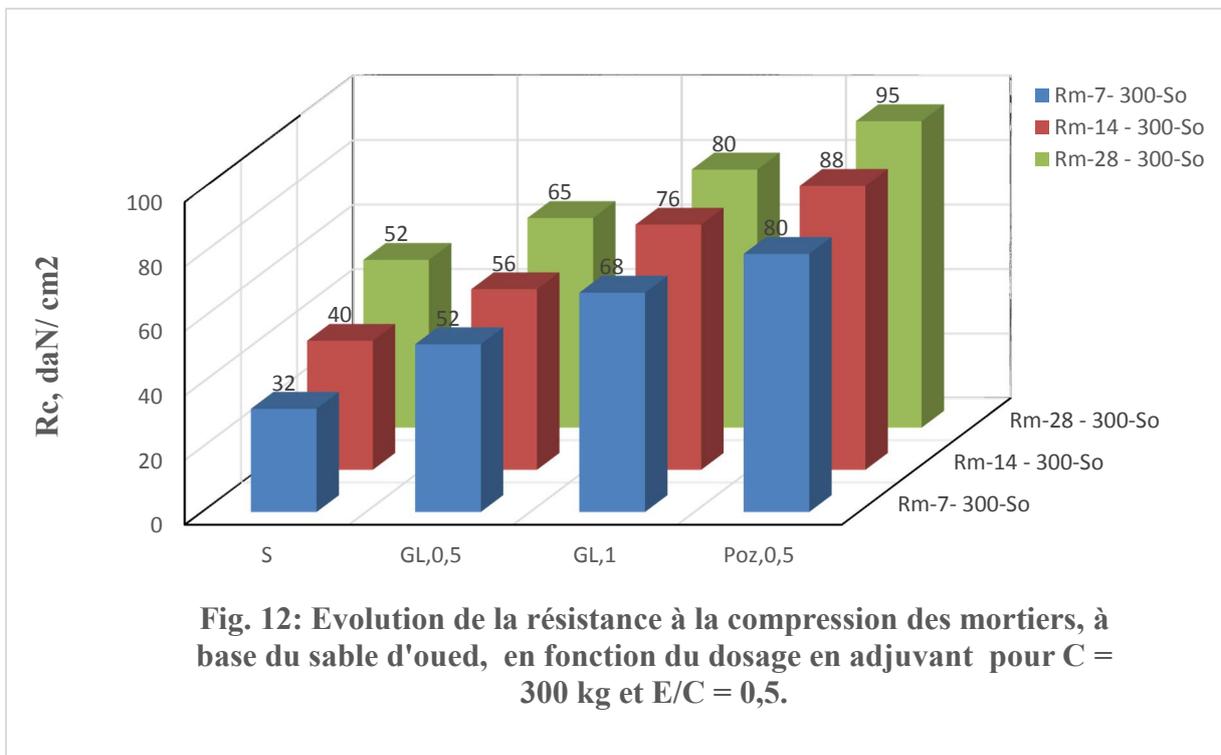
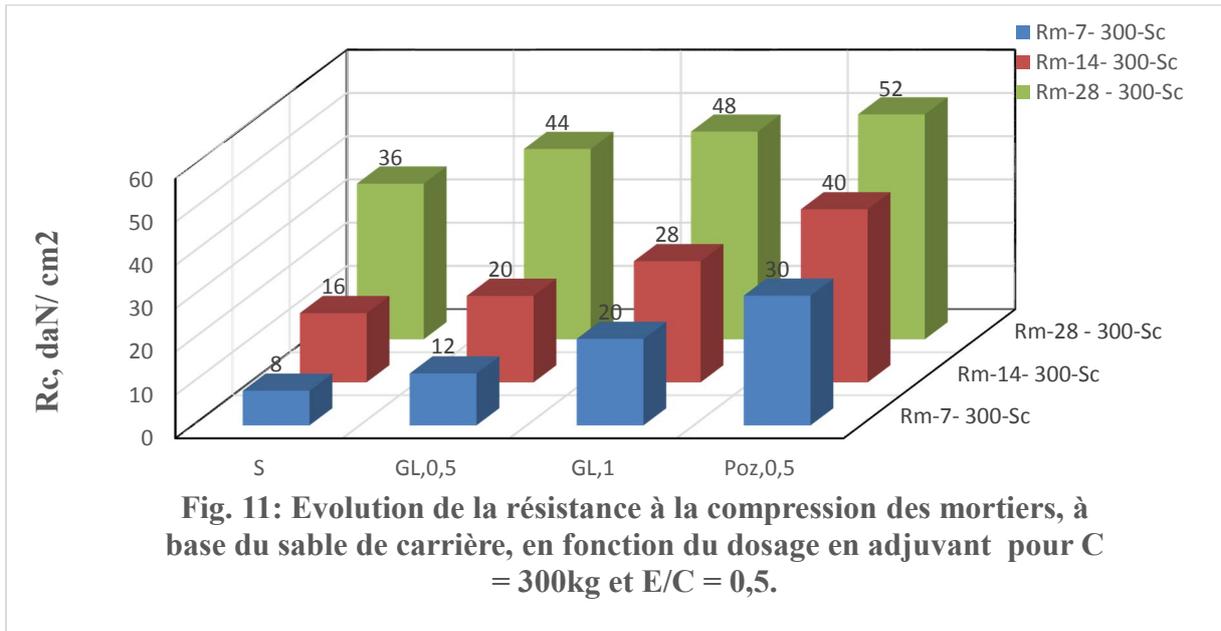




