

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



N° :

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

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

Par : - **ZAIDI Imane**
- **BEN ABDELAZIZ Saloua**

Intitulé

**Etude de l'effet de la nature de l'adjuvant sur les
propriétés physico – mécanique d'un mortier soumis
à hautes températures**

Le : 01 Juin 2017

Soutenu devant le jury composé de :

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

Année universitaire : 2016 /2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ"

تورہ لہ ۱۸۹

"صدق اللہ العظیم"



REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, Nous tiens à remercions « ALLAH »
le Tout Puissant de m'avoir donné le courage, la
volonté, la force et la patience pour mener ce
travail.*

*Nous remercions nos encadreurs Professeur
« RAHMOUNI ZINE EL ABIDDINE » et remercions
Mlle Docteur TEBBAL NADIA pour leurs
disponibilités, et l'aide qu'ils nous ont fournie et
de leur immense disponibilité, sans oublier leur
gentillesse.*

*Nous remercions toutes personne qui nous a aider
de près ou de lion pour terminer notre travail.*

*Nous tenons également à remercier les membres
du jury qui ont accepté de juger notre travail,
ainsi que tous mes enseignants du département*

De génie civil.

*Et toutes nous amies de la promotion 2017 de la
spécialité « Matériaux de construction » et
«Structures».*

*Mes derniers remerciements vont à mes parents
et les parents de ma cammarade pour m'avoir
toujours poussé dans notre études; de m'avoir
transmis les bonnes valeurs*

Dédicaces

Louange à Allah Maître de l'univers et paix et salut sur
notre prophète Mohamed



✿ Je dédie cette mémoire à..... ✍

mon père «**Lakhdar**» mon premier encadrant depuis ma
naissance et qui peut être fier et trouver ici le résultat de
longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à
avancer dans la vie

A ma très chère mère «**Fatiha**» qui a œuvré pour ma
réussite, de par Son amour, son soutien, tous les sacrifices
consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance
et sa présence dans ma vie,

Ma sœur «**Hamida**» et mes frère « **El hadj**»

Et « **Mohamed amin**»

A tous mes famille «**Zaidi**» «**Mameri**» et « **Toumi**»

Surtout Ma tant «**Fatoom** » et son enfants

Et sans oublier **Abasse Hamdi** qui m'ont accompagné et

Soutenu durant cette année

Z.Imane... ✍

Dédicaces

Louange à ALLAH Maître de l'Univers, et paix et salut sur notre prophète MOHAMMED

صلى الله عليه وسلم

Je dédie de modeste travail
A Mon cher père « Zizi Abid » qui m'a donné
durant toute sa vie :
L'amour, le soutien, l'éducation, le courage, l'espoir
et le vouloir de vivre
parmi les meilleurs. Et qui m'a
Laisse la fierté d'être sa fille.
Ma chère « Yéma Akila »
qui a bien veillée à notre éducation :
Merci de m'avoir donné et appris tout
Ce qu'il y a de meilleur, L'amour, La Tolérance, La
joie de vivre,
Mais aussi le gout du travail bien fait,
Sachez que je serais toujours là pour vous.
Amon grand père hemimi « Ahmed », Rabi yarahmo
w yskno fi jnanh
A mes grandes mères : Mgouda « rabi yrhamha » Et
Saadia rbi ytwlna fi 3morha.
Mes frères : Yacine « rabi yrhmo »,
Yacine « sa femme »
et Karim « sa femme » Mes soeurs : Adada « son
marie », Farida « son marie »
Et Meriem « son marie ».
Ma très chères a plus proches de mon coeur :
INESS MAGDODA, MAYA ET RANIA « RABI
YARHAMHA », RANIA, SIRINE, Nada et
MOHEMD.

B. saloua

RESUME

Ce travail de recherche comprend une enquête expérimentale pour étudier l'effet des hautes températures sur les propriétés mécaniques et physique des mortiers formulés avec des adjuvants.

Le mortier a été exposé à trois niveaux de températures élevées (200, 400 et 600)°C avec une montée en température de 10°C/min, sans aucune charge imposée pendant le chauffage. On a utilisé trois types d'adjuvants, un retardateur, un accélérateur et un entraîneur d'air. Les propriétés mécaniques du mortier ont été étudiées à différentes températures élevées, notamment: résistance à la compression, à la traction par flexion ainsi que la perte de masse et la porosité.

Les résultats ont montré une réduction des propriétés étudiées par des taux différents pour différents adjuvants et pour chaque température, la diminution était très limitée à une température allant jusqu'à (200°C) mais était claire entre (400 - 600 ° C).

Mots clés : Mortier, Résistance mécanique, Haute température, Perte de masse, un retardateur, un accélérateur et un entraîneur d'air.

ABSTRACT

This research includes an experimental study to study the effect of high temperatures on the mechanical and physical properties of mortars formulated with adjuvants.

The mortar was exposed to three high temperature levels (200, 400 and 600) °C with a temperature rise of 10 °C / min, without any load imposed during heating. Three types of adjuvants were used, a retarder, an accelerator and an air tractor. The mechanical properties of the mortar have been studied at different high temperatures, including: compressive strength, flexural tensile strength and mass loss porosity.

The results showed a reduction in the properties studied by different rates for different adjuvants and for each temperature, the decrease was very limited at a temperature up to (200 °C) but

Was clear between (400-600 °C).

Key words: Mortar, Mechanical resistance, High temperature, Loss of mass, retarder, accelerator and air tractor.

الملخص

يتضمن هذا البحث والتحقيق التجريبي لدراسة تأثير ارتفاع درجات الحرارة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للملاط وضعت مع إضافات.

حيث تم تعريض الملاط لدرجات حرارة عالية ثلاثة مستويات (200، 400 و 600) درجة مئوية مع ارتفاع درجة حرارة 10 درجة مئوية على دقيقة دون أي حمولة فرضت أثناء التسخين. استخدمنا ثلاثة أنواع من المواد المساعدة، (مضافات معالجة، مضافات مبطنة ومضافات مفعقة للهواء)، تمت دراسة الخواص الميكانيكية للملاط في درجات حرارة مرتفعة مختلفة تشمل: قوة الضغط، الانحناء الشد وفقدان كتلة غير المسامية.

أظهرت النتائج انخفاضاً من خصائص المدروسة بنسب مختلفة لمختلف المواد المساعدة ولكل لدرجات الحرارة، وانخفاض اقتصر جداً في درجات حرارة تصل إلى (200) درجة مئوية، ولكن كان واضحاً بين (400-600) درجة مئوية.

الكلمات المفتاحية: الملاط، والقوة (الميكانيكية، والفيزيائية)، ارتفاع في درجة الحرارة، وفقدان الكتلة (مضافات معالجة، مضافات مبطنة ومضافات مفعقة للهواء)

LISTE DES FIGURES

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE:

CHAPITRE I: Généralité de Mortier

Figure I-1: Constituents des mortiers.....5

Figure I-2: Application des mortiers industriels.....8

CHAPITRE II: l'adjuvant

Figure (II-1): Les types des adjuvants utilisées14

Figure(II-2): Utilisation des superplastifi.....15

Figure (II-3): Action des super plastifiants-défloculation des grains de ciment.....15

Figure (II-4): Action d'entraineur d'air.....17

CHAPITRE III: Comportement des bétons et les mortiers soumis à haute température

Figure (III-1): ATD (analyse thermique différentielle) du gel CSH, C/S=1...19

Figure (III-2): Courbe ATD des différents types de granulates.....22

PARTIE EXPERIMENTAL:

CHAPITRE IV: Méthodes d'essai et matériaux utilisés

Figure (IV.1): Colonne de Tami.....28

Figure (IV.2): Tamiseur électrique.....28

Figure (IV-3): Essai d'équivalent de sable.....29

Figure (IV-4): La masse volumique apparent.....29

Figure (IV-5): La masse volumique absolue.....29

Figure (IV-6): L'analyse granulométrique de sable.30

<i>Figure (IV-7): Appareil de malaxage</i>	33
<i>Figure (IV-8): Moule d'éprouvettes Prismatiques (4x4x16) Cm</i>	34
<i>Figure (IV-9): Table de choc</i>	34
<i>Figure (IV-10): Les éprouvettes après le démoulage</i>	34
<i>Figure (IV-11): Les éprouvettes dans un bassin d'eau</i>	34
<i>Figure (IV-12): Les éprouvettes dans un étuve</i>	35
<i>Figure (IV-13): Les éprouvettes dans le four</i>	35
<i>Figure (IV-14): Mesure de la fluidité du mortier</i>	35
<i>Figure (IV-15): La masse volumique de mortier à l'état frais</i>	36
<i>Figure (IV-16): Appareil de compression</i>	36
<i>Figure (IV-17): Appareil de traction par flexion</i>	36
<i>Figure (IV-18): Appareil de chauffage</i>	37
<i>Figure (IV-19): Les éprouvettes cubiques</i>	37
<i>Figure (IV-20): Les éprouvettes dans Appareil de chauffage</i>	37
<i>Figure (IV-21): Appareil de porosité</i>	38
<i>Figure (IV-22): le poids des éprouvettes à l'état solide</i>	38

Chapitre V: Les résultats et interprétations

<i>Figure (V-1):L'affaissement des compositions des MCT et MA (1-2)</i>	40
<i>Figure (V-2):L'affaissement des compositions des MCT et MR (1-2)</i>	41
<i>Figure (V-3): L'affaissement des compositions des MCT et ME (1-2)</i>	41
<i>Figure (V-4): Résistance à la compression de MTC en fonction de la température (E/C=0, 5)</i>	42
<i>Figure (V-5): Résistance à la compression de MTC en fonction de la température (E/C=0, 6)</i>	43

<i>Figure (V-6): Résistance à la compression de MA1 et MA2 en fonction (E/C=0,5).....</i>	<i>43</i>
<i>Figure (V-7): Résistance à la compression de MA1 et MA2 en fonction de la température (E/C=0, 6).....</i>	<i>44</i>
<i>Figure (V-8): Résistance à la compression de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0, 5).....</i>	<i>44</i>
<i>Figure (V-9): Résistance à la compression de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0, 6).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure (V-10): Résistance à la compression de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0, 5).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure (V-11): Résistance à la compression de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0, 6).....</i>	<i>46</i>
<i>Figure (V-12): Résistance à la flexion de MCT en fonction de la température (E/C=0,5).....</i>	<i>47</i>
<i>Figure (V-13): Résistance à la flexion de MCT en fonction de la température (E/C=0, 6).....</i>	<i>48</i>
<i>Figure (V-14): Résistance à la flexion de MA1 et MA2 en fonction de la température (E/C=0, 5).....</i>	<i>48</i>
<i>Figure (V-15): Résistance à la flexion de MA1 et MA2 en fonction de la température (E/C=0, 6).....</i>	<i>59</i>
<i>Figure (V-16): Résistance à la flexion de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0, 5).....</i>	<i>59</i>
<i>Figure (V-17): Résistance à la flexion de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0, 6).....</i>	<i>50</i>
<i>Figure (V-18): Résistance à la flexion de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0, 5).....</i>	<i>50</i>
<i>Figure (V-19): Résistance à la flexion de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0, 6).....</i>	<i>51</i>
<i>Figure (V-20): Perte de masse de MCT en fonction de la température.....</i>	<i>53</i>

<i>Figure (V-21): Perte de masse de MA1 et MA2 en fonction de la température.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure (V-22): Perte de masse de MR1 et MR2 en fonction de la température.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure (V-23): Perte de masse de ME1 et ME2 en fonction de la température.....</i>	<i>54</i>

LISTE DES TABLEAUX

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE:

CHAPITRE II: L'adjuvant

Tableau (II-1): Type d'adjuvants avec leur abréviation et les effets principaux selon SN EN 93(19).....17

CHAPITRE III: Comportement des bétons et les mortiers soumis à haute température

Tableau (III-1-): Transformations principales dues à la température entre la température ambiante et la température de la destruction du matériau béton.....21

PARTIE EXPERIMENTAL:

CHAPITRE IV: Méthodes d'essai et matériaux utilisés

Tableau (IV-1): Equivalent de sable de dune (non lavé).....30

Tableau (IV-2): Equivalent de sable de dune (lavé).....30

Tableau (IV-3): Equivalent de sable de concassée (non lavé).....31

Tableau (IV-4): La masse volumique apparente de sable de dune (non lavé).31

Tableau (IV-5): La masse volumique apparente de sable de dune (lavé).....31

Tableau (IV-6): La masse volumique apparente de Sable de concassée (non lavé).....31

Tableau (IV-7): La masse volumique absolue de sable de dune.....32

Tableau (IV-8): La masse volumique absolue de sable concassé (non lavé).....32

Tableau (IV-9): La masse volumique apparente de sable de mixte (1/3SD, 2/3SC).....32

Tableau (IV-10): L'analyse de l'eau.....32

Tableau (IV-11): Résultat de la masse volumique à chaque type de mortier...36

CHAPITRE V: Les résultats et interprétations

Tableau (V-1): Résultat de porosité à chaque type de mortier.....52

SOMMAIRE

RESUME.....	I
LISTE DES TABLEAUX.....	IV
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES SYMBOLES ET ABR2VIATION.....	X
INTRODUCTION GENERALE.....	2

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE:

CHAPITRE I: Généralité de Mortier

<i>I-1- Introduction.....</i>	<i>5</i>
<i>I-2-Définition.....</i>	<i>5</i>
<i>I-3-Constituants des mortiers.....</i>	<i>5</i>
<i>I-3-1-Le Liant.....</i>	<i>5</i>
<i>I-3-2- Le sable</i>	<i>5</i>
<i>I-3-2-1-Rôle de sable dans le mortier</i>	<i>6</i>
<i>I-3-3- L'eau de gâchage</i>	<i>6</i>
<i>I-3-4- Les additifs.....</i>	<i>6</i>
<i>I-3-4-1-Les adjuvant.</i>	<i>6</i>
<i>I-3-4-2- Les ajouts.....</i>	<i>7</i>
<i>I-4- Différents types des mortiers</i>	<i>7</i>
<i>I-5- Classification général des mortiers.....</i>	<i>8</i>
<i>I-5-1-Selon leur domaine d'utilisation.....</i>	<i>8</i>
<i>I-5-2-Selon la nature du liant</i>	<i>8</i>
<i>I-6- Le rôle d'utilisation de mortier.....</i>	<i>8</i>
<i>I-7- Classes des mortiers.....</i>	<i>9</i>
<i>I-8- Caractéristiques des mortiers.....</i>	<i>9</i>
<i>I-9- Les facteurs influés sur le mortier.....</i>	<i>9</i>

<i>I-9-1 - Le choix de ce liant.....</i>	<i>9</i>
<i>I-9-2- Le choix du sable.....</i>	<i>10</i>
<i>I-10- Rechercher un mortier plastique qui adhèrera aux matériaux.....</i>	<i>10</i>
<i>I-11- Conclusion.....</i>	<i>11</i>

CHAPITRE II: l'adjuvant

<i>II-1-Introduction.....</i>	<i>13</i>
<i>II-2-Classification et utilisation.....</i>	<i>13</i>
<i>II-3-les types des adjuvants.....</i>	<i>14</i>
<i>A) Adjuvants modifiant la rhéologie de la pâte de mortier.....</i>	<i>14</i>
<i>B) Adjuvants modifiant la prise et le durcissement.....</i>	<i>15</i>
<i>C) Adjuvants modifiant les propriétés physiques.....</i>	<i>16</i>
<i>II-4-Conclusion.....</i>	<i>17</i>

CHAPITRE III: Comportement des bétons et les mortiers soumis à haute température

<i>III-1- Introduction.....</i>	<i>19</i>
<i>III-2-L'Effet de la température sur la structure et les propriétés thermiques et physiques du béton.....</i>	<i>19</i>
<i>III-3-Evolution des composants et de la structure de béton.....</i>	<i>19</i>
<i>III-3-1-Evolution de la pâte de ciment</i>	<i>19</i>
<i>III-3-2 Evolution des granulats.....</i>	<i>20</i>
<i>III-3-3- Perte de masse</i>	<i>23</i>
<i>III-4- Effet de la température sur le comportement mécanique des bétons</i>	<i>23</i>
<i>III-4-1- Résistance en compression</i>	<i>23</i>
<i>III-4-2- Résistance en traction.....</i>	<i>23</i>

<i>III-5- Les principales modifications physico-chimiques dans le béton à haute température.....</i>	<i>23</i>
<i>III-5-1- Evolution des composants et de la structure du béton au cours de l'échauffement.....</i>	<i>24</i>
<i>III-5-2- Evolution de la pâte de ciment au cours du chauffage.....</i>	<i>24</i>
<i>III-5-3- Evolution de l'interface pate – granulats à haute température.....</i>	<i>25</i>
<i>III-6- Conclusion.....</i>	<i>26</i>

PARTIE EXPERIMENTAL:

CHAPITRE IV: Méthodes d'essai et matériaux utilisés

<i>VI-1- Introduction.....</i>	<i>28</i>
<i>IV-2-Caractéristiques des matériaux.....</i>	<i>28</i>
<i>IV-2-1-Le Sable.....</i>	<i>28</i>
<i>IV-2-1-1-Analyse granulométrique.....</i>	<i>28</i>
<i>IV-2-1-2-Equivalent de sable.....</i>	<i>29</i>
<i>IV-2-1-3- La masse volumique.....</i>	<i>29</i>
<i>IV-2-2-Résultat des essais sur le sable.....</i>	<i>30</i>
<i>IV-2-2-1-résultats d'analyse granulométrique.....</i>	<i>30</i>
<i>IV-2-2-2-résultats équivalent de sable.....</i>	<i>30</i>
<i>IV-2-2-3-résultats de masse volumique.....</i>	<i>31</i>
<i>IV-2-2-3-1-la masse volumique apparent.....</i>	<i>31</i>
<i>IV-2-2-3-2- La masse volumique absolue.....</i>	<i>32</i>
<i>IV -2-3-Eau.....</i>	<i>32</i>
<i>IV-2-3-1-Eau de gâchage (robinet).....</i>	<i>32</i>

<i>IV-2-3-2-Résultats d'analyse de l'eau.....</i>	<i>32</i>
<i>IV-2-4- Ciment.....</i>	<i>33</i>
<i>IV-3-Formulation de mortier normal.....</i>	<i>33</i>
<i>IV-3-1-Préparation des éprouvettes.....</i>	<i>34</i>
<i>IV-3-2- Conservation des éprouvettes.....</i>	<i>34</i>
<i>IV-4-Essais de résistances mécaniques.....</i>	<i>35</i>
<i>IV-4-1-A L'état frais de mortier.....</i>	<i>35</i>
<i>IV-4-1-1-L'affaissement.....</i>	<i>35</i>
<i>IV-4-1-2-La masse volumique.....</i>	<i>36</i>
<i>IV-4-2-A L'état durci de mortier.....</i>	<i>36</i>
<i>IV-4-2-1-Résistance à la compression.....</i>	<i>36</i>
<i>IV-4-2-2-Résistance à la traction par flexion.....</i>	<i>37</i>
<i>IV-4-2-3-porosité.....</i>	<i>37</i>
<i>IV-4-2-4-perte de masse.....</i>	<i>38</i>

Chapitre V: Les résultats et interprétations

<i>V-1-Introduction.....</i>	<i>40</i>
<i>V-2-Résultats des essais.....</i>	<i>40</i>
<i>V-2-1-à d'état frais.....</i>	<i>40</i>
<i>V-2-1-1-l'affaissement.....</i>	<i>40</i>
<i>V-2-2-à l'état durci.....</i>	<i>42</i>
<i>V-2-2-1-Résultats de résistance à la compression.....</i>	<i>42</i>
<i>V-2-2-2-Résultats de résistance traction par flexion.....</i>	<i>47</i>

<i>V-2-2-3-Résultats de porosité.....</i>	<i>52</i>
<i>V-2-2-4-Résultats de perte de masse.....</i>	<i>53</i>
<i>Conclusion générale.....</i>	<i>57</i>

LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

MCT : Mortier de référence (témoin).