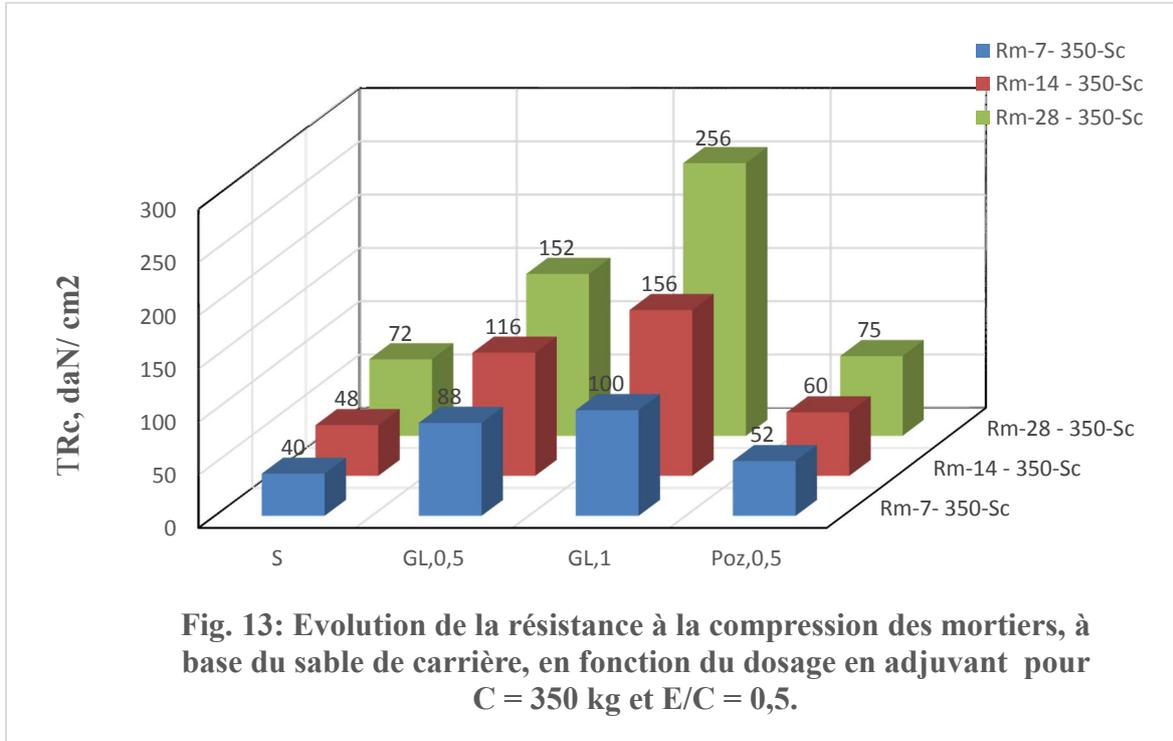
**2.3. Influence des adjuvants :**

Le mortier adjuvanté par un superplastifiant et retardateur de prise présente des résistances mécaniques meilleures que les résistances mécaniques à la compression des bétons sans adjuvants. Ce ci pour un durcissement à 7,14 et 28 jours.

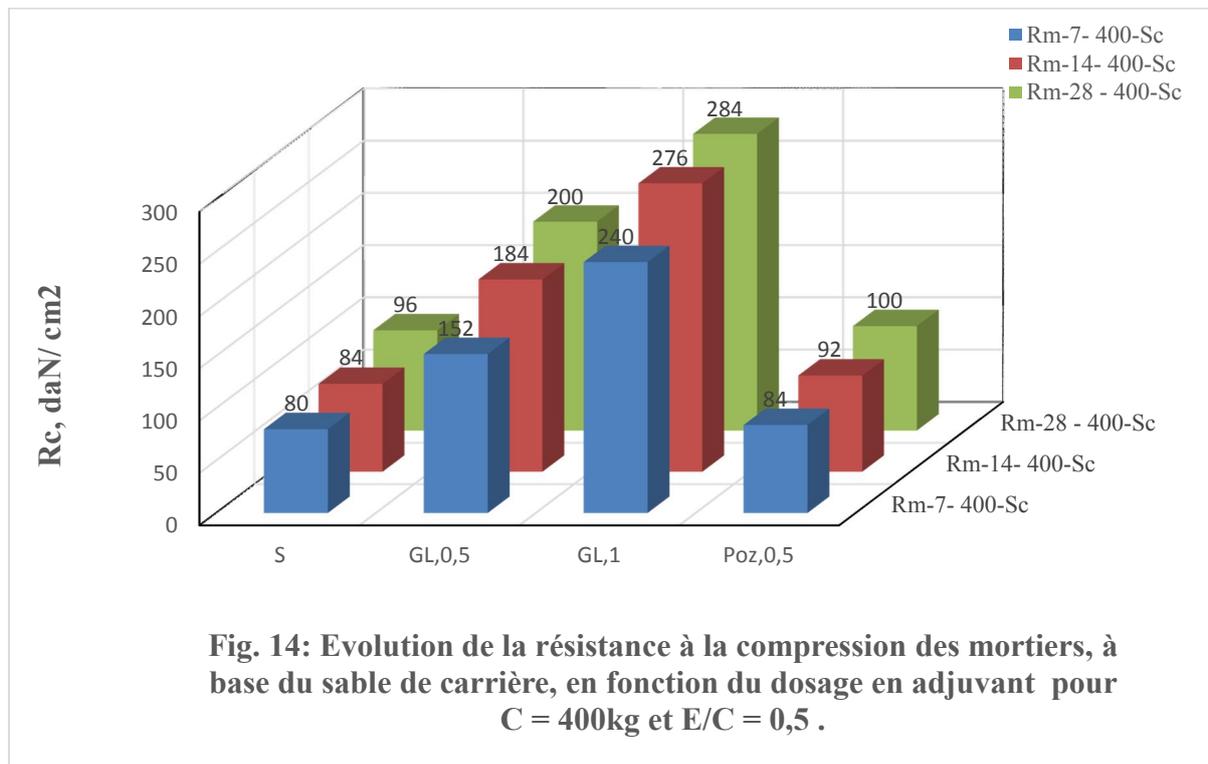
D'après les figures 11 et 12 on observe qu'il y a une augmentation de la résistance à la compression en fonction de l'augmentation du dosage en adjuvant (fluidifiant et retardateur de prise) et en fonction de temps de durcissement pour les deux types de sable.



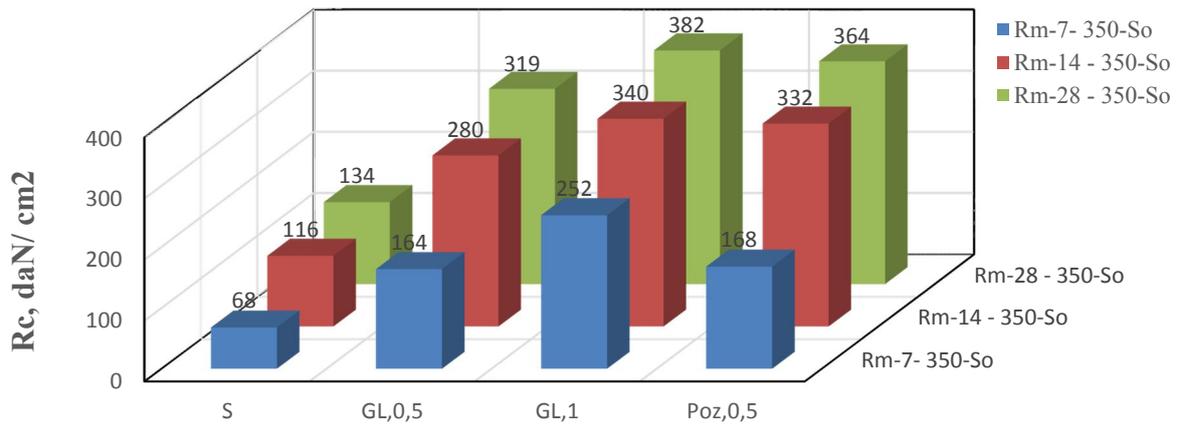
D'après les figures 13, 14, 15,16 et 17 on observe aussi une augmentation de la résistance mécanique des mortiers adjuvanté mais on observe une chute de résistance mécanique des mortiers adjuvanté par le retardateur de prise à base de sable de carrière pour du dosage du ciment : 350 et 400kg.