MA1 : Mortier avec 0,45% accélérateur.

MA2 : Mortier avec 0,75% accélérateur.

ME1 : Mortier avec 0,5 % entraîneur d'air.

ME2 : Mortier avec 1,5 % entraîneur d'air.

MR1 : Mortier avec 0,5 % retardateur de prise.

MR2 : Mortier avec 0,35 % retardateur de prise.

p app : La masse volumique apparente.

p abs : La masse volumique absolue.

E.S.V : Equivalant de sable visuel.

E.S.P : Equivalant de sable piston.

ATG : Analyse thermogravimétrique.

ATD : Analyse thermique différentielle.

E/C : Rapport d'eau (par rapport du ciment).



Introduction générale

Contexte générale de l'étude:

Dans toute les constructions, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, éléments en béton préfabriqué) au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui a pour but de :

- ✚ Solidariser les éléments entre eux.
- ✚ Assurer la stabilité de l'ouvrage.
- ✚ Combler les interstices entre les blocs de construction.

Le mortier est obtenu par le mélange d'un liant (chaux ou ciment), de sable, d'eau et éventuellement d'additions.

Des compositions multiples de mortier peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres: liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau.

Ce dernier (adjuvants et ajouts) font actuellement partie des développements les plus récents dans le mortier car leurs utilisations apportent une amélioration des propriétés mécanique des matériaux cimentaires.

Il peut également être soumis à une température de mortier, mais avec des différents des degrés et croissants.

Et cette L'élévation de la température altère la résistance mécanique du béton et des mortiers du fait des désordres résultants d'une part, de la dilatation thermique, et d'autre part, de la transformation physique et chimique des granulats.

Objectif de l'étude :

L'étude entreprise dans ce mémoire vise à atteindre un objectif principal suivant: Etude des effets l'incorporation des adjuvants sur les propriétés mécaniques et la durabilité des mortiers confectionnés à base de haute température.

Organisation du mémoire :

Le contexte général du travail exposé dans cette thèse ayant été présenté, la structuration du mémoire a été établie comme suit : ils composent deux parties chaque partie englobe les chapitres.

Dans la première partie: est consacré à la recherche bibliographique ce composé trois chapitres:

Chapitre I: Est une synthèse consacrée à l'élément principal du mortier.

Chapitre II : en parler sur les adjuvants utilisés pour la fabrication des mortiers qui peuvent être exploités dans certains domaines.

Chapitre III: c'est un important Influence de la température sur le comportement d'un mortier.

Dans la deuxième partie: étude expérimentale englobe deux chapitres:

Chapitre IV: Traite l'ensemble des matériaux utilisés dans l'élaboration des différents mortiers, les résultats des essais servant à leur identification ainsi que les différentes méthodes et techniques utilisées dans cette étude.

Chapitre V : Contient les résultats des essais mécaniques.

Et enfin une conclusion générale et quelques recommandations et perspectives.

I-1- Introduction :

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

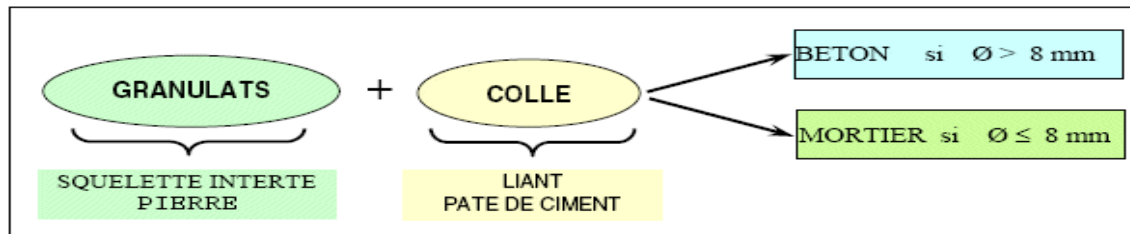


Figure I-1 : Constituants des mortiers.

I-2-Définition:

Le mortier est l'un des matériaux de construction que l'on utilise pour solidariser les éléments entre eux, assurer la stabilité de l'ouvrage, combler les interstices entre les blocs de construction. En général le mortier est le résultat d'un mélange de sable, d'un liant (ciment ou chaux) et d'eau dans des proportions données, différant selon les réalisations et d'adjuvant. Dans ce chapitre, nous présentèrent les différents types ainsi que les caractéristiques principales telles que l'ouvrabilité, la prise, le retrait,...etc.

I-3-Constituants des mortiers :

I-3-1-Le Liant :

On utilise généralement des liants hydrauliques qui peuvent être la chaux, le gypse est le ciment, cette dernière est une matière pulvérulente à base de silicate et d'aluminate, et de la chaux obtenue par la cuisson, généralement, on peut utiliser:

Les ciments normalisés (gris ou blanc).

- ✚ Les ciments spéciaux (alumineux fondu, prompt,...).
- ✚ Les liants à maçonner.
- ✚ Les chaux hydrauliques naturelles.
- ✚ Les chaux éteintes.

I-3-2- Le sable :

C'est une matière minérale siliceuse ou calcaire qui se présente dans le sol sous la forme de grains ou de poudre, suivant qu'il s'agit de sable grossier ou de sable fin.

Les sables proviennent de la désagrégation des roches qui constituent l'écorce terrestre; suivant leur composition, ils sont blancs, jaunes, gris ou rougeâtres.

On peut encore classer les sables d'après leur origine et distinguer les sables de carrière, les sables de mer et les sables de rivière.

I-3-2-1-Rôle de sable dans le mortier :

L'introduction des sables permet de diminuer le retrait du liant (ossature mortier) en augmentant les résistances mécaniques.

I-3-3- L'eau de gâchage :

L'eau joue un rôle important, elle sert à hydrater le ciment, elle facilite aussi la mise en œuvre du béton ou du mortier, ainsi elle contribue à son ouvrabilité, L'eau doit être propre et ne pas contenir d'impuretés nuisibles (matières organiques, alcalis).

L'eau potable convient toujours le gâchage à l'eau de mer est à éviter, surtout pour le béton armé. Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers et des bétons sont précisées dans la norme NA-442. Les mortiers devraient contenir la quantité d'eau maximale compatible avec une ouvrabilité optimale.

I-3-4- Les additifs :

I-3-4-1-Les adjuvants :

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

On ajoute les adjuvants qui servent à aérer en vue d'améliorer la maniabilité et la durabilité du mortier. Toutefois, des recherches ont démontré que des contenus d'air dans le mortier en excès de 12 % augmentent la probabilité que l'humidité y pénètre en plus de diminuer l'adhérence. On utilise quelque fois un antigel ou autre produit semblable pour abaisser le point de congélation du mortier afin de poser de la brique par temps froid.

Toutefois, pour que cette méthode soit efficace, il faut ajouter une quantité considérable et cela diminue considérablement l'adhérence, en plus de contribuer à l'efflorescence et à l'effritement des surfaces du briquetage. Les accélérateurs comme le chlorure de calcium servent à accélérer l'hydratation du mortier par temps froid en vue d'éviter de chauffer les matériaux du mortier.







Toutefois, le chlorure de calcium chlorite tend à corroder l'armature dans le mortier .Les accélérateurs, même ceux qui ne contiennent pas de chlorure de calcium, ont tendance à causer de l'efflorescence. Une bonne composition du mélange, l'utilisation de matériaux de qualité et une bonne technique permettent habituellement d'obtenir une maçonnerie solide. Par contre, une mauvaise composition, l'utilisation de matériaux de qualité inférieure et une technique défectueuse ne peuvent pas être corrigées par l'emploi d'adjuvants. Selon l'effet recherché, on peut distinguer trois grandes familles d'adjuvants. [27]

I-3-4-2- Les ajouts :

Les cendres volantes, le laitier de haut fourneau granulé broyé, la fumée de silice et les pouzzolanes naturelles, telles que le schiste calciné, l'argile calcinée ou le méta kaolin sont des matériaux qui, combinés au ciment portland, contribuent aux propriétés du béton et mortiers durci par action hydraulique ou pouzzolanique ou les deux à la fois.

I-4- Différents types des mortiers :

On a plusieurs types des mortiers :

-  *Les mortiers de ciment.*
-  *Les mortiers de chaux.*
-  *Les mortiers bâtards.*
-  *Mortier réfractaire.*
-  *Mortier rapide.*
-  *Mortier industriel.*

✓ *Les mortiers de ciment :*

Les mortiers de ciment, très résistants, prennent et durcissent rapidement. De plus un dosage en ciment suffisant les rend pratiquement imperméables. Les dosages courants sont de l'ordre de 300 à 400 kg de ciment pour 1m³ de sable.

✓ *Les mortiers de chaux :*

Les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent de ciment, surtout lorsque la chaux est calcique.

✓ *Les mortiers bâtards :*

Le mélange de ciment et de chaux permet d'obtenir conjointement les qualités de ces deux liants. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales; mais on mettra une quantité plus ou moins grande l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.

✓ *Mortier réfractaire :*

Il est fabriqué avec du ciment fondu, qui résiste à des températures élevées. Il est utilisé pour la construction des cheminées et barbecues.

✓ *Mortier rapide :*

Il est fabriqué avec du ciment prompt, il est rapide et résistant pour les scellements.

✓ *Mortier industriel :*

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type Demortier, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en œuvre. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits Répondant à tous les besoins:

- *Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié.*
- *Mortiers d'imperméabilisation.*
- *Mortier d'isolation thermique.*
- *Mortier de jointoiement.*
- *Mortier de ragréage.*
- *Mortier de scellement, mortier pour chapes.*
- *Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment.*
- *Mortier de réparation.*
- *Enduit de façade collé a calage Enduit de sol (maçonnerie)*



Figure I-2 : Application des mortiers industriels

I-5- Classification général des mortiers :

I-5-1-Selon leur domaine d'utilisation :

Généralement les mortiers varient selon leur domaine d'application :

- ✚ Mortier de pose.
- ✚ Mortier de joints.
- ✚ Mortier pour les crépis.
- ✚ Mortier pour le sol.
- ✚ Pierres artificielles.
- ✚ Support pour les peintures murales.

I-5-2-Selon la nature du liant :

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

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

I-6- Le rôle d'utilisation de mortier :

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels :

- ✚ Assurer la liaison, la cohésion des éléments de maçonnerie entre eux, c'est-à-dire la Solidité de l'ouvrage, le rendre monolithique.
- ✚ Protéger les constructions contre l'humidité due aux intempéries ou remontant du sol.
- ✚ Sous forme d'enduits aériens.
- ✚ Sous forme d'écrans étanches.

✚ Constituer des chapes d'usure, un pour dallages en béton.
Devenir la matière première dans la fabrication de blocs manufacturés, carreaux, tuyaux et divers éléments moulés.

- ✚ Etre le constituant essentiel du béton.
- ✚ Consolider certains sols de fondations sous forme d'injections. [1]

I-7- Classes des mortiers :

Les classes des adjuvants sont :

- **Classe 1:** Adjuvant modifiant les caractéristiques des mortiers, bétons et coulis à l'état frais.
- **Classe 2:** Adjuvant modifiant les caractéristiques des mortiers, bétons et coulis pendant la prise et le durcissement.
- **Classe 3:** Adjuvant modifiant la teneur en air ou en autre gaz.
- **Classe 4:** Adjuvant modifiant la résistance des mortiers, bétons et coulis.
- **Classe 5:** Adjuvant améliorant la durabilité des mortiers, bétons et coulis.
- **Classe 6:** Adjuvant modifiant des propriétés spéciales.

I-8- Caractéristiques des mortiers :

Les caractéristiques principales des mortiers sont:

- ✚ Ouvrabilité.
- ✚ La prise.
- ✚ Les résistances mécaniques.

Les résistances des mortiers dépendent de très nombreux facteurs:

- ✚ Nature et dosage en ciment.
- ✚ Rapport E/C.
- ✚ Granulométrie et nature du sable.
- ✚ Energie de malaxage et mise en œuvre.
- ✚ Protection des premiers jours.
- ✚ Le retrait et gonflement.

I-9- Les facteurs influés sur le mortier :

Cela dépendra des facteurs faisant varier la qualité du mortier par exemple : [2]

I-9-1 - Le choix de ce liant :

Il faut préférer le ciment à la chaux mais pour obtenir une meilleure ouvrabilité c'est-à-dire pour le rendre plus maniable, malléable, il est bon de remplacer une partie de ciment par de la chaux hydraulique qui rend l'ensemble plus gras, plus plastique.

Ainsi, on améliore l'adhérence au matériau (notamment à la brique) mais on note une diminution de la résistance. [2]

Par contre, il faut éviter les ciments de laitier et de fer pour les briques.

I-9-2- Le choix du sable :

- **Sa nature:** le sable sera siliceux, ou calcaire, dur de préférence.
- **Sa provenance et la forme des grains :** il faudra choisir de préférence des grains ronds car les grains anguleux donnent des mortiers « raides », difficiles à travailler.
- **Sa composition granulométrique :** un sable bien gradué 0/5 donne la compacité maximum, ce qui entraîne une imperméabilité et une résistance accrues.
- **Le dosage en liant :** Ce dosage varie selon la destination du mortier : un mortier d'étanchéité pour un réservoir sera bien plus dose que la « colle » Destinée à monter un mur de clôture. On choisira la classe de résistance convenant à la charge à supporter. Retenir que le dosage d'un mortier en liant indique la quantité de liant qu'il faut mélanger à 1 m³ de sable sec, et cela sans spécifier la quantité de mortier obtenu, c'est-à-dire le rendement. Le mortier normal, destiné à réaliser les éprouvettes d'essais en laboratoire, est défini par le mélange (en poids) d'une partie de liant avec trois parties de sable normal parfaitement sec. [2]
- **La quantité d'eau de gâchage :** Elle varie avec le dosage en liant et sa nature, la surface spécifique et le calibre des grains, la qualité du sable plus ou moins poreux, l'humidité du sable livré sur le chantier, les conditions atmosphériques, et aussi la destination du mortier (le subjectile auquel il doit adhérer). [2]

NB : C'est un facteur très important de la résistance finale du mortier.

I-10- Rechercher un mortier plastique qui adhérera aux matériaux :

Le technicien sera :

1- Apprécier la plasticité d'un mortier :

- ✓ **à la main :** la boulette de mortier prise dans la main conserve sa forme, sans fluer, à travers les doigts entrouverts.
- ✓ **à l'œil :** la pâte est luisante.
- ✓ **au cône d'Abrams :** à la table à secousses.

2- Agir sur la quantité d'eau en fonction du pourcentage d'humidité du sable et du calibre des éléments.

3- Prohiber l'excès d'eau : un mortier trop mouillé est poreux et peu résistant parce que l'excès d'eau en s'évaporant laisse des vides capillaires dans la masse et accuse le faïençage. Mais aussi retenir que le mortier gâché, trop sec, adhère mal et nécessite une très forte Compression.

En conclusion : on obtient le maximum de résistance avec le minimum d'eau compatible avec la plasticité indispensable à l'ouvrabilité.

I-11- Conclusion :

Dans ce chapitre on à parler sur Les mortiers parce que 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 avec Leur durabilité et résistance sont intimement liées aux propriétés dès ses composantes (ciment, sable, l'eau de gâchage et les adjuvants).

II-1-Introduction :

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) .

L'emploi d'adjuvants doit répondre à la norme NF EN 934-2 [2009].

Chaque adjuvant est défini par une unique fonction principale, mais peut présenter une ou plusieurs fonctions secondaires.

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.

II-2-Classification et utilisation :

Un adjuvant a, en général, une action principale d'après laquelle il se trouve classé et défini, mais il peut présenter également certaines actions secondaires que l'on appelle généralement « effets secondaires ».