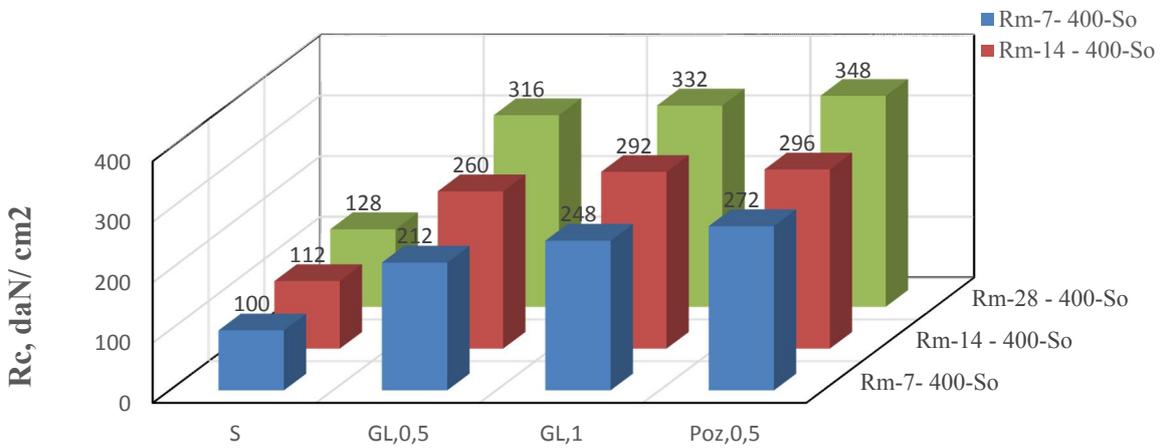
**Fig. 13: Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base du sable de carrière, en fonction du dosage en adjuvant pour C = 350 kg et E/C = 0,5.**



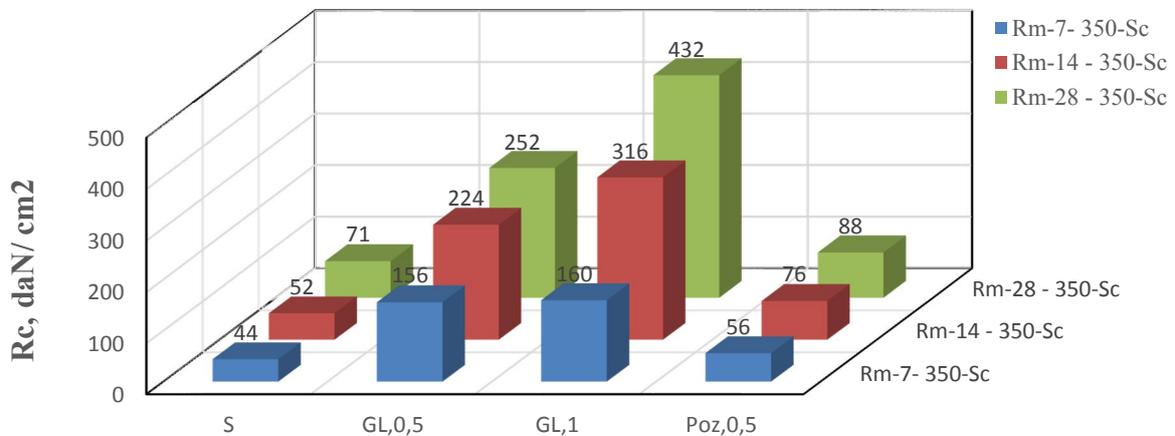
**Fig. 14: Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base du sable de carrière, en fonction du dosage en adjuvant pour C = 400kg et E/C = 0,5 .**



**Fig. 15: Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base du sable d'oued, en fonction du dosage en adjuvant pour C = 350kg et E/C = 0,6.**



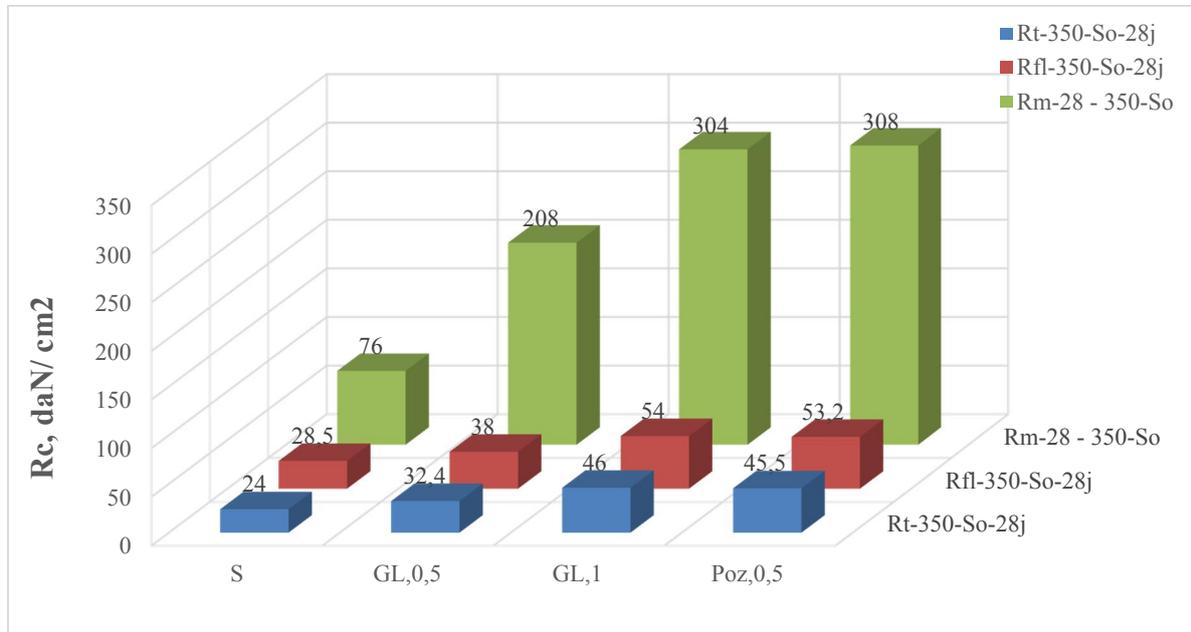
**Fig. 16: Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base du sable d'oued, en fonction du dosage en adjuvant pour C = 400kg et E/C = 0,5.**