✚ Les normes européennes retiennent la classification suivante :

- ✓ Plastifiants réducteurs d'eau.
- ✓ Super plastifiants hautement réducteurs d'eau.
- ✓ Rétenteurs d'eau.
- ✓ Entraîneurs d'air.
- ✓ Accélérateurs de prise.
- ✓ Accélérateurs de durcissement.
- ✓ Retardateurs de prise.
- ✓ Hydrofuges.

✚ Il existe également d'autres adjuvants tels que notamment :

Les raidisseurs pour béton projeté, les adjuvants pour coulis d'injection, les adjuvants pour mortier stabilisé, les colorants, les inhibiteurs de corrosion, les générateurs de gaz, etc.

Certains d'entre-deux sont décrits et leur caractéristiques définies dans les normes spécifiques.

✚ Dans notre mémoire on a utilisé 3 types d'adjuvants :

- ✓ Accélérateurs de prise.
- ✓ Entraîneurs d'air.
- ✓ Retardateurs de prise.

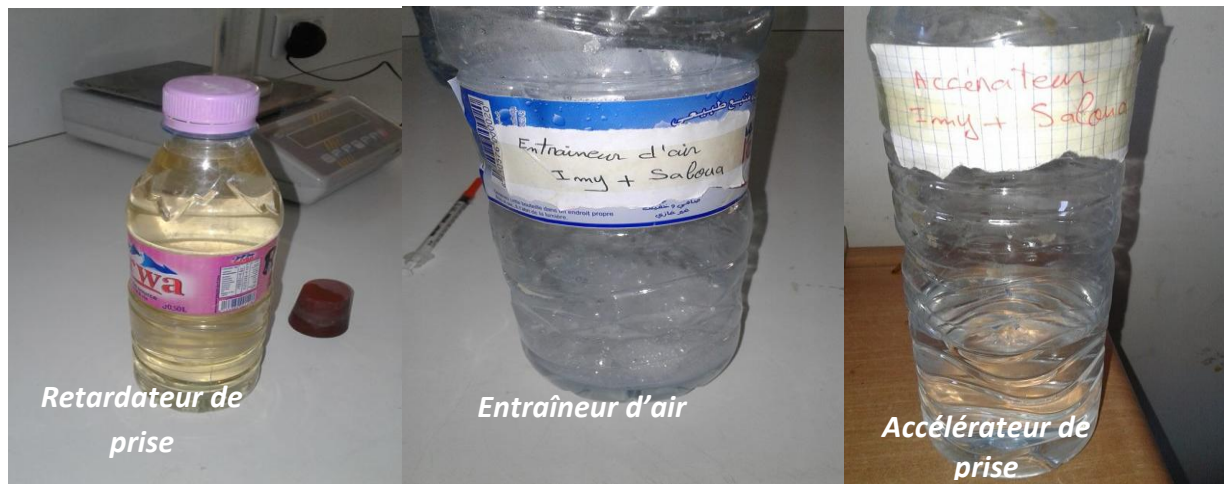


Figure (II-1): Les types des adjuvants utilisés

II-3-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 :

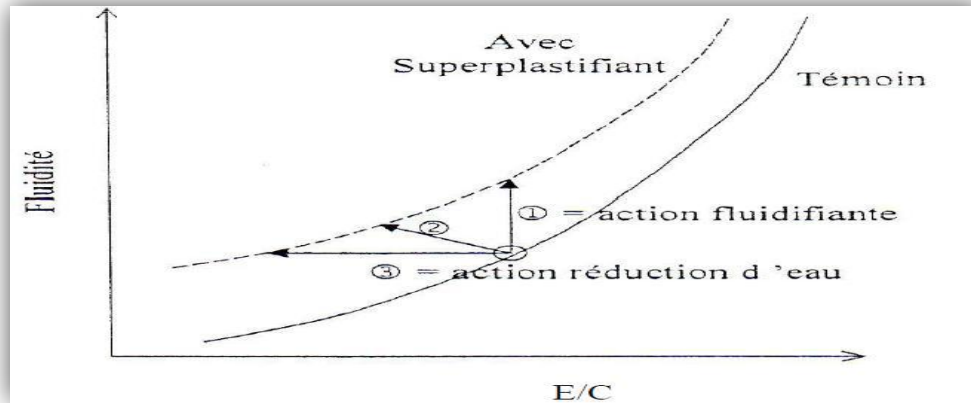
+ Plastifiants et fluidifiants :

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 (II-2)**

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 préliminaire.



Figure(II-2): Utilisation des superplastifiant

- 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).

L'action principale des super plastifiants est de défouler les grains de ciment. Une action de répulsions électrostatique agit en neutralisant les charges électriques présenter à la surface des grains et /ou par répulsion stérique en écartant les grains les uns des autres, grâce à des chaînes moléculaires très longue.

L'eau piégée par les floes est de nouveau disponible pour la maniabilité du béton et mortier la **figure (II-3)**.

Il est alors possible de mettre en œuvre des bétons et des mortiers très fluides, avec des rapports E/C faibles.

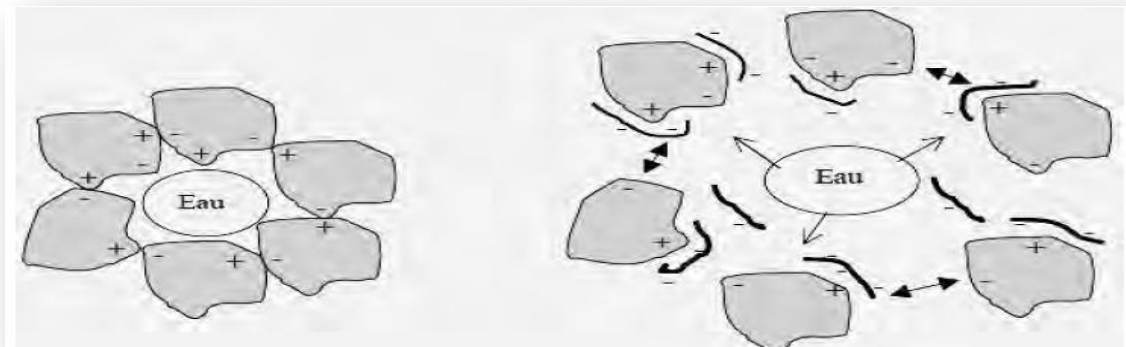


Figure (II-3):Action des super plastifiants-défloculation des grains de ciment

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:

✚ 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.

✚ 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.

C) Adjuvants modifiant les propriétés physiques:

✚ 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 (Figure-II-3).

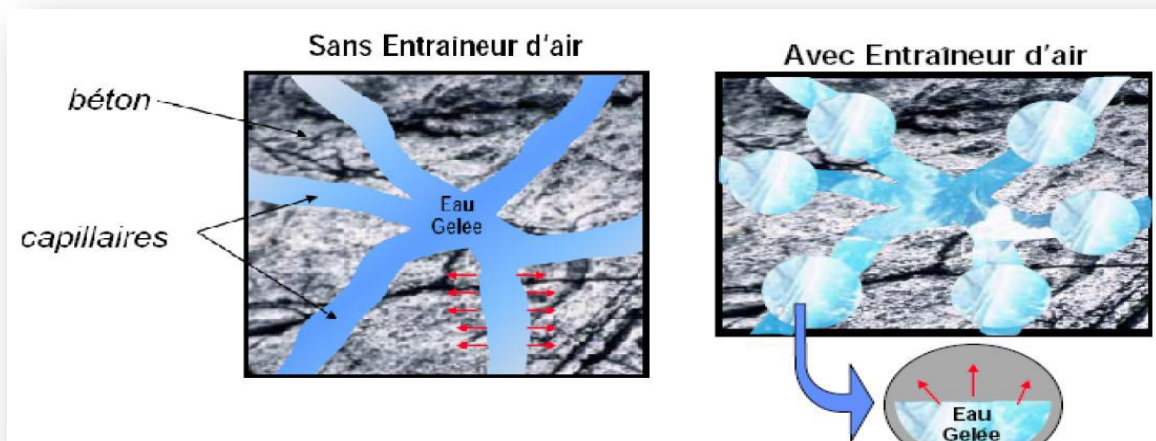


Figure (II-4): Action d'entraineur d'air

Adjuvant	Abréviation	Effets principaux et domaines d'application
<i>Plastifiant</i>	<i>BV</i>	<i>Diminution de l'eau de gâchage et/ou amélioration de l'ouvrabilité (éléments préfabriqués).</i>
<i>Fluidifiant</i>	<i>FM</i>	<i>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 (béton pompés, SCC).</i>
<i>Entraineur d'air</i>	<i>LP</i>	<i>Production et dispersion de fines bulles d'air dans la masse du béton en vue d'augmentation sa résistance au gel et aux sels de déverglaça gé (ouvrage d'art).</i>
<i>Retardateur de prise</i>	<i>VZ</i>	<i>Retardement du début de prise du béton (bétonnage par temps chaud).</i>
<i>Accélérateur de prise</i>	<i>SBE</i>	<i>Accélération du processus de prise du béton (bétons projetés)</i>
<i>Accélérateur de durcissement</i>	<i>HBE</i>	<i>Accélération du processus de durcissement du béton (préfabrication).</i>

Tableau (II-1): Type d'adjuvants avec leur abréviation et les effets principaux selon SN EN 93(19)

II-4-Conclusion :

D'après le chapitre II, on constate que:

Les adjuvants: sont des composants très important dans les mortiers modernes qui permettent de modifier certaines de leurs propriétés à l'état frais ou durci, ainsi l'effet des adjuvants sur le comportement du mortier.

III-1- Introduction :

Le chapitre III, présenter une analyse bibliographique des travaux de recherche sur le comportement du mortier porté à une température élevée.

Une haute température accélère le développement de la résistance durant les premiers jours, et cela à cause de l'hydratation rapide du ciment, les défavorables de la température sur la résistance du béton.ont été détaillées par Verbeeck et helmouth.

ces derniers ont conclu que lorsque l'hydratation initiale est accélérée la distribution des produits d'hydratation responsables de la résistance du béton sera effectuée par la suite.il s'ensuit donc que le béton doit être gardé a une température minimale mais suffisamment chauds pour réduire le taux de fissuration du au refroidissement ultérieure, et pour obtenir les résistance désirées a des âges spécifiques.[3]

III-2-L'Effet de la température sur la structure et les propriétés thermiques et physiques du béton :

En cours de l'échauffement du béton, on observe de nombreux phénomènes physico-chimiques et des transformations qui modifient sa microstructure .dans le première partie de ce chapitre, nous présentons les transformations des composants du béton : granulats et pâte de ciment au fur et à mesure de leur échauffement. Et dans la deuxième, l'évolution de l'état hydrique du matériau au cours du séchage sera analysée aussi bien que les processus de changement de phases de l'eau en gaz, l'apparition des pressions de vapeur, l'évaporation et le séchage suivis par la déshydratation. [3]

III-3-Evolution des composants et de la structure de béton :

III-3-1-Evolution de la pâte de ciment :

D'après des études effectuées sur les bétons, l'analyse d'évolution de la pâte de ciment durci pendant l'échauffement depuis la température ambiante jusqu'à 900°C, température à laquelle le matériau se décompose. Cette évolution est fortement liée à l'évaporation de l'eau et les processus de déshydratation des hydrates formant la matrice cimentaire.

les transformations qui accompagnent le processus de déshydratation enregistrées sur la courbe issue de l'analyse thermique différentielle d'un gel CSH caractérisé, par le coefficient C/S=1 (CaO/SiO₂) sont présentés sur le graphique suivant (Figure III-1).Ils sont observés deux pics caractéristiques, un pic endothermique à 140°C, du au départ d'eau et un exothermique aux alentours de 840°C correspondant aux changements morphologique de la phase du gel CSH.[3]

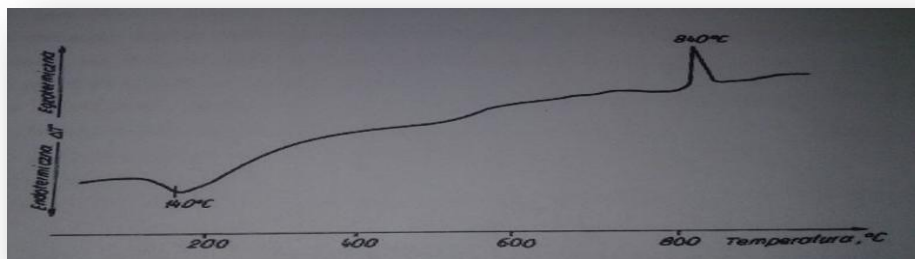


Figure (III-1):ATD (analyse thermique différentielle) du gel CSH, C/S=1. [3]

Dans la pâte de ciment chauffé, tous les changements commencent par l'évaporation de l'eau libre et la décomposition de l'ettringite, avant la température de 100°C.

On observe les premiers signes de la décomposition du gel CSH à 180°C. Selon certains auteurs sont même observés avant. Jusqu'à la température 300°C, la déshydratation est assez rapide. Notamment dans la gamme des températures 80°C, 200°C (avant 90°C selon certaines sources) se produit la déshydratation de l'étréangéité conduisant à la libération de 32 molécules d'eau. Lorsque l'on dépasse 300°C, l'eau la plus fortement liée qui participe à la constitution des hydrates, commence à s'évaporer.[3]

III-3-2 Evolution des granulats :

Les granulats constituent le squelette en principe inerte du béton aux températures ambiantes (sauf cas pathologique, comme celui d'une réaction alcali-granulat), mais aux températures élevées leur comportement est totalement différent. La montée en température provoque des changements de la structure des minéraux qui constituent la roche. Prenons les granulats siliceux fréquemment utilisés pour la fabrication du béton (minéraux : quartz, calcédoine, opale, silex). Dans la structure de ces minéraux contiennent de l'ordre de 20% d'eau combinée. Cette eau, entre 120°C – 600°C est capable de se libérer partiellement en réduisant la résistance de ce matériau. Ce départ de l'eau peut entraîner un clivage des granulats. Un autre phénomène concerne le quartz à 575°C. Un changement de phases avec changement de volume de 1 à 5,7%. [3]

Les granulats calcaires présentent un bon comportement thermique jusqu'à 700°C. Cette température est le début de la transformation de CaCO_3 en CO_2 et CaO . Le CaO libre présent dans les bétons chauffés puis refroidis réagit avec l'humidité et se transforme en Ca(OH)_2 en multipliant son volume par 2,5. Cette réaction peut expliquer la diminution de la résistance résiduelle (résistance mesurée après refroidissement) par rapport à la résistance à chaud des bétons à granulats calcaires chauffés au-delà de 700°C.

Les granulats constituent 60-80% du volume du béton. Les variations de leurs propriétés durant l'échauffement ont une grande influence sur les propriétés du composite. Les propriétés d'un « bon » granulats du point de vue l'utilisation à haute température sont:

- ✚ Un faible coefficient de déformation thermique,
- ✚ L'absence de déformations résiduelles après refroidissement,
- ✚ Une stabilité thermique, c'est-à-dire, un faible nombre de pics sur les courbes d'analyse thermique différentielle et d'analyse thermo gravimétrique, soit peu ou pas de changements des phases,
- ✚ Une structure mono minérale de la roche composante du granulats.[3]

20°C	Début du départ de l'eau		
100°C	Départ de l'eau libre 80°C – 150°C déshydratation de l'ettringite 150-170°C décompositions du gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 171°C fusion des fibres polypropylène Début de la déshydratation du CSH	éclatement	Réactions hygrothermique
200°C	Augmentation de la pression interne Petits pics endothermiques indiquant des effets de décomposition et d'oxydation d'élément métallique (ferriques) peuvent apparaître.		fissuration
300°C	Clivage des granulats silico-calcaire Température critique de l'eau (374°C)		
400°C	Décomposition de la portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$		
500°C	Changement des phases du quartz β - α (573°C)		
600°C	Deuxième phase de la décomposition du gel CSH avec la formation de β -C2S. C'est la seconde étape de la déshydratation des silicates de calcium hydratés qui produit une nouvelle forme de silicates bicalciques		
700°C	Décomposition du carbonate de calcium, le calcaire se décompose autour de 700°C en $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. réaction fortement endothermique qui libère du gaz carbonique		
800°C			
1200°C			
1300°C	Destruction complète du béton et apparition de la phase liquide		

Tableau (III-1-): Transformations principales dues à la température entre la température ambiante et la température de la destruction du matériau béton. [4]

A haute température, les granulats se décomposent et subissent des transformations chimiques et minéralogiques importantes qui modifient les caractéristiques microstructurales du matériau.

Une analyse thermique différentielle (ATD) permet de déterminer, par des pics endothermiques et exothermiques, les températures auxquelles une instabilité peut survenir dans les granulats. Les analyses thermogravimétriques (ATG), donnent des indicateurs de la progression des réactions de décomposition en mesurant les variations de masse des granulats au cours du chauffage.

Comme le montre la figure (III-2), la majorité des granulats est généralement stable jusqu'à 600°C. La structure des granulats siliceux contient dans ces minéraux environ de 20% d'eau combinée. Entre 120°C et 600°C, cette eau est capable de se libérer partiellement en réduisant la résistance de ce matériau. Ce départ de l'eau peut entraîner un clivage des granulats. Un autre phénomène concerne le quartz à 757°C : un changement de volume de 1 à 5,7%. Le quartz présent dans les granulats siliceux SiO_2 est un édifice de tétraèdres soudés par les sommets, en chaînes. C'est une forme stable à basse température de la silice. Au-dessus de 573°C à la pression ambiante une légère rotation de liaisons entre tétraèdres, conduit à une forme cristalline de symétrie hexagonale : le quartz α - β . La température de transition du quartz α - β peut augmenter avec la pression.

Ainsi ces deux phénomènes qui apparaissent dans granulats à base de quartz, peuvent provoquer l'endommagement de la structure du béton. Les granulats calcaires présentent un bon comportement thermique jusqu'à 700°C. Cette température est le début de la décarbonatation ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) qui se produit entre 600°C et 900°C. Le CaO libre présent dans les béton chauffés puis refroidis réagit avec l'humidité et sa transformation en Ca(OH)_2 avec une augmentation de volume de 44(%). Cette réaction peut expliquer la diminution de la résistance résiduelle (résistance mesurée après refroidissement) par rapport à la résistance à chaud des bétons à granulats calcaires chauffés au-delà de 700°C. [6]

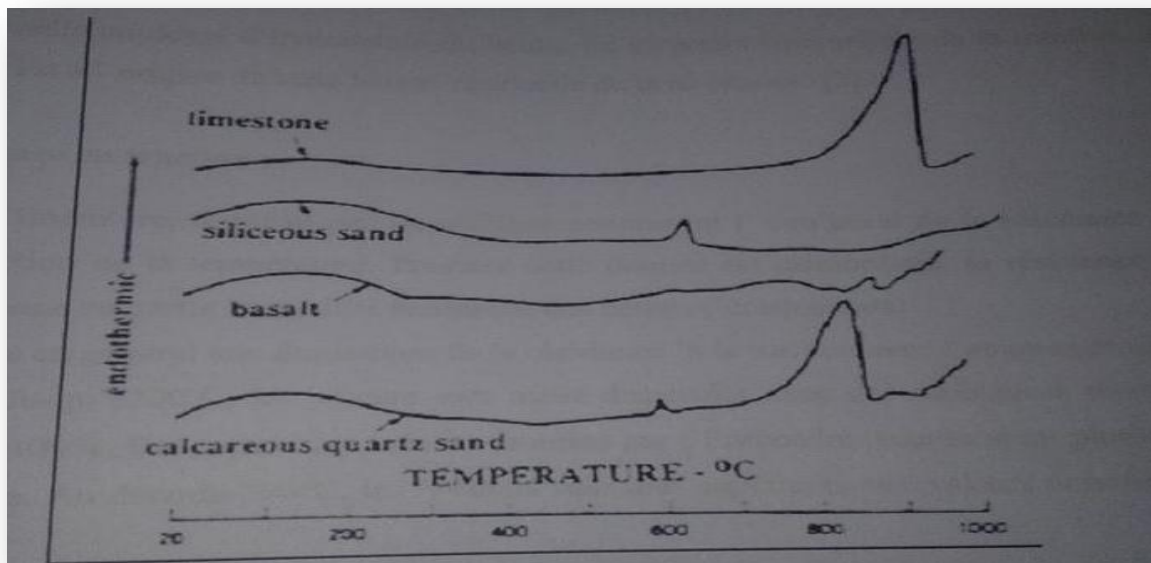


Figure (III-2): Courbe ATD des différents types de granulats [6]

III-3-3- Perte de masse :

Durant l'échauffement du béton, sa masse est soumise à une variation due à l'évaporation de l'eau et la déshydratation progressive du gel CSH.[3]

III-4- Effet de la température sur le comportement mécanique des bétons :

Le comportement à température ambiante des bétons est bien connu. Sous traitement thermique, la microstructure du béton subit d'importantes modifications physico-chimiques. Ces transformations au sein du matériau influencent le comportement mécanique. Dans ce qui suit, nous allons intéresser à l'évolution des propriétés mécaniques du béton avec une élévation de température. [3]

III-4-1- Résistance en compression :

Plusieurs auteurs ont étudié l'influence de haute température sur la résistance en compression du béton. Ils ont remarqué que la raison principale de cette diminution de résistance est l'évolution de la microstructure à cause de la déshydratation. En effet, la résistance à froid diminue sauf lorsqu'on chauffe le béton à plus de 120°C. En dessous de cette température, le chauffage ne fait varier que la résistance à chaud et le béton, une fois refroidi, reprend son comportement en compression avant chauffage. En quelque sorte, la résistance en compression est propositionnelle au degré d'hydratation du béton.

Le caractère irréversible de la réaction de déshydratation est à l'origine de cette baisse résiduelle de la résistance. [3]

III-4-2- Résistance en traction :

Dans la littérature, il existe peu de résultats concernant l'évolution de la résistance en traction en fonction de la température. Pourtant cette donnée est primordiale, la résistance en traction conditionne en partie la stabilité thermique des bétons (éclatement). On observe en général une diminution de la résistance à la traction avec l'augmentation de la température. Jusqu'à 300°C, les valeurs sont assez dispersées avec des résistances relatives allant de 35% à 100%. Par contre, les valeurs fournies par l'eurocadre représentent plutôt des valeurs moyennes. Au delà de 300°C, les résultats sont tous supérieurs aux valeurs données par l'euro code. [3]

III-5- Les principales modifications physico-chimiques dans le béton à haute température :

Lorsque le béton est soumis à des températures en augmentation, différents phénomènes consécutifs à des transformations chimiques, physiques et minéralogiques se produisent. Ces différents phénomènes, qui peuvent concerner aussi bien la pâte de ciment durcie que les granulats, sont les suivants :

✚ Entre 30°C et 150°C : l'eau libre et partie de l'eau adsorbée s'échappent du béton. Elle est complètement éliminée à 105°C. Simple dilatation (coefficient de Dilatation du béton : 1.10^{-5}).

✚ Entre 130 et 170°C : l'eau d'hydratation de l'hydroxyde de calcium est libéré et la pâte de ciment durcie se contracte les granulats se dilatent.

- ✚ Autour de 180°C et jusqu'à On à la première étape de la déshydratation la chaleur brise le gel de environ 300°C : ciment et arrache des molécules d'eau aux silicates hydratés. L'eau liée chimiquement commence à s'échapper du béton.
- ✚ Environ 250 et 370°C : On peut avoir de petits pics endothermiques indiquant des effets de décomposition et d'oxydation d'éléments métalliques (ferriques).
- ✚ Entre 450 et 550°C : l'hydroxyde de calcium se décompose selon la réaction :



- ✚ La vapeur d'eau peut engendrer un phénomène d'écaillage local.
- ✚ Autour de 570°C : Changement de phase spontanée du quartz, accompagnée d'un gonflement pour les granulats quartziques et basaltiques.
- ✚ Entre 600 et 700°C : Il y a décomposition des phases de C-S-H et formation de β -C₂S. C'est la seconde étape de la déshydratation des silicates de calcium hydratés qui produit Une nouvelle forme de silicates bi-calciques.
- ✚ Entre 700 et 900°C : Il y a décomposition du carbonate de calcium CaCO₃. Le calcaire se décompose autour de 800°C en CaO + CO₂, réaction fortement endothermique qui libère du gaz carbonique.
- ✚ Au-dessus de 1300 – 1400°C : Début de la fusion de la pâte et de ciment des agrégats. Le béton se présente sous forme de masse fondue.[6]

III-5-1- Evolution des composants et de la structure du béton au cours de l'échauffement :

La capacité d'un béton de résister au feu est une caractéristique très importante car elle permet aux structures de rester en place et d'assurer la stabilité des constructions. Les structures peuvent ainsi rester stables pendant une durée suffisante pour permettre l'intervention des secours et l'évacuation des occupants.

Le béton est un matériau à très faible en conductivité thermique : durant un incendie, la température à la surface du béton est bien plus grande que celle dans son cœur. Cela entraîne des gradients de températures et des modifications significatives à sa microstructure qui se traduisent par un affaiblissement des qualités mécaniques du matériau et dégradations de la durabilité des structures. [6]

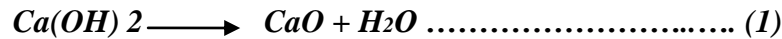
III-5-2- Evolution de la pâte de ciment au cours du chauffage :

L'exposition du béton à une température élevée provoque des dégradations mécanique, physique et chimique progressives de ses composants. Les principes de l'eau sous différentes formes. Une analyse thermique différentielle (ATD) permet de mettre en évidence les réactions physicochimiques au sein du matériau. Sur les courbes d'ATD de la figure 1, nous pouvons observer deux pics caractéristiques, un pic endothermique à 140°C, du au départ d'eau et un pic exothermique aux alentours de 840°C correspondant aux changements morphologiques de la phase du gel CSH.

Dans la pâte de ciment chauffée, tous les changements commencent par l'évaporation de l'eau. Entre 30°C et 120°C, l'eau libre et l'eau adsorbée s'évaporent, et au-delà de 150°C

les hydrates commencent à se décomposer. On observe la décomposition totale de l'ettringite, avant la température de 100°C, alors que les premiers signes de la décomposition du gel CSH apparaissent à 180°C et avant même cette température.

La déshydratation est assez rapide jusqu'à la température de 300°C. Lorsqu'on dépasse 300°C, l'eau la plus fortement liée qui participe à la constitution des hydrates, commence à s'évaporer. Entre 450°C et 550°C, on observe les premiers signes de la décomposition de la portlandite :



La deuxième étape de la décomposition des hydrates est observée à partir de 700°C, avec une vitesse plus lente et la formation de β -C2S. Le calcaire se décompose autour de 800°C en :



Avec un dégagement de chaleur et la libération du gaz carbonique. A des températures au-dessus de 1300°C, certains constituants fondent, ce qui provoque la destruction complète du matériau. Certains travaux que la déshydratation de la pate de ciment débute dès l'évacuation de l'eau évaporable.

Ensuite à partir de 180°C et jusqu'au-delà de 800°C, le gel de CSH se décompose essentiellement en silicate de calcium f3-C2S, f3-CS et en eau, tandis que se forme l'hydroxyde de calcium. Un phénomène d'hydratation additionnelle a été observé entre 200°C et 300°C à l'aide de la diffraction aux rayons X. Cette réaction se traduit par une diminution des phases 3-C2S et 3-C3S ainsi qu'une faible augmentation de la quantité de Ca(OH) 2. [6]

III-5-3- Evolution de l'interface pate – granulats à haute température :

Dans les bétons, l'interface pate-granulats est la partie la plus fragile, la plus poreuse et la mieux cristallisée. La présence de la fumée de silice réduit sa porosité et permet ainsi une bonne adhérence entre la matrice cimentaire et les granulats. Par contre, cette zone est moins riche en gel CSH.

A haute température, cette partie se dégrade progressivement en montant en température. Ceci est dû au départ de l'eau piégée dans les pores et liée chimiquement. Le retrait de dessiccation favorise le développement des fissures et au-delà de 120°C, les phénomènes de déshydratation engendrent une détérioration rapide au niveau de cette zone à cause de la dilatation différentielle entre la pâte de ciment (retrait) et les granulats (expansion).

Plus le matériau est hétérogène, plus la différence entre les coefficients de dilatation thermique des constituants est importante. Ces coefficients varient en fonction de la température, et dépendent du type de granulats et de ciment utilisés. Ceci a été confirmé par diederichs et al [7] en effectuant des essais de mesure du coefficient de dilatation thermique avec différentes natures de granulats. [6]

III-6- Conclusion :

La synthèse, tirée de la bibliographie, des observations concernant l'effet de la température sur le béton, a démontré que les propriétés physiques et mécaniques de béton sont influencées par les hautes températures, ceci est fortement conditionné par l'évolution de la microstructure, au départ de l'eau et aux changements physico-chimiques.

VI-1- Introduction :

Dans ce chapitre nous avons défini l'importance des essais appliqués sur le sable, le ciment, et le mortier dans toutes les étapes, pour connaître l'effet des ajouts minéraux sur les propriétés mécaniques et sur la durabilité des mortiers confectionnés à base de ciment des essais physiques, chimiques, et mécaniques ont été effectués au sein de laboratoire de département de Génie Civil et d'hydraulique d'Universitaire M'sila.

IV-2- Caractéristiques des matériaux

La caractérisation des matériaux de construction nécessite. Connaissance de la nature de ses composants.

IV-2-1- Le Sable

Le sable : est un produit de la désagrégation lente des roches. Et aussi il est le constituant du squelette granulaire qui a le plus d'impact sur le mortier

Il joue un rôle primordial en réduisant les variations volumiques, les chaleurs dégagées ce matériau se trouve en grande quantité dans les régions sahariennes.

Le sable de dune : était utilisé depuis longtemps dans l'exécution des travaux de remblais, de fondations et les travaux routiers.

Le sable de dunes est un matériau d'une grande disponibilité en Algérie.

Ce matériau est pratiquement non exploité, malgré les éventuelles caractéristiques qu'il peut présenter.

Le sable de concassée : C'est un sable légèrement argileux convient parfaitement pour le béton de qualité courante.

IV-2-1-1- Analyse granulométrique:

On peut définir l'analyse granulométrique par tamisage c'est un ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant échantillon, en employant des tamis à maille carrée afin d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.

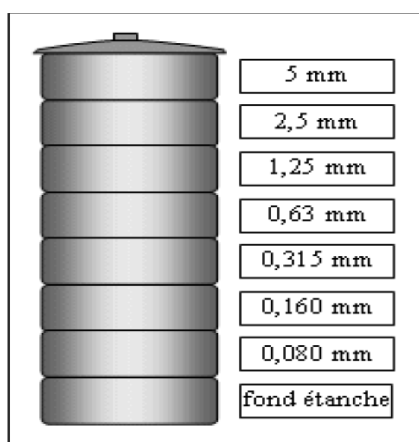


Figure (IV.1): Colonne de tamis.



Figure (IV.2): Tamiseur électrique.

IV-2.1.2-Equivalent de sable

Cet essai, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fin qui flocculent.

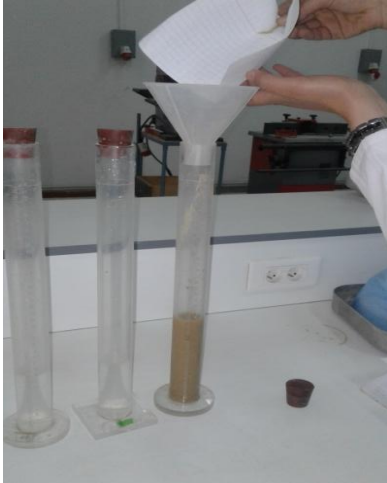


Figure (IV-3):Essai d'équivalent de sable.

IV.2.1.3- La masse volumique

Est un la masse de l'unité de volume du matériau (pores et vides compris) il y à deux type la masse volumique apparente et la masse volumique absolue



Figure (IV-4):La masse volumique Apparente.

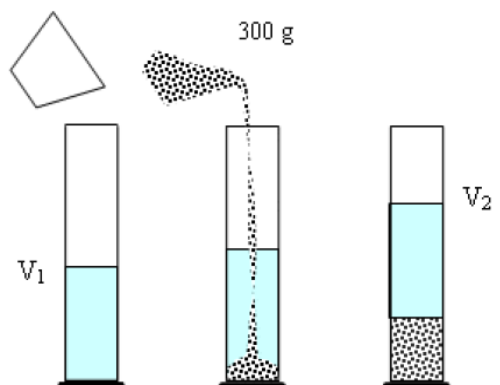


Figure (IV-5):La masse volumique Absolue

IV-3-Résultat des essais sur le sable :

IV-3-1-résultats d'analyse granulométrique

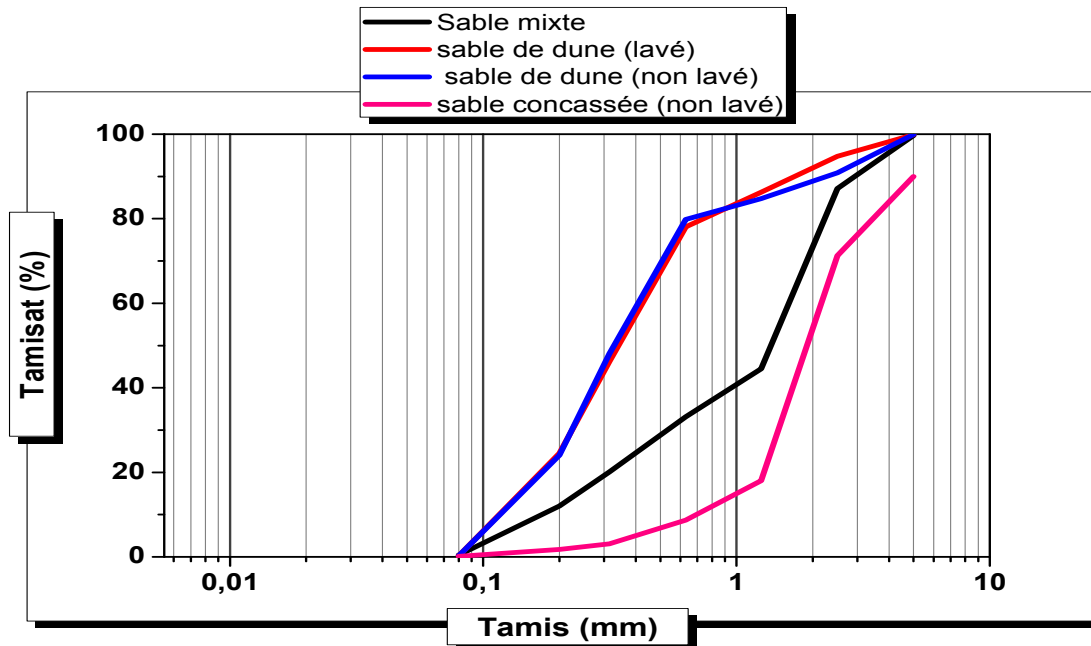


Figure (IV-6): L'analyse granulométrique de sable.