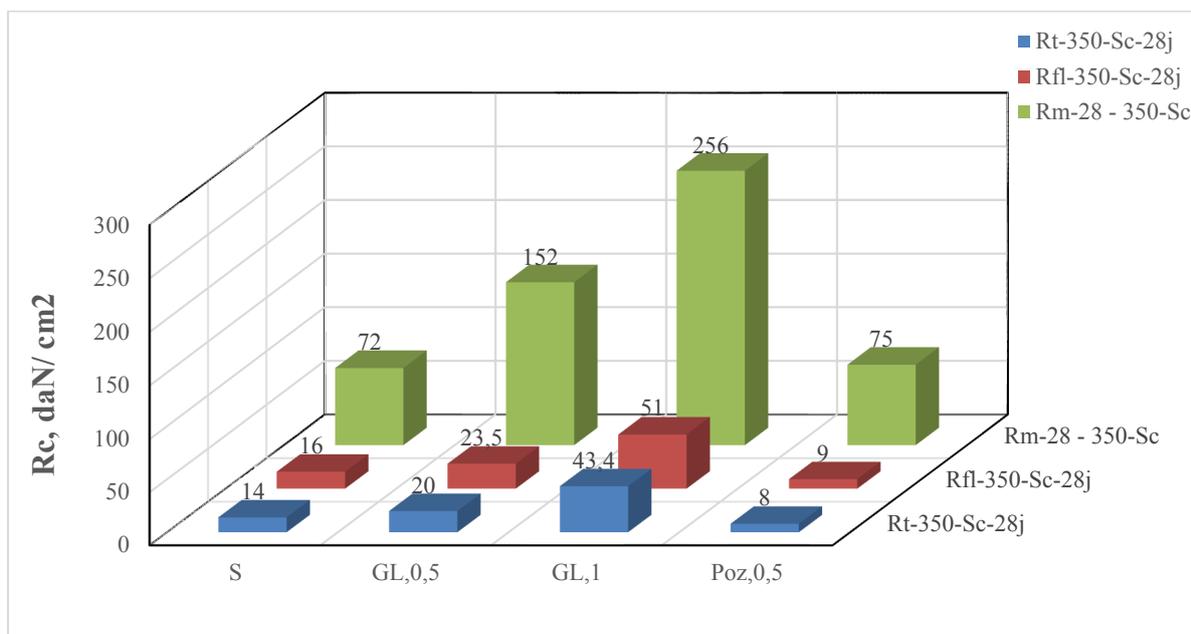
**Fig.17: Evolution de la résistance à la compression des mortiers, à base du sable de carrière, en fonction du dosage en adjuvant pour C = 350kg et E/C = 0,6.**

**3. comparaison de La résistance mécanique à la compression et à traction par flexion :**

Dans les figures 18 et 19 on trouve que les résistances à la compression pour tous types de mortier ont plus importantes par rapport aux résistances à la traction et la flexion.



**Fig.18: La résistance mécanique à la compression, traction et flexion des mortiers à base du sable d'oued en fonction du dosage en adjuvant pour le rapport E/C=0,5 et C = 350 kg.**



**Fig.19: La résistance mécanique à la compression, traction et flexion des mortiers à base du sable de carrière en fonction du dosage en adjuvant pour le rapport E/C=0,5 et C = 350 kg.**

**Conclusion :**

- ✚ le rapport E/C=0.6 présente des meilleures résistances mécaniques à la compression par rapport au mortier avec le rapport E/C=0.5.
- ✚ l'ouvrabilité des mortiers augmente avec l'augmentation d'E/C quel que soit le dosage en ciment.
- ✚ Le mortier avec superplastifiant et retardateur de prise présente une ouvrabilité plus élevée à celle des mortiers sans adjuvants, cette ouvrabilité augmente avec l'augmentation de pourcentage d'adjuvant.
- ✚ L'ajout du superplastifiant dans le mortier a provoqué une importante amélioration de l'ouvrabilité. Une importante amélioration de la résistance du mortier a été aussi enregistrée grâce à la réduction de la quantité d'eau nécessaire à l'obtention d'un mortier maniable
- ✚ L'ouvrabilité et les résistances mécaniques à base du sable d'oued sont supérieures à celles à base du sable de carrière.
- ✚ La résistance à la compression du mortier augmente en fonction de l'augmentation de dosage du ciment et en fonction de l'âge de durcissement des éprouvettes (de 7 à 28 jours).
- ✚ Aussi la résistance à la traction par flexion aussi est plus élevée lorsque le dosage de ciment augmente.
- ✚ La chute de la résistance mécanique des mortiers à base de sable de carrière adjuvanté par les retardateurs de prise pour les dosages des ciments : 350 et 400kg.
  
- ✚ Les résistances à la compression pour tous types de mortier ont plus importantes par rapport aux résistances à la traction et la flexion.

# **CONCLUSION GENERALE**

### Conclusion générale

- ✓ E/C=0.6 présente les meilleurs résultats de résistance mécanique par rapport au mortier avec E/C=0.5, ce qui explique un manque d'eau pour le rapport E/C=0.5.
- ✓ la quantité d'eau de gâchage utilisée dans le mortier à base de sable de carrière est plus importante que celle nécessaire pour le mortier à base de sable alluvionnaire, car le sable concassé est caractérisé par sa forme angulaire et la présence d'un taux élevé d'élément fin, d'où une importante absorption d'eau de gâchage.
- ✓ la résistance mécanique à la compression, traction et flexion du mortier à base de sable d'oued est légèrement supérieure à celle du mortier à base de sable de carrière.
- ✓ l'augmentation de la résistance à la compression, traction et flexion par l'augmentation de dosage de superplastifiant.
- ✓ l'ouvrabilité est une qualité essentielle du mortier, elle peut se définir comme la facilité de mise en œuvre du mortier, elle augmente avec l'augmentation du rapport E/C quel que soit le dosage en ciment et augmente aussi avec l'augmentation des dosages des adjuvants.
- ✓ l'ajout du retardateur de prise dans le mortier à base de sable d'oued a provoqué une importante amélioration d'ouvrabilité et de résistance mécanique surtout à long terme (28 jours) : ils sont souvent supérieurs à celles du mortier avec un 1% de superplastifiant.
- ✓ Par contre : l'introduction des retardateur de prise dans le mortier à base de sable de carrière a un effet négatif sur la résistance mécanique et ce ci explique l'influence de type de sable sur l'effet des adjuvants.

# **REFERENCES**

### LES REFERENCES :

- [1] **Ghomari Fouad**. Science des matériaux de construction .2011\*2012.disponible sur :  
<http://fsi.univ-tlemcen.dz/cours/granulats.pdf>.
- [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] **Belhocin aida, Nagoudi nadja** .étude expérimentale d'un mortier avec les ajouts minéraux, mémoire de master en génie civil, université Kasdi Merbah, Ouargla. 2014.
- [5] **George Dreux** .nouveau guide du béton ,3 éme édition .Edition Eyrolles .paris.1981.
- [6] **Véronique Baroghel-Bouny**. Caractérisation microstructurale et hydrique des pâtes de ciment et des bétons ordinaires et à très hautes Performances.2010.
- [7] **Amouri chahinaz** .contribution à l'étude de l'influence des différents ajouts sur les propriétés des matrices cimentaire (caractérisation, performance, durabilité), thèse de doctorat en science en génie civil, Université Mentouri, Constantine.2009.
- [8] Cimbéton. Guide de prescription du ciment pour des constructions durables. Paris. Octobre 2009 .disponible sur :  
<http://www.infociments.fr/telecharger/CT-T47.pdf>
- [9]Holcim. Guide pratique du béton : concevoir et mettre en œuvre des bétons durables. Suisse.2009. Disponible sur :  
[www.holcim.ch/fileadmin/templates/CH/doc/.../Guide\\_pratique\\_f.pdf](http://www.holcim.ch/fileadmin/templates/CH/doc/.../Guide_pratique_f.pdf).
- [10]**Iméne Joudi-bahri** .influence des sables fillérisés calcaires sur les propriétés des bétons courants et superplastifiés, thèse de doctorat, université lorraine France. 2012.
- [11] **Boutiba Aldjia** .accélération du durcissement par énergies renouvelables du béton frais et caractérisation du béton durci, thèse de magistère.
- [12] **Barakat A**. cour matériaux de carrière et de construction disponible sur :  
[www.fstbm.ac.ma/newfstv08/support/cours\\_matx.pdf](http://www.fstbm.ac.ma/newfstv08/support/cours_matx.pdf)
- [13] **Touzouti kamilia** .introduction aux nanociments et nanobéton ,mémoire de magistère , université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou .2012.

## Les références bibliographiques.

---

[14] **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.

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

[16] 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>

[17] Cimbéton. Les béton : formulation, fabrication et mise en œuvre, tome II. Paris, éditeur : cimbéton .octobre 2006. disponible sur :

[www.infociments.fr/telecharger/CT-G11.pdf](http://www.infociments.fr/telecharger/CT-G11.pdf)

[18] eau de gâchage et adjuvants .chapitre 3. Disponible sur :

<http://ensh.dz/files/Cours/1011/Mat%C3%A9riaux%20de%20construction/Eau%20et%20adjuvants.pdf>

[19] **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>

[20] **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.

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

[22] 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>

[23] Cimbéton. Les constituants des bétons et des mortiers .chapitre 2. Paris. Septembre 2005. disponible sur :

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

[24] **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>

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

## Les références bibliographiques.

---

- [26] mortier de maçonnerie industriels .juin 2002.disponible sur :  
[http://www.febelcem.be/fileadmin/user\\_upload/dossiers-ciment-94-08/fr/29\\_fr.pdf](http://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-94-08/fr/29_fr.pdf).
- [27] **Anissa bissa et Badreddine**. Étude de la contribution des additions minérales aux propriétés physiques, mécaniques et de durabilité des mortiers, thèse de doctorat, université de Cergy-pontoise. 2004.
- [28] **Benchaa Benabed<sup>1</sup>, Lakhdar Azzouz<sup>1</sup>, El-hadj Kadri<sup>2</sup>, Akram Salah Eddine Belaidi<sup>1</sup>, Hamza Soualhi<sup>2</sup>**. Propriétés physico-mécaniques et durabilité des mortiers à base du sable de dunes, université d'Amar Telidji de Laghouat, Algérie. 2012.
- [29] **Roussel, N., A. Lemaître, R. J. Flatt, and P. Coussot**. [2010] Steady state flow of cement suspensions: A micromechanical state of the art. *Cement and Concrete Research* 40(1): 77 84.2010.
- [30] **Brumaud, C**. [2011] Origines microscopiques des conséquences rhéologiques de l'ajout d'éthers de cellulose dans une suspension cimentaire. Thèse de doctorat, Université Paris Est.2011.
- [31] **Mahaut, F., S. Mokéddem, X. Chateau, N. Roussel, and G. Ovarlez**. Effect of coarse particle volume fraction on the yield stress and thixotropy of cementitious materials. *Cement and Concrete Research*38(11): 1276–1285.2008.
- [32] **guillaume francqueville**.la technologie du béton .France .disponible sur :  
[http://data.over-blog-kiwi.com/0/64/77/39/201306/ob\\_931aee7a9b0ba621867e53b37c2fd88a\\_la-technologie-du-beton.pdf](http://data.over-blog-kiwi.com/0/64/77/39/201306/ob_931aee7a9b0ba621867e53b37c2fd88a_la-technologie-du-beton.pdf).
- [33] **H. Nordmeyer**. Water-rebellent performance in pouzzolanic and traditional mortars. World of Coal Ash (WOCA), 7-10 mai 2007, Covington, Kentucky, USA.2007.
- [34] **K. Bonin**, The function of polymer dispersion powder in cement based dry mix products. Wacker Polymer Systems GmbH & Co. KG.2005.
- [35] **Edwige Nicolas** .Compatibilité et incompatibilité liants cimentaire/superplastifiant, thèse de doctorat en chimie du solide, université du Luxembourg.2010.
- [36] **N. BAKIR<sup>1</sup>, A. ISSAAD<sup>2</sup>, M. BEDDAR<sup>3</sup>**. 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.

## REFERENCES NORMATIVES

- NF EN 196-3 (aout 1995). Méthodes d'essais des ciments – partie 3 : Détermination du temps de prise et de stabilité (indice de classement P 15-473).
- NF EN 196-6 (aout 1990). Méthodes d'essais des ciments – partie 6: Détermination de la finesse (indice de classement P 15-476).
- NF EN 933-1 (déc. 1997). Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats- partie 1 : Détermination pour la granularité-Analyse granulométrique par tamisage (indice de classement P 18-622.1).
- NF EN1008 (juil.2003).Eau de gâchage pour béton-spécifications d'échantillonnage, d'essais et l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux des processus de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton (indice de classement p18-211).
- NF ENV 197-1 (fév.2001). Ciment- composition spécifications et critère de conformité des ciments courants (indice de classement P 15-101-1).
- NF P15-301 (déc.1981). Liant hydrauliques-vérification de la qualité des livraisons-emballage.
- NFP 18-406 (déc.1981). Bétons- Essai de compression.
- NF P 18-407(déc.1981). Bétons- Essai de flexion.
- NFP 18-540 (oct.1997). Granulats- définition conformité spécification (indice de classement P 18-540).
- NF P 18-554 (oct.1990). Granulats-mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de teneur en eau des gravillons et cailloux.
- NF P 18- 555 (oct.1990). Granulats-mesures des masses volumiques, du coefficient d'absorption et de teneur en eau des sables.
- NF P 18 - 573 (déc.1990). Granulats- Essai de Los-Angeles.
- NF P18 - 598 (oct.1991). Granulats- Equivalent de sable.
- NF P18-934-2 (sep.2002). Adjuvant pour béton, mortier et coulis – adjuvant pour béton- définition, exigences, conformité, marquage et étiquetage (indice de classement P 18-342).