IV-3-2-résultats équivalent de sable

$ESV = (H_2/H_1) \times 100$ $75 \leq ESV \leq 85$	$ESP = (H'_2/H_1) \times 100$ $70 \leq ESP \leq 80$
----------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

	Essai	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ESV %	ΣM d'ESV %
		<i>visuel</i>	01		
	02	12,3	8,8	71,54	70,25
	03	13,7	8,8	64,23	
<i>piston</i>	Essai	H_1 (cm)	H'_2 (cm)	ESP %	
	01	12	8,3	65,04	65,97
	02	12,3	8,0	65,04	
	03	13,7	8,5	62,04	

Tableau (IV-1):Equivalent du sable de dune (non lavé)

	Essai	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ESV %	ΣM d'ESV %
		<i>visuel</i>	01	11,5	
	02	11,5	9	78,26	78,61
	03	11,6	9,1	78,44	
<i>piston</i>	Essai	H_1 (cm)	H'_2 (cm)	ESP %	
	01	11,5	8,8	76,52	75,14
	02	11,5	8,6	74,78	
	03	11,6	8,6	74,13	

Tableau (IV-2):Equivalent du sable de dune (lavé)

visuel	Essai	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ESV %	ΣM d'ESV %
	01	16,3	13,2	80,98	81,23
02	17,1	14	81,87		
03	16,2	13,1	80,86		
piston	Essai	H_1 (cm)	H'_2 (cm)	ESP %	ΣM d'ESP %
	01	16,3	8,2	50,30	49,22
02	17,1	8,1	47,36		
03	16,2	8,1	50		

Tableau (IV-3):Equivalent de sable concassée (non lavé)

IV-3-3-résultats de masse volumique

$$M_{app} = m / v \text{ (g/l)}$$

IV-3-3-1-la masse volumique apparente

	Essai	Masse (g)	V de récipient (ml)	M_{app} (g /ml)	Moyenne M_{app}
lâche	01	1469,5	900	1,632	1,629
	02	1468,2		1,631	
	03	1463,5		1,626	
compact	01	1576,7	900	1,751	1,760
	02	1590,9		1,767	
	03	1587,5		1,763	

Tableau (IV-4):La masse volumique apparente du sable de dune (non lavé)

	Essai	Masse (g)	V de récipient (ml)	M_{app} (g /ml)	Moyenne M_{app}
lâche	01	1351	900	1,524	1,524
	02	1375		1,527	
	03	1391		1,545	
compact	01	1513,7	900	1,681	1,699
	02	1537,1		1,707	
	03	1539,4		1,710	

Tableau (IV-5):La masse volumique apparente du sable de dune (lavé)

	Essai	Masse (g)	V de récipient (ml)	M_{app} (g /ml)	Moyenne M_{app}
lâche	01	1312,1	900	1,457	1,462
	02	1315,2		1,461	
	03	1323		1,47	
compact	01	1439,3	900	1,599	1,622
	02	1460,5		1,622	
	03	1480,8		1,645	

Tableau (IV-6):La masse volumique apparente du Sable concassée (non lavé)

IV-3-3-2- La masse volumique absolue :

	Essai	Masse(g)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	M _{v ab} (g/ml)	Moyenne m _{v ab}
non lavé	01	300	300	402,5	2,926	2,916
	02			403	2,912	
	03			403	2,912	
lavé	01	300	300	402	2,941	2,921
	02			403	2,912	
	03			403	2,912	

Tableau (IV-7): La masse volumique absolue du sable de dune

Essai	Masse(g)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	M _{v ab} (g/ml)	Moyenne m _{v ab}
01	300	300	402	2,941	2,912
02			404	2,884	
03			403	2,912	

Tableau (IV-8): La masse volumique absolue du sable de concassée (non lavé)

Essai	Masse(g)	V ₁ (ml)	V ₂ (cm ³)	M _{v ab} (g/cm ³)	Moyenne m _{v ab}
01	300	150	269	2,521	2,564
02			265	2,608	
03			267	2,564	

Tableau (IV-9): La masse volumique apparente du sable mixte (1/3SD, 2/3SC)

IV -2-3-Eau :

IV-2-3-1-Eau de gâchage (robinet) :

C'est la quantité d'eau totale ajoutée au mélange sec de mortier. Elle est nécessaire pour l'hydratation du liant, le mouillage des granulats et la facilité de mise en place du mortier.

IV-2-3-2-Résultats d'analyse de l'eau

D.MINE RALESATION			Norme A	Unité
D01	Calcium Ca ⁺⁺	195	75-200	mg/l
D02	Magnésium Mg ⁺⁺	119	<150	mg/l
D03	Chlorures CL ⁻	177	200-500	mg/l
D04	Sulfate SO ₄ ⁻²	800	200-400	mg/l
D05	Bicarbonate HCO ₃	427	/	mg/l
D06	Carbonate CO ₃ ⁻²	00	/	mg/l
D07	Silicate SIO ₂	/	/	mg/l
D08	Dureté totale (TH)	98	10-50	F°
D09	Dureté permanente	63	/	F°
D10	Titre alcalin(TA)	00	/	F°
D11	Titre alcalin complet	35	20-35	F°

Tableau (IV-10): L'analyse de l'eau

IV-2-4- Ciment:

Le ciment est un produit moulu du refroidissement du clinker qui contient un mélange de silicates et d'aluminates de calcium porté à 1450-1550 C° , température de fusion . Le ciment usuel est aussi appelé liant hydraulique

IV-3-Formulation de mortier normal

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

- ❖ Dans notre cas en a utilisé pour le mortier:
 - 1350g de sable (03 parties).
 - 450g de ciment (une partie).
 - 270g d'eau (à peu près une demi-partie) → E/C = 0.6
 - 225g d'eau → E / C =0,5
- ❖ Et aussi en utilisé trois types des adjuvants avec des pourcentages différent
 - Entraîneur d'air
 - Retardateur de prise
 - Accélérateur de prise

Un malaxeur normalisé est également requis pour la réalisation du mortier.



Figure (IV-7) : Appareil de malaxage

On a utilisé les abréviations suivantes :

- ✚ Mortier de référence (témoin) → combinaisons : MCT
- ✚ Mortier avec 0,45% accélérateur → combinaisons : MA1
- ✚ Mortier avec 0,75% accélérateur → combinaisons : MA2
- ✚ Mortier avec 0,5 % entraîneur d'air → combinaisons : ME1
- ✚ Mortier avec 1,5 % entraîneur d'air → combinaisons : ME2

- ✚ Mortier avec 0,5 % retardateur de prise → combinaisons : MR1
- ✚ Mortier avec 0,35 % retardateur de prise → combinaisons : MR2

IV-3-1-Préparation des éprouvettes :

Les éprouvettes sont de forme prismatique de section carrée (4 x4 x 16) cm, Elles doivent être moulées le plus vite possible après la confection du mortier. Et après en moulage les pates dans le moule métallique à composer en trois alvéoles, on introduit la première couches de mortier La couche est étalée uniformément en utilisant la grande spatule puis serrée par 05 chocs avec table à choc, La deuxième couche est alors introduite, nivelée avec la petite spatule et serrée à nouveau par 05 chocs. Et même chose avec la troisième couche Le moule est enlevé de la table choc, et après avoir retiré la hausse, on enlève l'excédent de mortier par arasage La surface des éprouvettes est ensuite lissée.



Figure (IV-8) : Moule d'éprouvettes Prismatiques (4x4x16) cm.



Figure (IV-9) : Table de choc

IV-3-2- Conservation des éprouvettes :

Après 24h de la confection des éprouvettes et après le décoffrage on les conserve dans l'eau de robinet le temps de conservation dans l'eau est 7jours et 28jours

Ensuite en mettre les éprouvettes dans l'étuve pour séchage à 105°C de l'échantillon pendant au moins 24h jusqu'à obtention d'une masse constante.

Finalement on été exposées à une température élevée variant de 28°C, 200°C, 400°C enfin 600°C



Figure (IV-10) : Les éprouvettes Après le démoulage



Figure (IV-11) : Les Éprouvettes dans un bassin D'eau



Figure (IV-12) : Les éprouvettes dans une étuve



Figure (IV-13) : Les Éprouvettes dans le Four

IV-4-Essais de résistances mécaniques :

IV-4-1-A l'état frais de mortier:

IV-4-1-1-L'affaissement:

L'essai d'affaissement : est un essai réalisé sur le mortier de ciment frais peu fluide pour déterminer sa **consistance**.



Figure (IV-14) : Mesure de la fluidité du mortier

IV-4-1-2-La masse volumique:

	<i>Essai sur le mortier frais</i>			
<i>Type de ciment</i>	<i>Matine</i>			
<i>Type d'adjuvant</i>	<i>Sans l'adjuvant (témoin)</i>	<i>Retardateur de prise</i>	<i>Accélérateur de prise</i>	<i>Entraineur d'air</i>
<i>Masse de moule + mortier(g)</i>	9454	9246	9415	9156,4
<i>Masse de moule vide (g)</i>	7691	7576	7597	7715
<i>Masse de mortier(g)</i>	1763	1670	1818	1441,4
<i>Volume de moule</i>	768	768	768	768
<i>Masse volumique(p)</i>	2,295	2,174	2,367	1,876

Tableau (IV-11) : Résultat de la masse volumique à chaque type de mortier



Figure (IV-15) : La masse volumique de mortier à l'état frais

IV-4-2-A l'état durci de mortier

IV-4-2-1-Résistance à la compression :



Figure (IV-16) : Appareil de compression

IV-4-2-2-Résistance à la traction par flexion:



Figure (IV-17) : Appareil de traction par flexion

IV-4-2-3-porosité

La porosité est l'ensemble des vides (pores) d'un matériau solide, ces vides sont remplis par des fluides (liquide ou gaz). C'est une grandeur physique qui conditionne les capacités d'écoulement et de rétention d'un substrat



Figure (IV-18) : Appareil de chauffage



Figure (IV-19): Les éprouvettes Cubiques



Figure (IV-20) : Les éprouvettes dans Appareil de chauffage

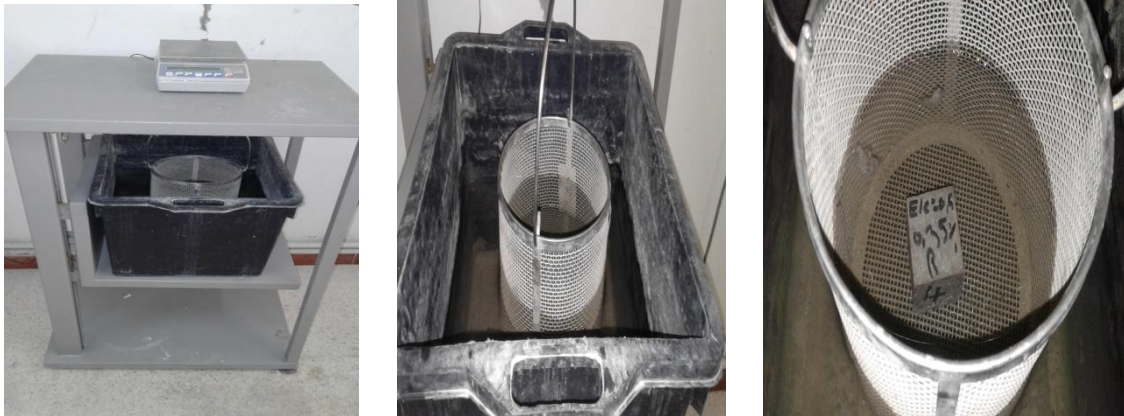


Figure (IV-21) : Appareil de porosité

La porosité est calculée par la formule:

Avec:

V_p : volume de vide %

A : poids de l'échantillon après étuvage(g)

C : poids à l'air après immersion et ébullition(g)

D : poids à l'eau immersion et ébullition(g)

$$V_p = \frac{C - A}{C - D} \times 100$$

I-4-2-4-perte de masse:

Dans cette essai en mesurée les éprouvettes chaque l'étape (après démoulage, après prise de l'eau, après étuve et finalement après fours)



Figure (IV-22) : le poids des éprouvettes à l'état solide

La perte de masse est calculée par deux la formule:

$$M_1 = m_{28J} - m_c$$

$$M_p = \frac{M_1 \times 100}{m_{28J}}$$

V-1-Introduction :

Nous présentons dans ce chapitre les résultats des différents essais effectués sur les Mortiers confectionnés selon les différentes combinaisons d'adjuvant:

✚ Les adjuvants modifiant la prise et le durcissement :

Les accélérateurs de prise Ils diminuent les temps de prise ou de durcissement du ciment.

Les retardateurs de prise Ils augmentent le temps de prise du ciment

✚ Les adjuvants modifiant certaines propriétés du mortier :

Les entraîneurs d'air Ils entraînent la formation de micro bulle d'air uniformément réparties

V-2-Résultats des essais

V-2-1-à l'état frais :

V-2-1-1-l'affaissement :

Les figures (V-1, V-2) et (V-3) montrent l'évolution de la maniabilité en fonction du rapport E/C.

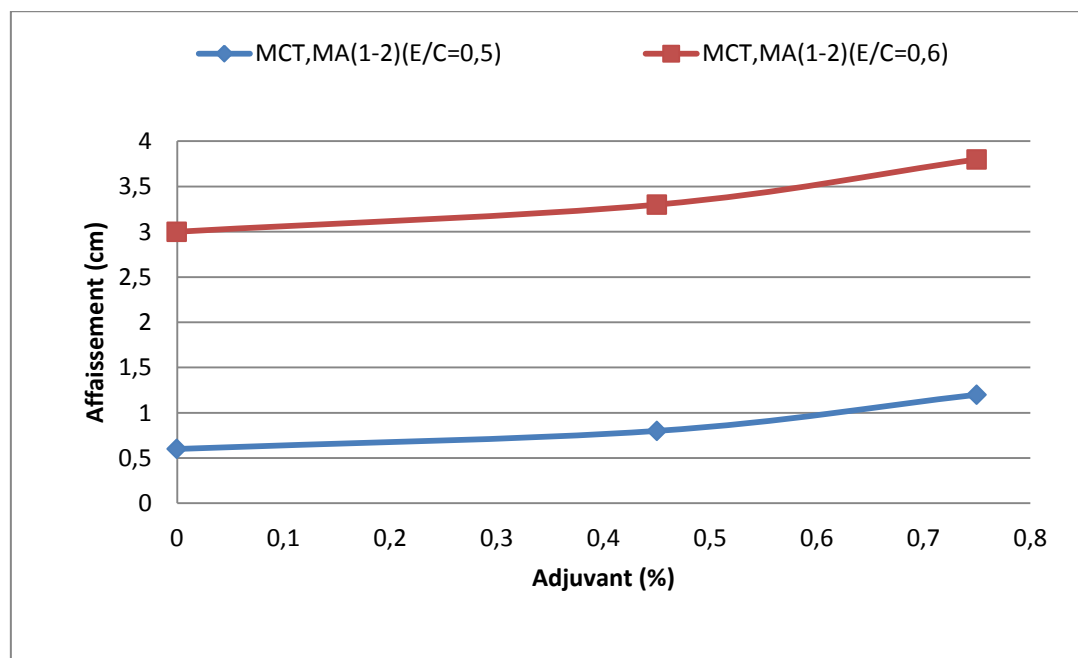


Figure (V-1):L'affaissement des compositions des MCT et MA (1-2)

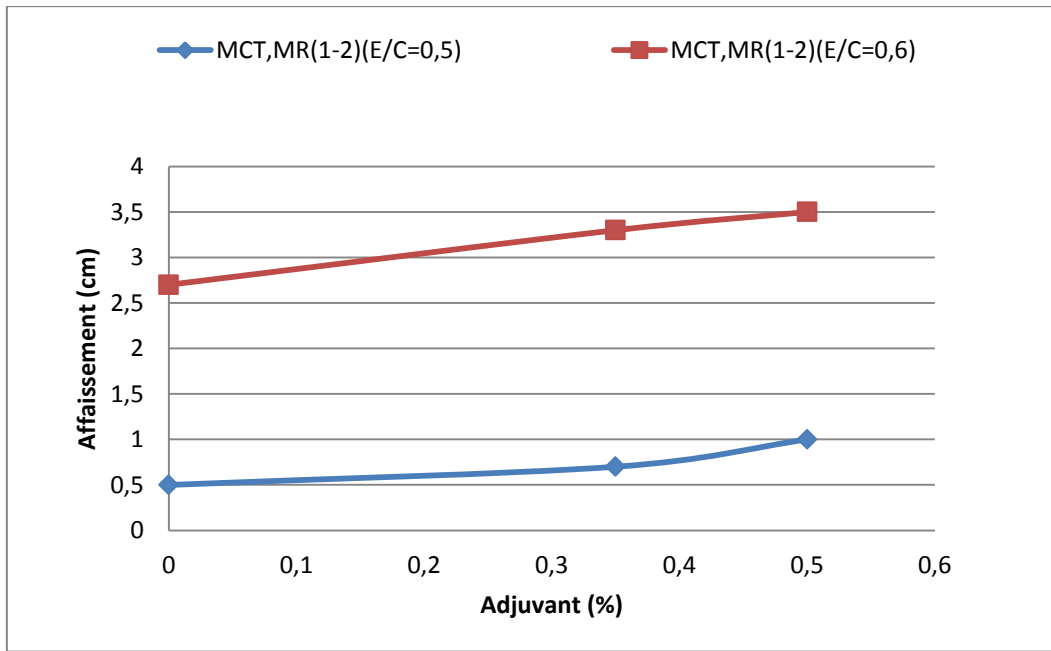


Figure (V-2): L'affaissement des compositions des MCT et MR (1-2)

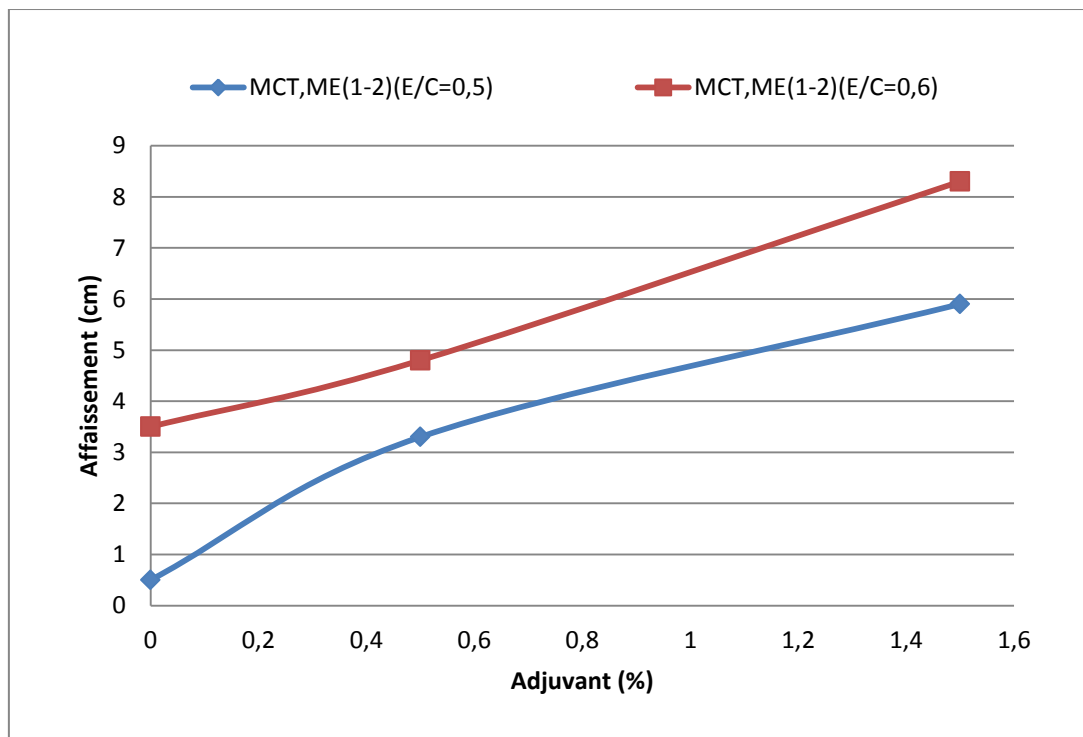


Figure (V-3): L'affaissement des compositions des MCT et ME (1-2)

Interprétation de résultats:

Le constat général qui se dégage est que l'affaissement au cône augmente lorsque le rapport E/C croît.

Le rapport E/C de 0,50 semble le plus approprié pour un mortier courant et donne un affaissement de consistance plastique, valeur ciblée dans les tous les mortiers adjuvantes formulation. Le rapport E/C de 0,6 donne une ouvrabilité trop plastique voire mou.

V-2-2-à l'état durci :

V-2-2-1-Résultats de résistance à la compression:

Les figures (V-4, V-5,..., V-11) montrent la variation de la résistance à la compression résiduelle dans les mélanges de mortier à un âge de (7 et 28) jours en fonction de la température et E/C.

Mortier témoin E/C=0,5

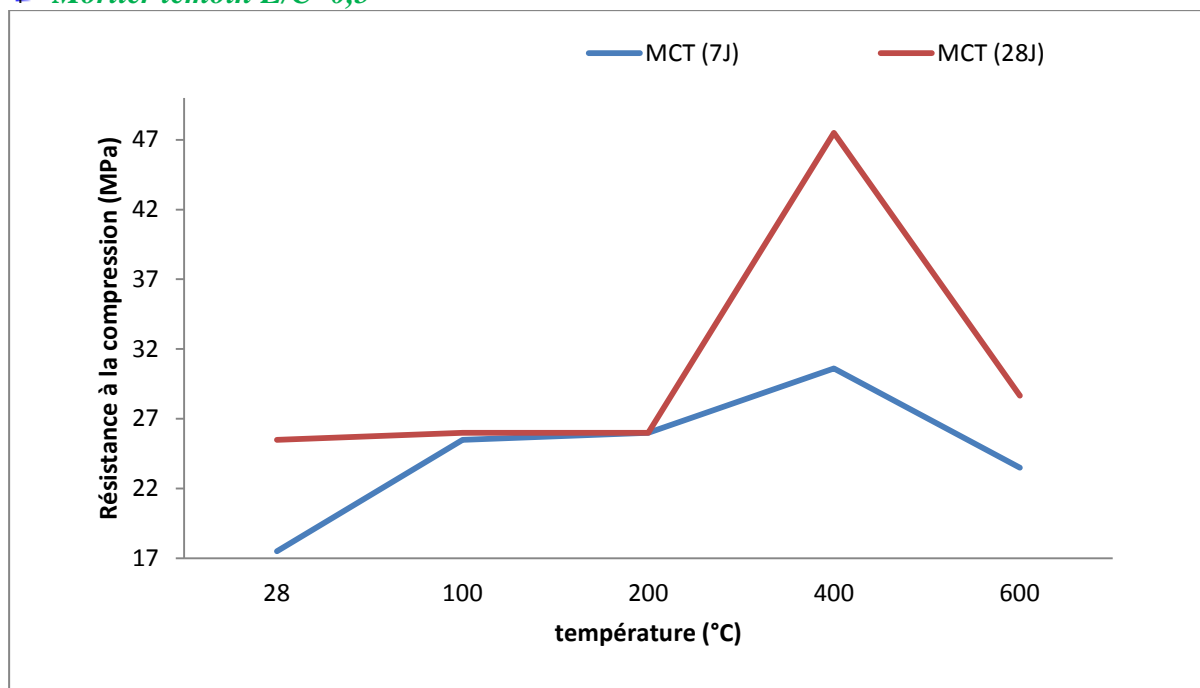


Figure (V-4): Résistance à la compression de MTC en fonction de la température (E/C=0,5)

Mortier témoin E/C=0,6

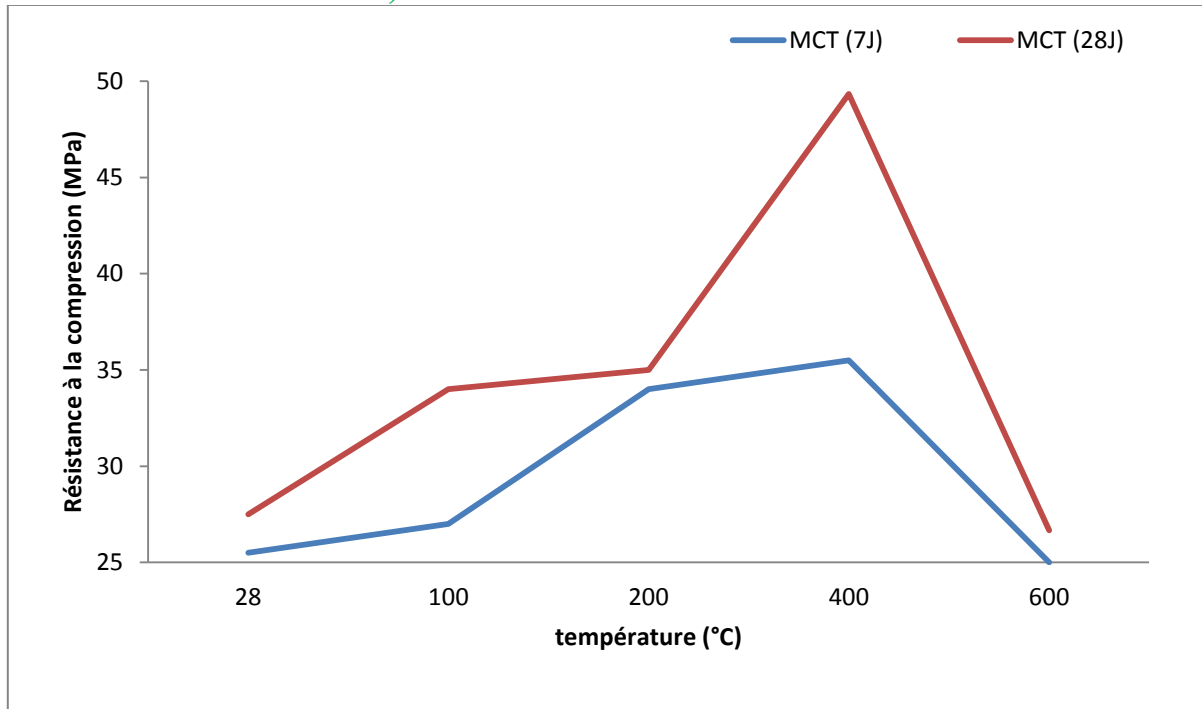


Figure (V-5) : Résistance à la compression de MCT en fonction de la température (E/C=0,6)

Mortier avec l'adjuvant E/C=0,5

0,45% 0,75% accélérateur

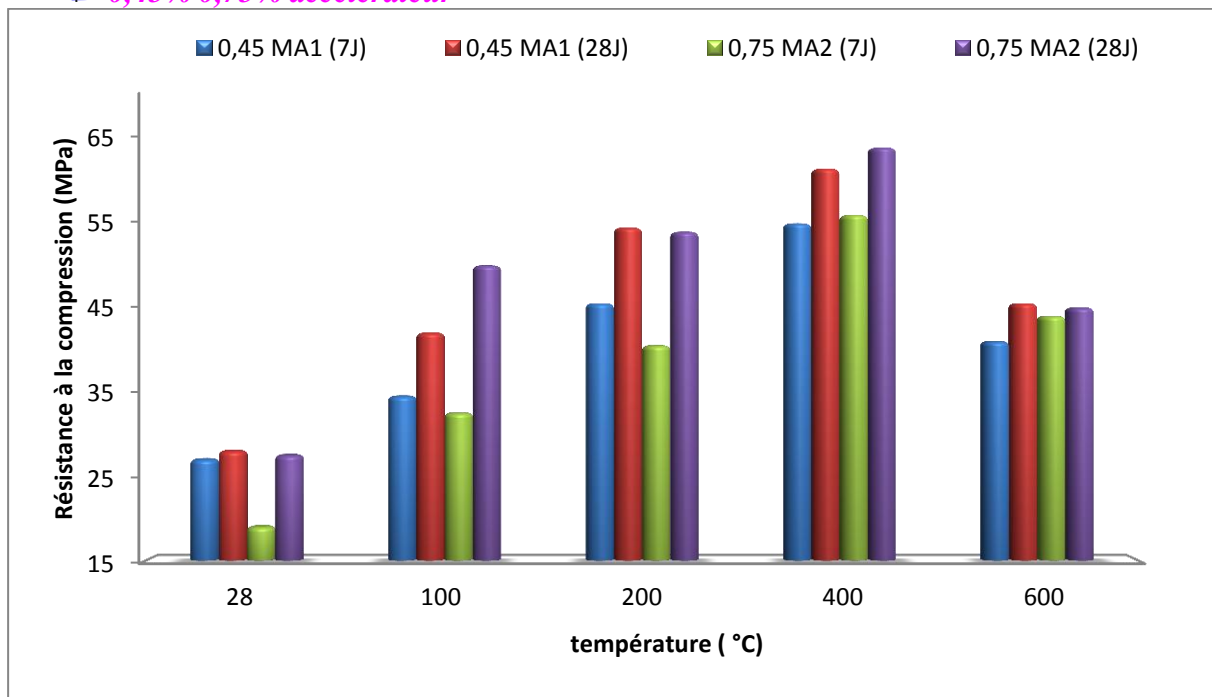


Figure (V-6): Résistance à la compression de MA1 et MA2 en fonction (E/C=0,5)

Mortier avec l'adjuvant E/C=0,6

0,45% 0,75% accélérateur

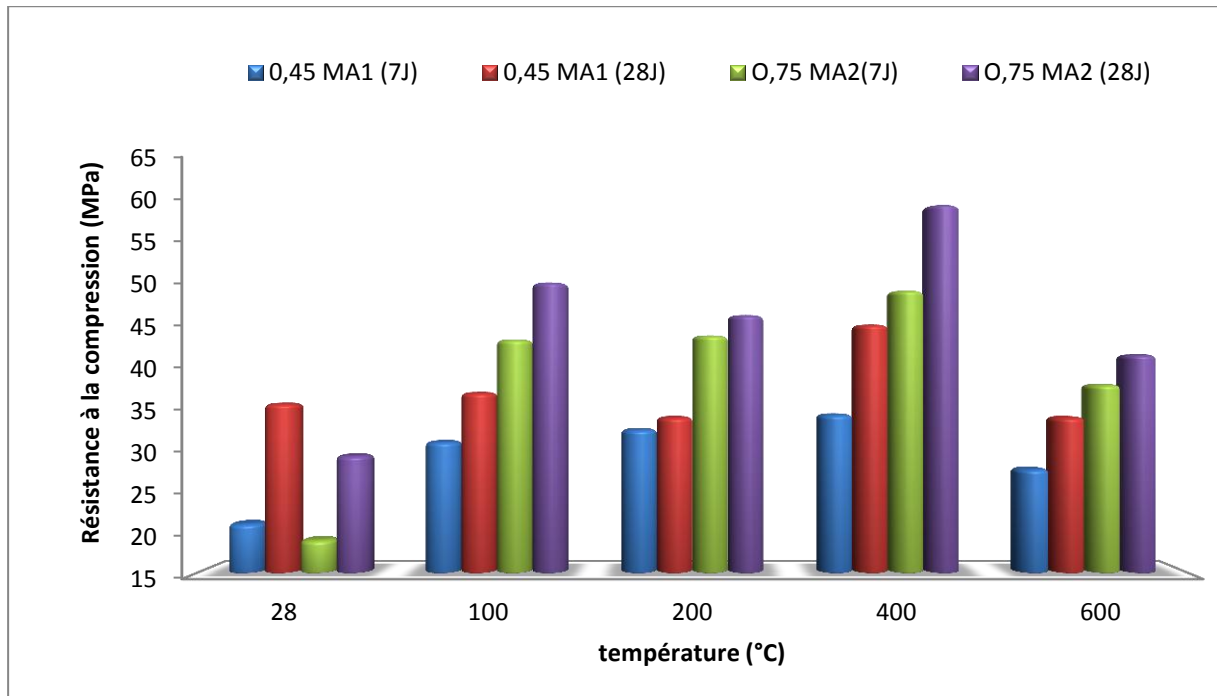


Figure (V-7): Résistance à la compression de MA1 et MA2 en fonction de la température (E/C=0,6)

Mortier avec l'adjuvant E/C=0,5

0,5% 0,35% retardateur

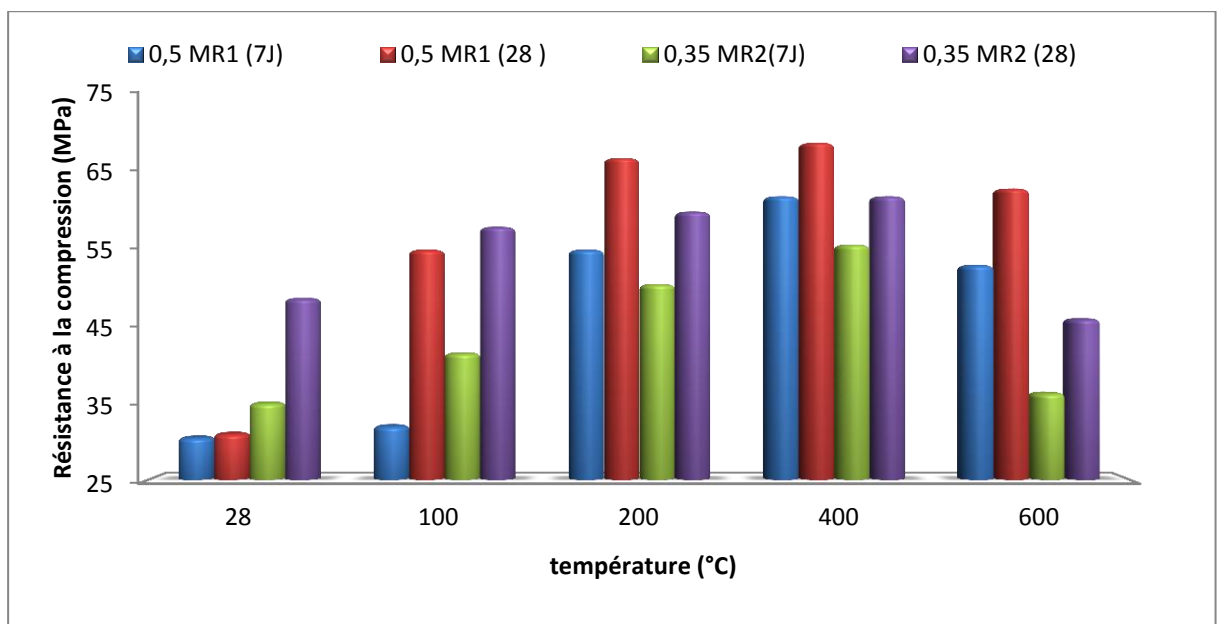


Figure (V-8) : Résistance à la compression de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0,5)