# **ANNEXES**

## Annexe 1 :

### Méthode de formulation Skramtaiv :

#### 1. Le rapport C/E :

- Pour les bétons plastiques et très plastiques on a  $\frac{C}{E} \leq 2.5$  ( $\frac{E}{C} \geq 0.4$ ) Donc :

$$R_b = A R_c \left( \frac{C}{E} - 0.5 \right) \quad \Rightarrow \quad \frac{C}{E} = \frac{R_b}{A R_c} + 0.5$$

- Pour les bétons ferme et très ferme on a  $\frac{C}{E} > 2.5$  ( $\frac{E}{C} < 0.4$ ) Donc :

$$R_b = A_1 R_c \left( \frac{C}{E} + 0.5 \right) \quad \Rightarrow \quad \frac{C}{E} = \frac{R_b}{A_1 R_c} - 0.5$$

Les valeurs A et  $A_1$  sont des coefficients dépendants de la qualité des matériaux utilisés, du liant et agrégat et tire du **tableau A<sub>1</sub>** :

Type du liant et agrégat	A	$A_1$
Bon	0.65	0.43
Moyen	0.60	0.40
Mauve	0.55	0.37

#### 2. La dépense en eau :

La quantité d'eau l/m<sup>3</sup> tiré de **tableau A.2** en fonction de la qualité de béton désiré (Liquide, plastique, ferme), diamètre du plus gros grain d'agrégat utilisé, qualité de ciment et de gravier.

**Tableau A.2 :**

La quantité d'eau $\ell / m^3$ en fonction du diamètre du plus gros grain d'agrégat				Propriétés des bétons	
70	40	20	10	Maniabilité, sec.	Affaissement, cm
115	120	130	145	200-150	0
120	125	135	150	120-90	0
125	130	145	160	80-60	0
130	135	150	165	50-30	0
140	145	160	175	30-15	0
145	155	170	185	-	2-1
160	165	180	195	-	4-3
165	170	185	200	-	6-5
170	175	190	205	-	8-7
175	185	200	215	-	10-9

**3. La dépense en ciment :**

$$C = \frac{C}{E} \cdot E \quad , (\text{Kg} / m^3)$$

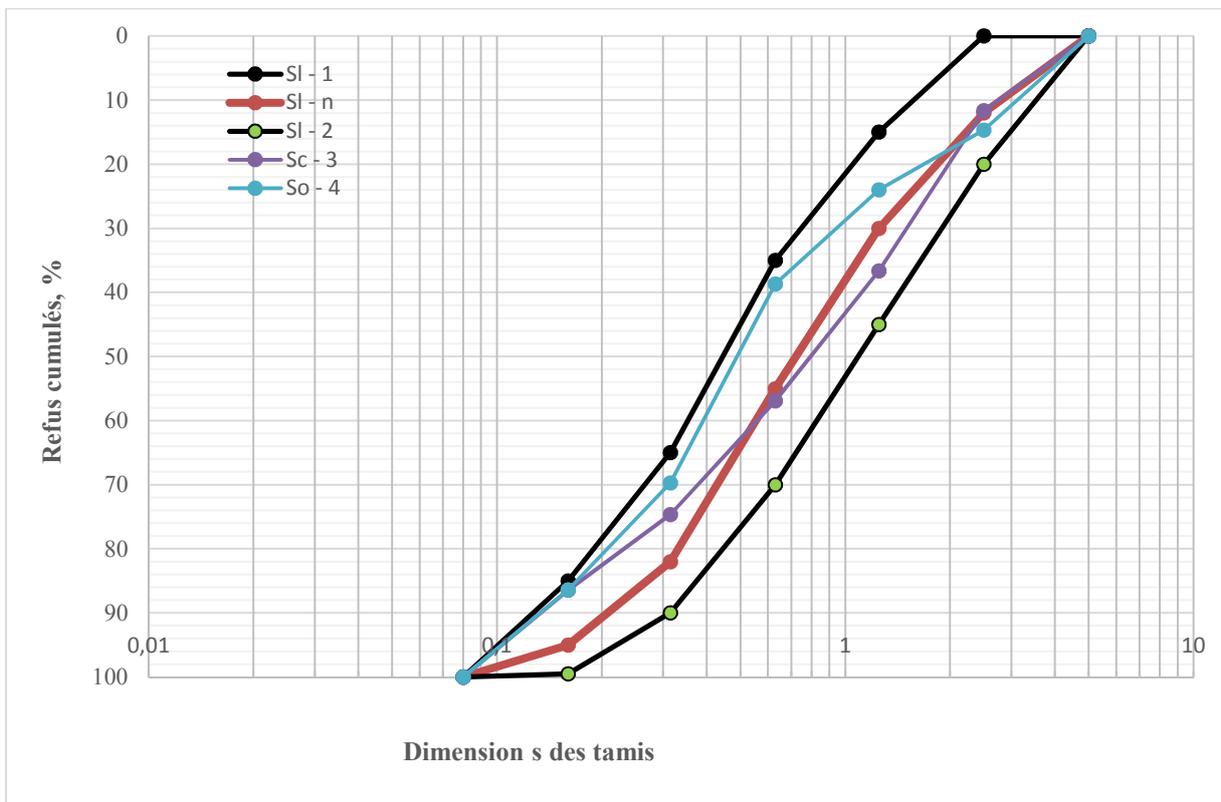
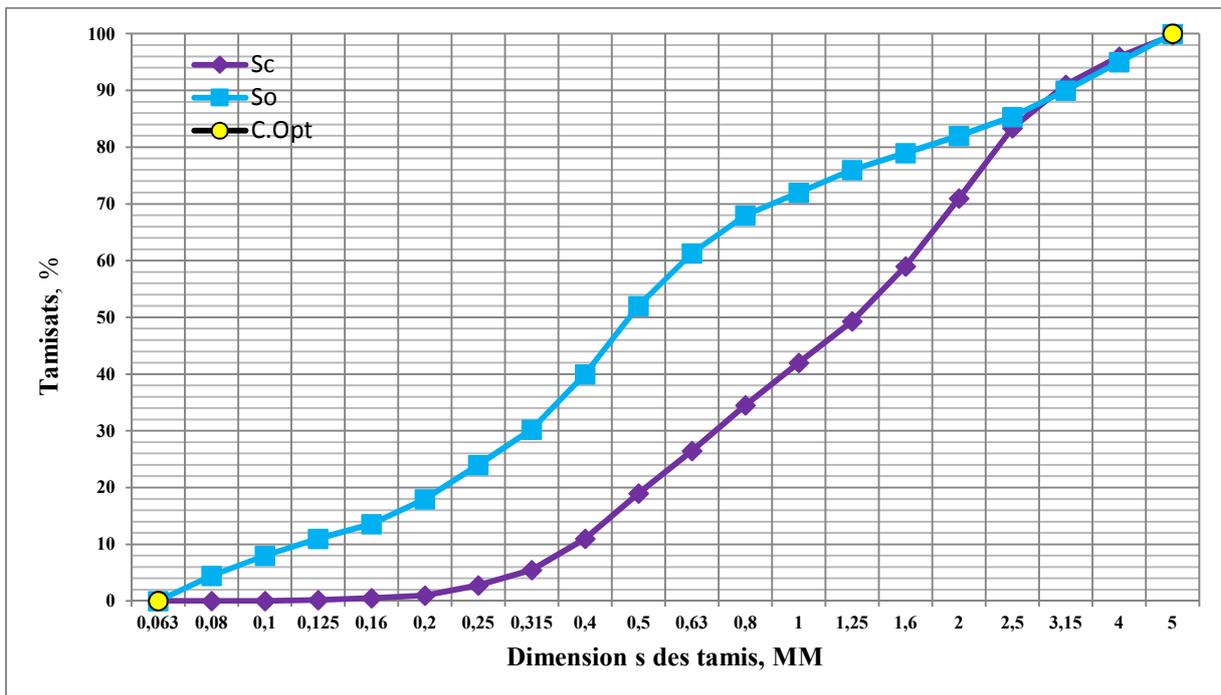
**4. La dépense en pierre concassée :**