✚ Mortier avec l'adjuvant E/C=0,6

✚ 0,5% 0,35% retardateur

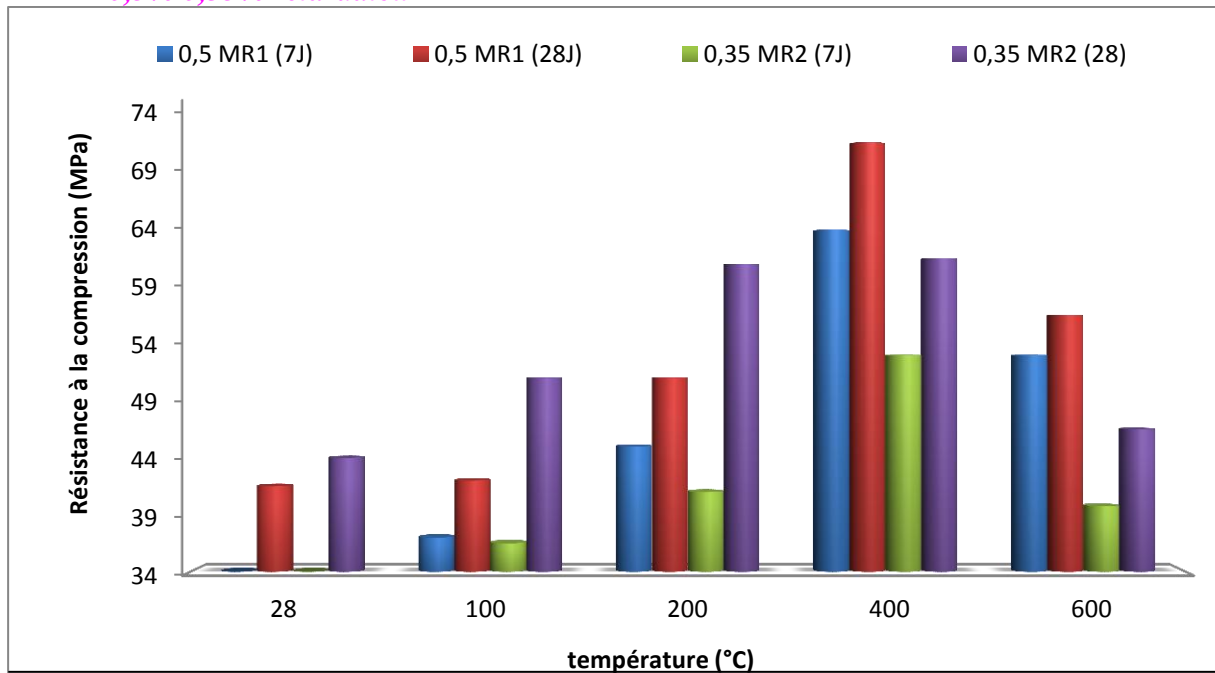


Figure (V-9) : Résistance à la compression de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0,6)

✚ Mortier avec l'adjuvant E/C=0,5

✚ 0,5% 1,5% entraîneur d'air

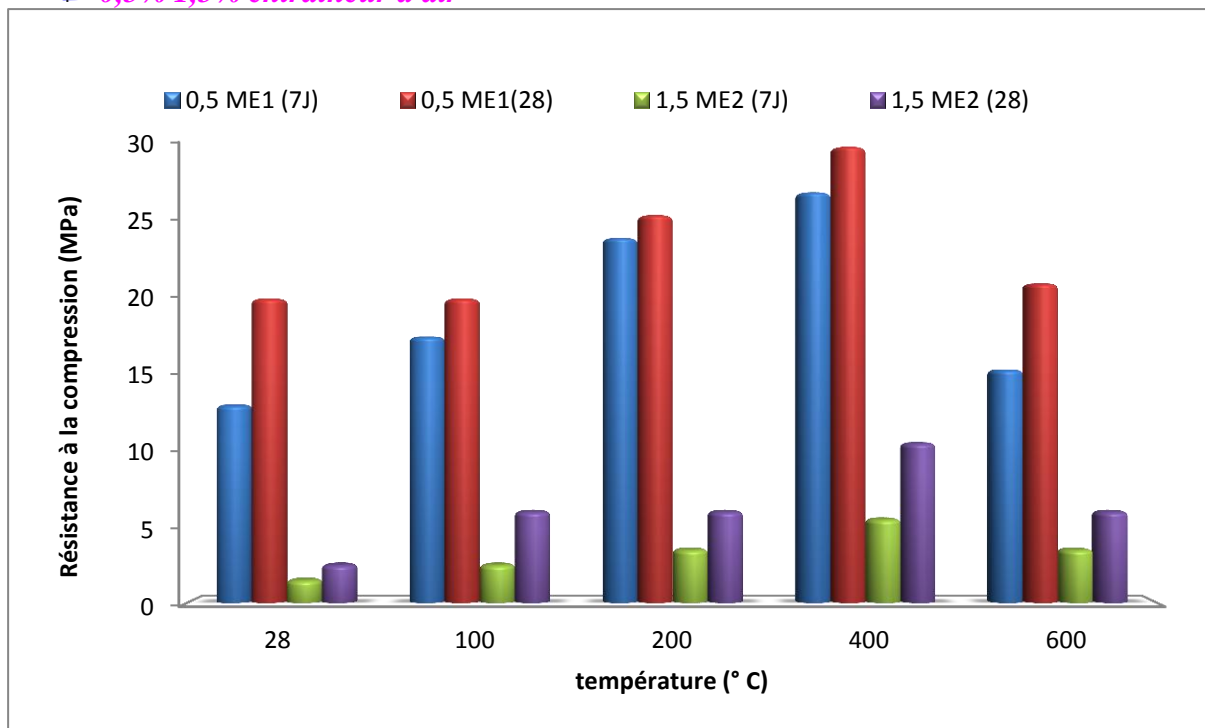


Figure (V-10) : Résistance à la compression de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0,5)

✚ Mortier avec l'adjuvant E/C=0,6

✚ 0,5% 1,5% entraîneur d'air

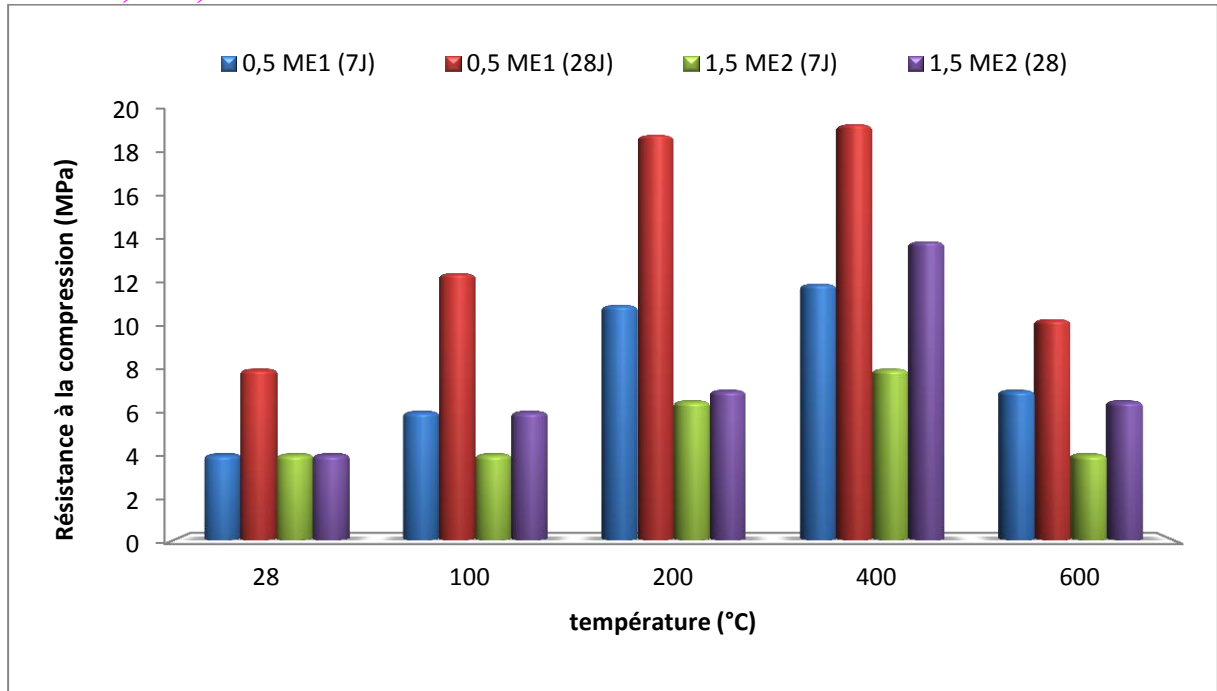


Figure (V-11) : Résistance à la compression de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0,6)

✚ Interprétation de résultats:

En général, la résistance à la compression de différents mélanges de mortier augmente en fonction de la température élevée jusqu'à 400 °C.

Pour les mélanges de mortiers témoins à (28) jours, les résistances de compression résiduelles sont environ (19,12%, 21,43%, 46,32%) à la température de (100,200, 400) °C respectivement.

La résistance à la compression pour les mortiers contenant les super plastifiants variant de (64 à 71,67) à une température de 400°C. La résistance le plus élevée a été celui du mortier contenant le plastifiant; Tandis que le mélange contenant de l'entraînant d'air a maintenu la proportion la plus faible (33,33%).

À une température de (400 °C), la résistance à la compression résiduelle pour les mortiers adjuvantes variait entre (21,31%, 76,19 %). Les super plastifiants (retardateurs et accélérateurs de prise a maintenu la plus forte proportion de résistance à la compression (57,03%). Les mortiers avec accélérateurs de prise ont maintenu la proportion la plus faible (21,31%). À une température de (600 °C), ces proportions variaient entre (4,91%, 38,89%).

Le mortier contenant un retardateur et réduisant l'eau maintient une résistance résiduelle maximale, environ (55,07 %); alors que la plus faible résistance résiduelle (33,33%) est pour celle qui contient du entraîneur d'air.

Les résultats des essais montrent différentes pertes de résistance à la compression en fonction de température et type d'adjuvant utilisé. La perte évidente commence à la température après (400 °C) qui représente la température critique à laquelle la perte de résistance serait rapide et se poursuit avec une élévation de température [19].

Il est bien connu que le mortier se compose d'un agrégat fin dispersé dans une matrice continue de pâte de ciment et que la zone de transition entre la matrice de pâte de ciment et l'agrégat est considérée comme une zone critique et affecte évidemment les performances concrètes exposées aux températures élevées [20]

Il est remarqué que les changements qui se produisent dans cette zone sont responsables de la perte de résistance à la compression grâce à la structure des pores grossière pour la structure et l'agrégat de la pâte de ciment, en raison de l'identification non différentielle entre la pâte de ciment et l'agrégat qui entraîne par conséquent une faible liaison entre la pâte de ciment et la surface agrégée; En plus de l'effet de la pression de l'eau vaporisée pendant le processus de chauffage [20],

Les changements chimiques se produisant dans cette zone - Représentés par la perte d'humidité libre, l'augmentation de la teneur en calcium (CSH) et l'allongement des cristaux d'hydroxyde de calcium se propageant étroitement dans La pâte de ciment à la température augmente et ainsi de suite. Outre d'autres changements chimiques et physiques tels que le rétrécissement se produisant dans la pâte de ciment ou le mortier et l'expansion agrégée qui conduit à l'apparition de microfissures dans le béton [21].

V-2-2-2-Résultats de résistance traction par flexion :

Les figures (V-12, V-13, ..., V-19) montrent la variation du taux de résistance à la traction par flexion des mortiers à l'âge de 7 et 28 jours avec des températures variées.

Mortier témoin E/C=0,5

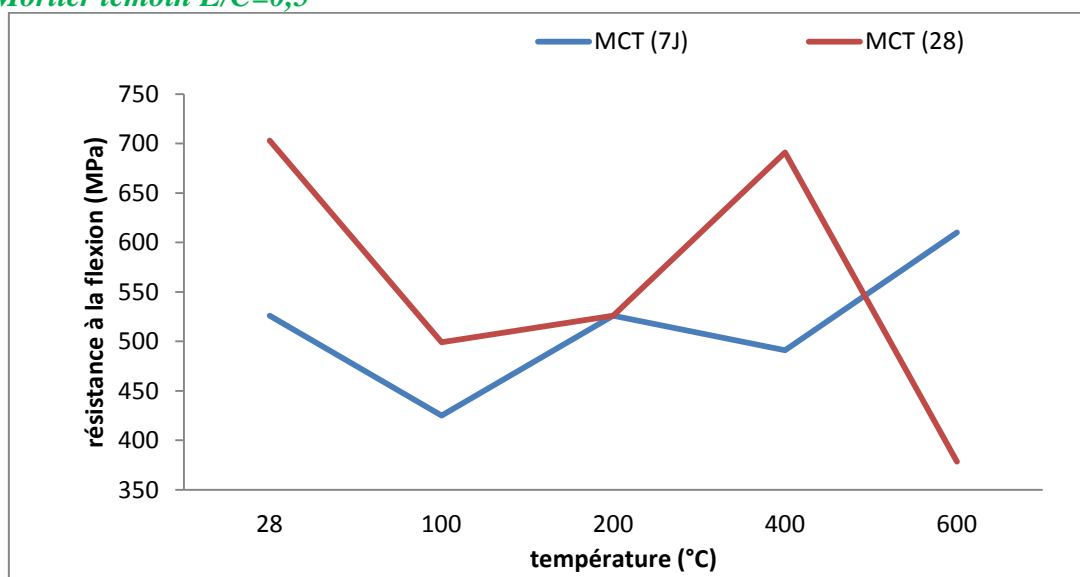


Figure (V-12) : Résistance à la flexion de MCT en fonction de la température (E/C=0,5)

✚ Mortier témoin E/C=0,6

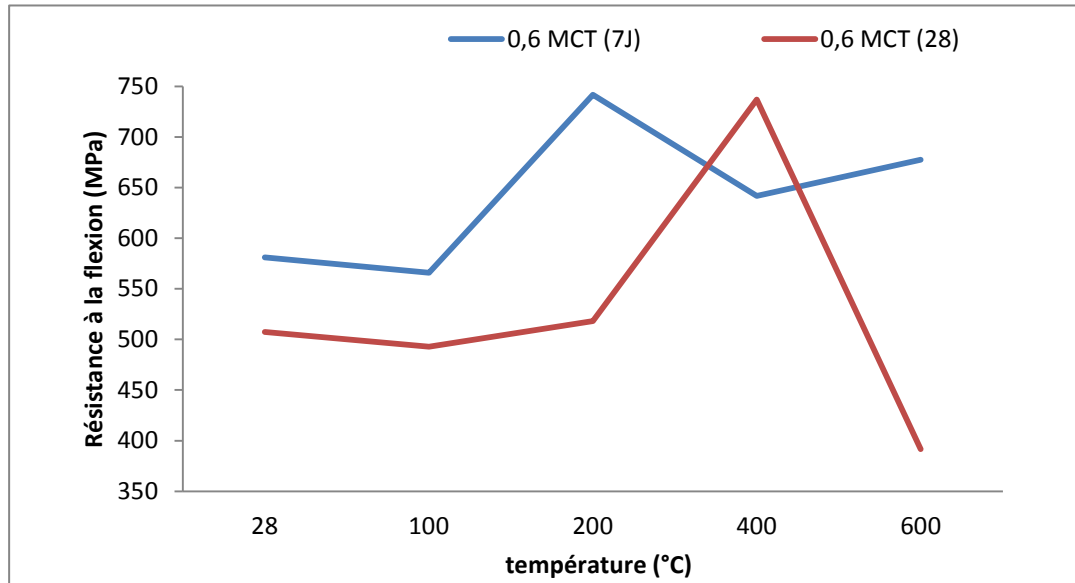


Figure (V-13) : Résistance à la flexion de MCT en fonction de la température (E/C=0,6)

✚ Mortier avec l'adjuvant E/C=0,5

✚ 0,45% 0,75% accélérateur

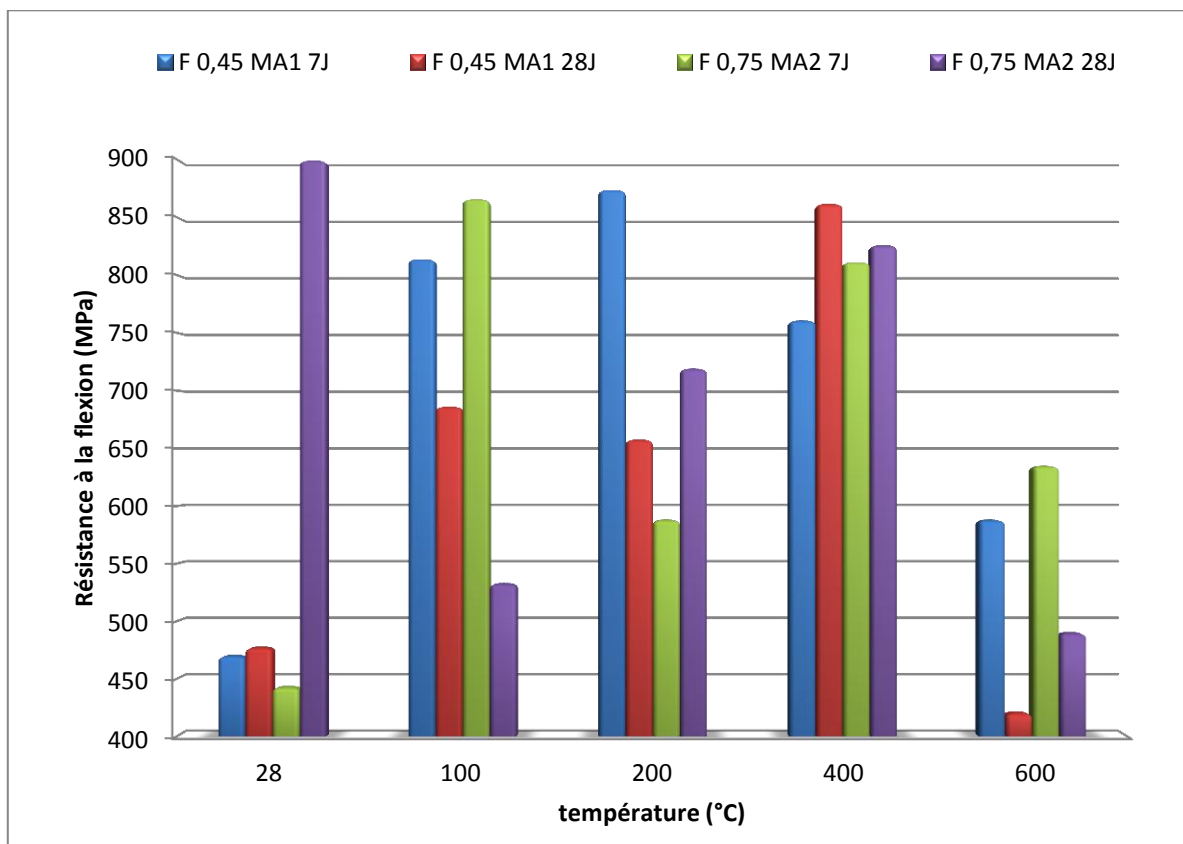


Figure (V-14) : Résistance à la flexion de MA1 et MA2 en fonction de la température (E/C=0,5)