$$PC = \frac{1000}{V_{vol.pc} \left( \frac{\alpha}{\gamma_{vol.pc}} + \frac{1}{\rho_{pc}} \right)} \quad , (\text{Kg} / m^3)$$

**5. La dépense en sable:**

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{C}{\rho_c} + \frac{E}{\rho_e} + \frac{PC}{\rho_{pc}} \right) \right] \cdot \rho_s \quad , (\text{Kg} / m^3)$$

**Annexe 2 : Résultats des Courbes granulométriques des sables de carrière et du sable d'oued Lioua (Sc, So).**



# GLENIUM<sup>®</sup> 27

**Superplastifiant haut réducteur d'eau pour béton à faible E/C, hautes performances et long maintien d'ouvrabilité.**

## Description

Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 est un adjuvant non chloré d'une nouvelle génération chimique à base d'éther polycarboxylique modifié. Cet adjuvant a été développé pour l'utilisation dans l'industrie du béton où haute qualité, durabilité, performance et ouvrabilité sont requises.

## La nouvelle chimie du GLENIUM<sup>®</sup>

Le GLENIUM<sup>®</sup> se différencie des superplastifiants traditionnels par son action nouvelle et originale qui améliore de façon très significative le pouvoir dispersant sur le ciment.

Cette nouvelle structure chimique agit sur le grain de ciment par répulsion électrostatique et effet stérique, c'est à dire en créant un obstacle physique au rapprochement des particules de ciment. L'état dispersé est ainsi amélioré.

De plus, cette réaction est la combinaison de deux actions successives. Dès l'incorporation du GLENIUM<sup>®</sup> dans le mélange cimentaire, une première partie active agit immédiatement et la seconde est présente mais inactive.

L'hydratation du ciment, qui se déroule normalement, fait évoluer le pH du mélange vers la basicité, ce qui provoque la libération progressive des molécules complémentaires.

Celles-ci travaillent de la même manière que les premières et prolongent donc l'état de dispersion évitant ainsi la floculation et donc le raidissement précoce du mélange.

## Domaines d'application

Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 est particulièrement recommandé pour l'élaboration de béton nécessitant un long maintien d'ouvrabilité et des performances mécaniques initiales élevées.

Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 est donc adapté à l'industrie du béton prêt-à-emploi et aux chantiers de Génie Civil.

## Propriétés

L'excellent effet de dispersion du GLENIUM<sup>®</sup> 27 permet de conserver une maniabilité très plastique ou fluide pendant plus de 1 heure 30 avec un faible rapport eau/ciment et sans effet de retard de prise. Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 apporte les avantages suivants au niveau de la mise en place, des performances et de la qualité intrinsèque du béton:

### Augmente

- La résistance à la compression à jeune âge et à long terme.
- La résistance à la flexion à jeune âge et à long terme.
- Le module d'élasticité.
- L'adhérence sur les aciers.
- La résistance à la carbonatation.
- L'imperméabilité.
- La résistance aux agressions atmosphériques.
- La qualité des parements et de la texture du béton.

### Diminue

- La vibration
- Le retrait
- Le risque de fissuration
- Le fluage.

## Caractéristiques

Aspect	liquide
Couleur	brun
Masse volumique	1,05 ± 0,02 g/cm <sup>3</sup>
pH	7,0 ± 1
Teneur en chlorures	< 0,1%
Extrait sec	20 ± 2 %
Na <sub>2</sub> O eq	< 2 %
Transport	non classé
Etiquetage	Pas de symbole exigé



The Chemical Company

# GLENIUM<sup>®</sup> 27

## Mode d'emploi

Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 est un adjuvant pour béton qui doit être incorporé isolément. L'effet optimal est obtenu par incorporation du GLENIUM<sup>®</sup> 27 dans le béton en différé, c'est-à-dire après l'addition de 70% de l'eau de gâchage dans le malaxeur. Toutefois il est possible d'incorporer le GLENIUM<sup>®</sup> 27 dans l'eau de gâchage.

Eviter d'ajouter le GLENIUM<sup>®</sup> 27 sur les granulats.

## Recommandations

En cas de gel, réchauffer le produit jusqu'à une température proche de + 30°C et agiter mécaniquement.

## Compatibilité

Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 est compatible avec la majorité des ciments.

Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 n'est pas compatible avec certains plastifiants et superplastifiants. Consultez votre représentant local BASF CC pour toute synergie.

Il est utilisé en synergie avec :

- Micro-Air<sup>®</sup> 200 et 104
- Pozzolith<sup>®</sup> 555
- Glenium<sup>®</sup> Activator
- Meyco<sup>®</sup> MS 610, Rheomac<sup>®</sup> SF 920
- Glenium<sup>®</sup> Stream, Rheomac<sup>®</sup> 885F
- Meyco<sup>®</sup> SA 160, 162, 167

## Dosage

### Plage normale d'utilisation:

0,3 à 2,0 % du poids du ciment, soit 0,28 à 1,90 litres pour 100 kg de ciment.

Pour d'autres utilisations, consultez votre représentant local BASF CC.

## Conditionnement

Container de 1000 L, fût de 208 L, Bidon de 25 L ou vrac.

## Stockage

Stocker le GLENIUM<sup>®</sup> 27 dans des conditions de températures supérieures à + 5°C.

## Précautions d'emploi

Le GLENIUM<sup>®</sup> 27 ne contient aucune substance exigeant un label particulier.

## Rapport de Qualité

Tous les produits élaborés par BASF ou importés par les sociétés filiales de BASF à travers le monde, sont certifiés conformes aux exigences des systèmes de gestion de qualité et d'environnement ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001.

09/09 BASF\_CC-ALGERIA

\* Les propriétés énumérées sont seulement à titre de conseils.

## Sarl BASF Construction Chemicals Algeria.

Phone: +213 (0) 21.30.95.09 / 12

Fax: +213 (0) 21.30.95.19 / 12

Zone d'Activité de Baba Ali - District 05 Ilot 03 - Saoula-Alger, ALGERIE.

**BASF - The Chemical Company**  
[www.basf-cc.com](http://www.basf-cc.com)

*Nos fiches techniques ont pour objectif de vous conseiller d'après nos connaissances les plus récentes, nous nous réservons donc le droit de modifier à tout moment le contenu de celles-ci. L'emploi des produits doit être adapté aux conditions spécifiques à chaque situation. Pour toute précision complémentaire, nous vous conseillons de prendre contact avec votre représentant BASF Construction Chemicals.*

# POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4

## Plastifiant, retardateur de prise à haute performance.

### Description

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 est un adjuvant liquide exempt de chlorure dont l'emploi est recommandé pour les bétons où le retard de prise est recherché.

### Domaines d'application

- Béton prêt à l'emploi.
- Béton retardé pour le transport
- Bétonnage par temps chaud.
- Béton de masse.
- Pieux et parois moulées.
- Reprises de bétonnage.
- Béton pompé.
- Mortier retardé.

### Utilisation type

Par temps chaud, le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 permettra de retarder le début de prise du béton par ralentissement des réactions d'hydratation du ciment. Il maintiendra ainsi la maniabilité du béton frais pendant au moins 1 heure.

### Propriétés

- Augmente considérablement la cohésion du béton et limite ainsi la ségrégation.
- Augmente et maintient la maniabilité du béton permettant ainsi sa mise en œuvre même par temps chaud.
- Diminue le retrait.
- Améliore l'aspect fini au décoffrage.
- Facilite le pompage.
- Accroît la compacité des bétons peu dosés en agrégats de faibles calibres.
- Augmente l'imperméabilité réduisant ainsi la corrosion des aciers.
- Améliore la résistance aux agressions climatiques.

### Conditionnement

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 est disponible en cubitainer de 1000 litres, en fût de 210 litres ou en bidon de 25 litres.

### Compatibilité

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 est compatible avec tous les types de ciment de Portland y compris le ciment résistant aux sulfates.

En cas d'utilisation d'autres adjuvants avec le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4, il est nécessaire qu'ils soient introduits au mélange séparément.

### Action

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 agit efficacement sur les particules de ciment en combinant à la fois les effets d'un puissant plastifiant et d'un défloculant.

### Caractéristiques\*

Aspect	Liquide brun foncé
Masse volumique	1,150 g/cm <sup>3</sup> ± 0,005
Entraînement d'air	0 à 1% selon le dosage
Teneur en chlorure (BS 5075 : 1982)	Nulle
Point de congélation	0°C
Point éclair	Non concerné

### Normes

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 est conforme aux normes suivantes :

- ASTM C-494 : Types B and D.
- BS 5075 : Part 1.

### Mode d'emploi

La performance optimale est obtenue lorsque l'adjuvant est dilué dans l'eau de gâchage.

Ne jamais rajouter le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 sur du ciment encore sec.

### Dosage

Le dosage optimal de POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 doit être déterminé par des essais préalables.

A titre indicatif, un dosage compris entre 200 ml et 560 ml pour 100 kg de ciment est recommandé comme point de départ pour tout essai.

Un dosage supérieur à 1 litre pour 100 kg de ciment peut être employé selon l'effet recherché.



The Chemical Company

# POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4

## Effets d'un surdosage

Un surdosage important du POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 aura pour conséquences :

- Un retard des début et fin de prise.
- Une légère augmentation de l'entraînement d'air.
- Une augmentation de la fluidité.

La résistance ultime du béton ne sera pas affectée et sera même augmentée, sous réserve de l'utilisation de méthodes de cure appropriées.

L'effet retardataire d'un dosage important est plus accentué en cas d'utilisation de ciment CRS.

Les temps de début et fin de prise dépendent fortement du type de ciment employé et de la température ambiante.

## Stockage

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 doit être conservé à l'abri du soleil dans des conditions de températures supérieures à +5°C.

En cas de gel, réchauffer le produit jusqu'à une température proche de +30°C, et agiter mécaniquement.

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 se conserve 24 mois dans son emballage d'origine fermé, à compter de sa date de fabrication.

Ne pas se conformer aux conditions de stockage recommandées peut entraîner la détérioration prématurée du produit ou de l'emballage.

## Précautions d'emploi

Le POZZOLITH<sup>®</sup> CRP 4 ne présente aucun risque sanitaire ou d'inflammabilité.

En cas de contact avec la peau ou les yeux, rincer abondamment à l'eau courante.

Pour de plus amples informations, se référer à la fiche de données de sécurité.

## Rapport de Qualité

Tous les produits élaborés par BASF ou importés par les sociétés filiales de BASF à travers le monde, sont certifiés conformes aux exigences des systèmes de gestion de qualité et d'environnement ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001.

09/09 BASF\_CC-ALGERIA

\* Les propriétés énumérées sont seulement à titre de conseils.

## Sarl BASF Construction Chemicals Algeria.

Phone: +213 (0) 21.30.95.09 / 12

Fax: +213 (0) 21.30.95.19 / 12

Zone d'Activité de Baba Ali - District 05 Ilot 03 - Saoula-Alger, ALGERIE.

**BASF - The Chemical Company**  
**www.basf-cc.com**

*Nos fiches techniques ont pour objectif de vous conseiller d'après nos connaissances les plus récentes, nous nous réservons donc le droit de modifier à tout moment le contenu de celles-ci. L'emploi des produits doit être adapté aux conditions spécifiques à chaque situation. Pour toute précision complémentaire, nous vous conseillons de prendre contact avec votre représentant BASF Construction Chemicals.*