Mortier avec l'adjuvant E/C=0,6

0,45% 0,75% accélérateur

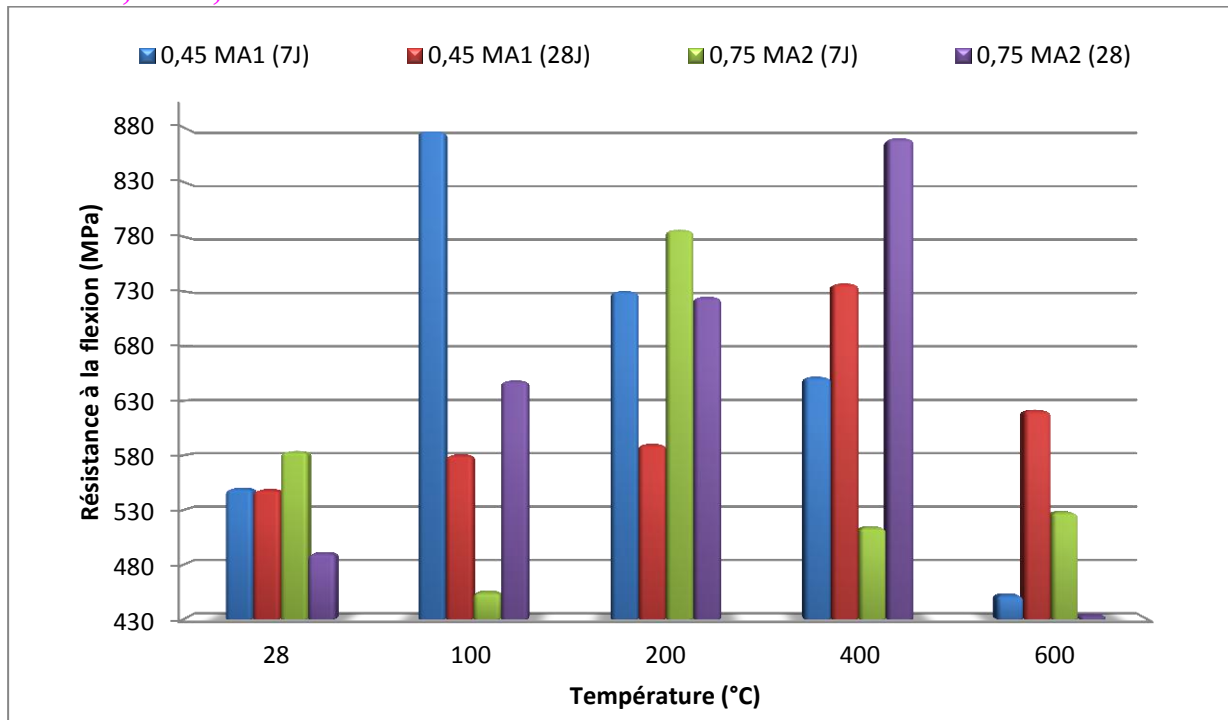


Figure (V-15) : Résistance à la flexion de MA1 et MA2 en fonction de la température (E/C=0,6)

Mortier avec l'adjuvant E/C=0,5

0,5% 0,35% retardateur

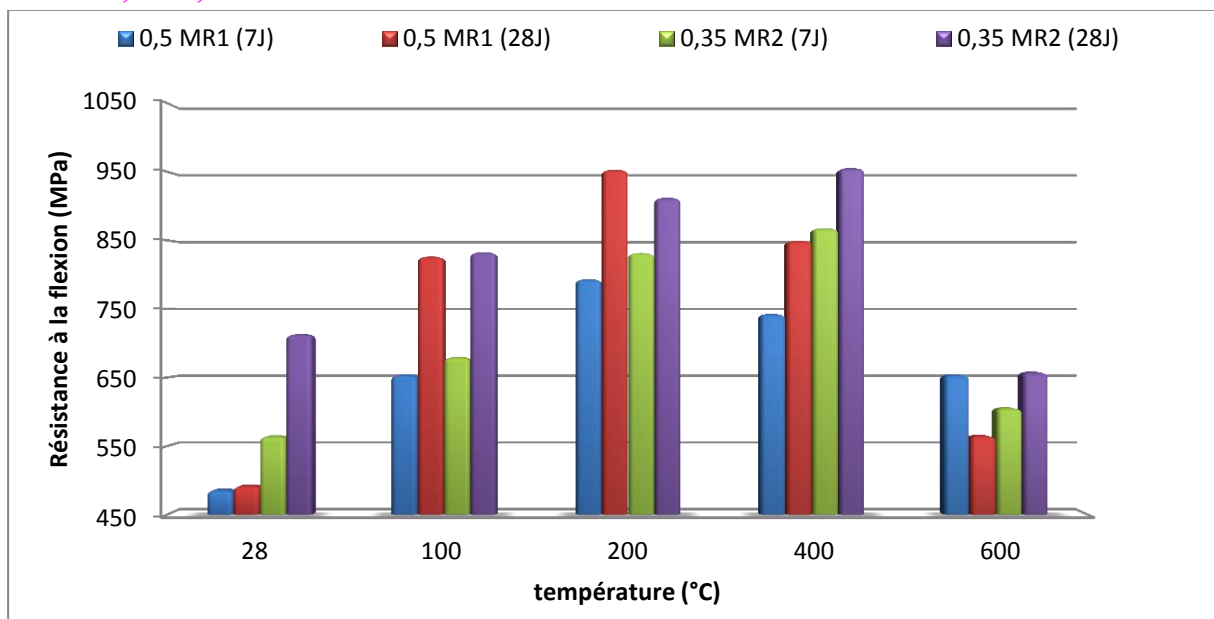


Figure (V-16) : Résistance à la flexion de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0,5)

Mortier avec l'adjuvant E/C=0,6

0,5% 0,35% retardateur

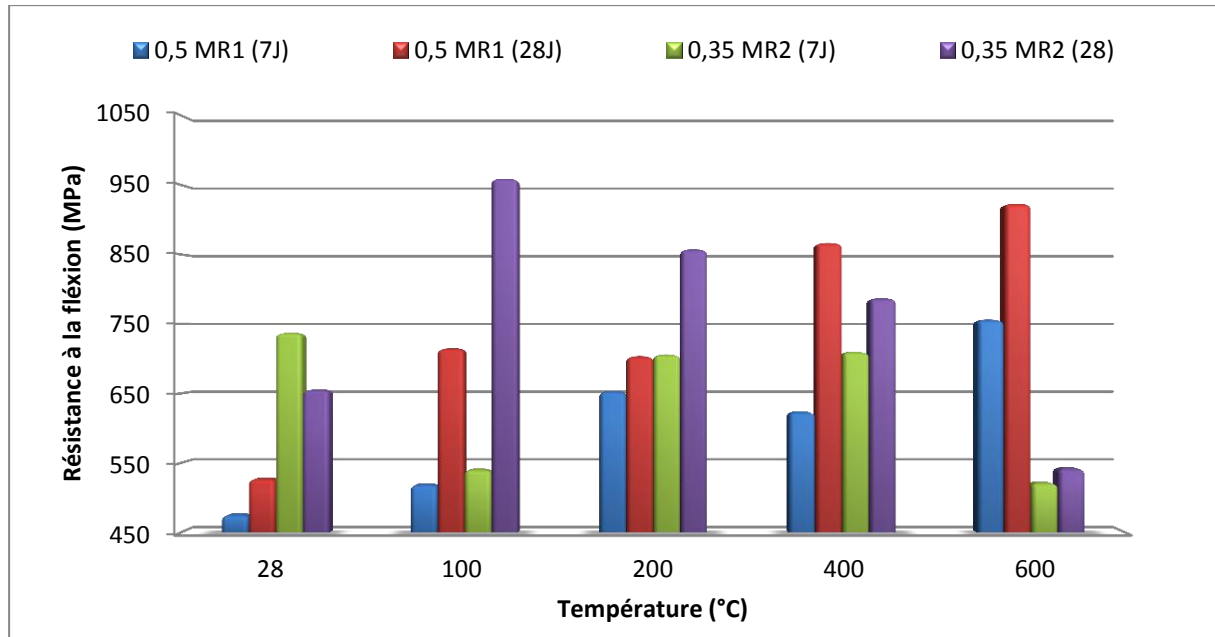


Figure (V-17) : Résistance à la flexion de MR1 et MR2 en fonction de la température (E/C=0,6)

Mortier avec l'adjuvant E/C=0,5

0,5% 1,5% entraineur d'air

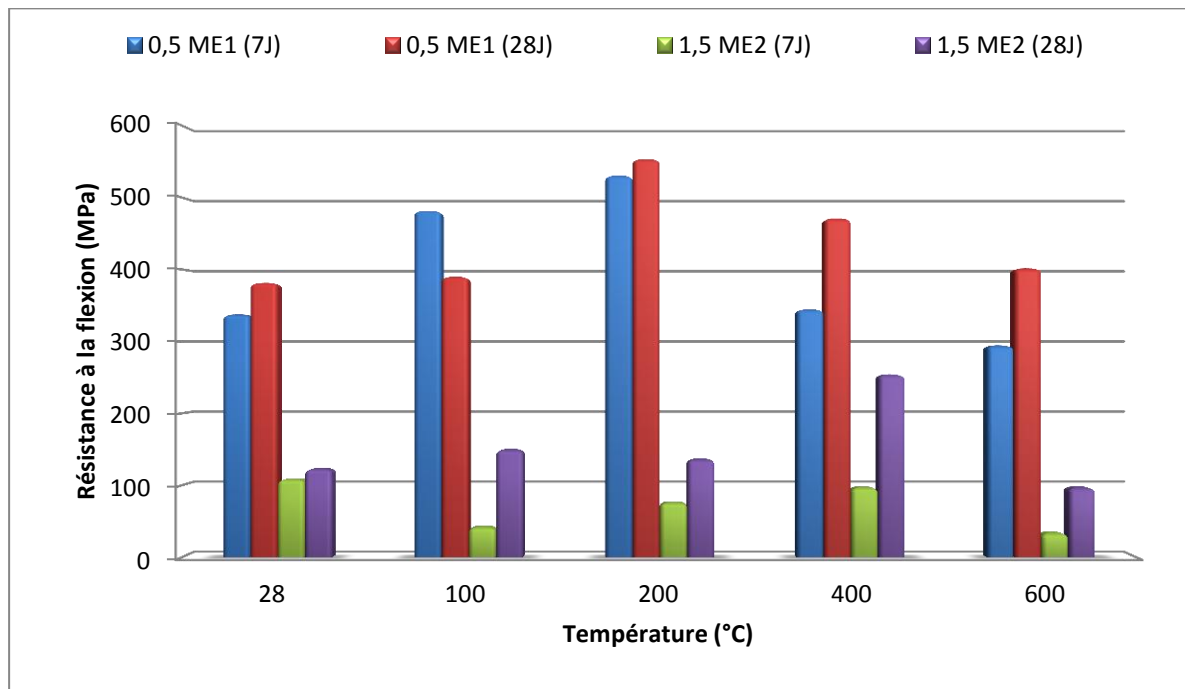


Figure (V-18) : Résistance à la flexion de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0,5)

✚ Mortier avec l'adjuvant E/C=0,6

✚ 0,5% 1,5% entraîneur d'air

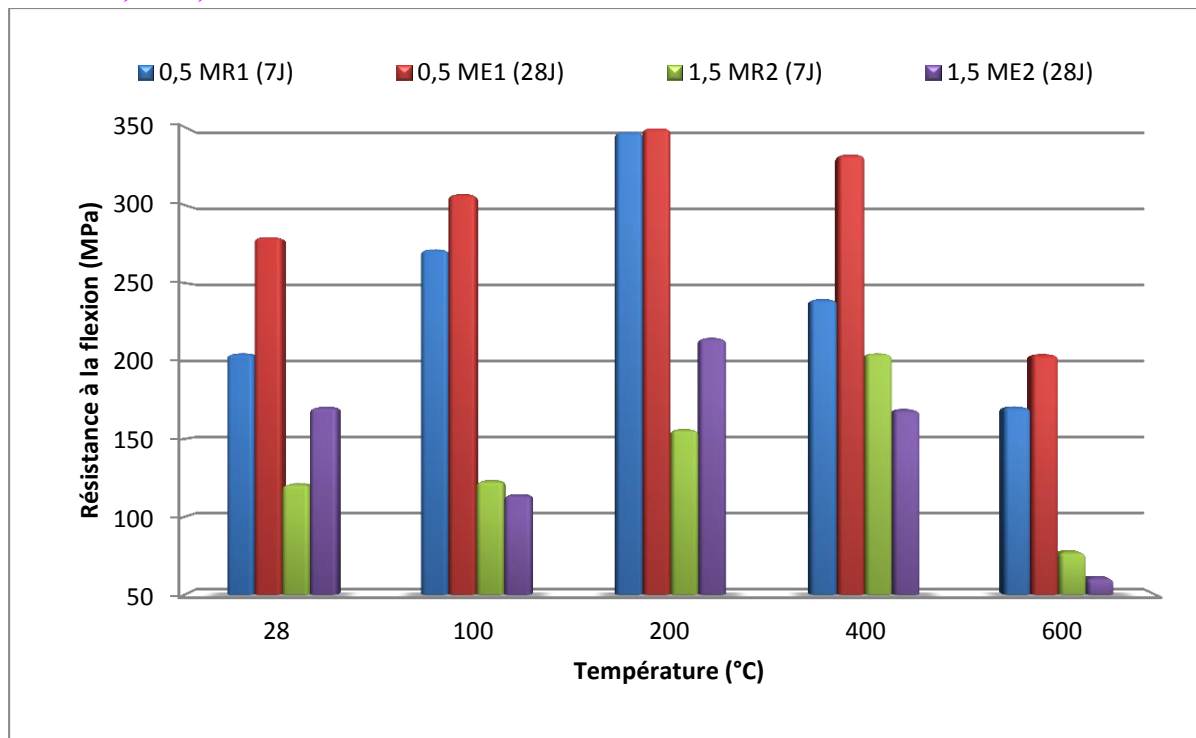


Figure (V-19) : Résistance à la flexion de ME1 et ME2 en fonction de la température (E/C=0,6)

✚ **Interprétation de résultats:**

On observe que la résistance à la traction pour les mortiers de référence présente une augmentation de (21,59%) à une température de (400°C) par rapport à 28°C et elle est devenue (22,33%) Lorsque la température monte à (600°C).

La résistance à la traction dans les mortiers contenant des adjuvants présente une augmentation maximale de varie entre (51,57%) à la température de 400°C par rapport à 28 °C. Le mortier formulé avec du super plastifiant est maintien une proportion plus élevée de cette résistance par rapport au mélange de référence (44,7%), alors que le mélange contenant l'accélérateurs de prise présente une augmentation de (25,67%). À la température de (400°C), la résistance à la traction pour les mélanges de mortiers contenant les adjuvants variaient entre (44,7%, 19,23%). Le taux résiduel de résistance à la rupture le plus élevé est pour le béton contenant du plastifiant, par rapport au mélange de référence qui est environ (44,7%) et la moindre valeur (0,89%) pour le mélange contenant un additif d'entraîneur d'air.

A la température de (600°C), la résistance la flexion par traction variait entre (42,91%, 36,92%), les mortiers contenant les accélérateur a maintiennent le taux plus élevé, atteint (11,77%), alors que le mélange contenant un additif d'entraînement de l'air a maintenu le moindre rapport (36,92%) de cette résistance. (Touts ces résultats ont été comparés par rapport 28°C).

V-2-2-3-Résultats de la porosité :

Les résultats de la porosité sont présentés sur le tableau suivant:

Rapport (E/C)	Type de l'adjuvant	(%)	V _P (%)
0,5	MCT	0,00	11,52
	MR	0,35	10,211
		0,5	11,234
	ME	0,5	9,968
		1,5	6,182
	MA	0,45	10,087
0,75		9,149	
0,6	MCT	0,00	17,91
	MR	0,35	11,939
		0,5	10,847
	ME	0,5	13,418
		1,5	13,948
	MA	0,45	12,191
0,75		9,312	

Tableau (V-1): Résultat de porosité à chaque type de mortier

Interprétation de résultats:

La mesure de la porosité à l'eau de mortier a fait l'objet de plusieurs études. Les résultats de tableau (V-1) ont montré une diminution de la porosité avec l'accroissement de pourcentage d'adjuvant pour le mortier témoin ou le mortier en présence d'adjuvant. Pour des mortiers de références et des mortiers adjuvantes, on a observé une diminution relative du même ordre de grandeur de (6,182%) à la température ambiante (20°C ± 5) pour tous les mortiers testés.

Au-delà de 0% d'adjuvant (dans l'intervalle 0 – 0,5% avec E /C = 0,6), la porosité relative du mortier témoins MR diminue de l'ordre de (10,847%), et croit de (10,211%) pour les mortiers MR avec E /C = 0,5.

Pour les mortiers avec accélérateurs de prise (MA) cette diminution est de (9,312 %) dans l'intervalle (0,45 – 0,75% et E /C = 0,6) et de 9,149 % avec E /C = 0,5. Tandis que celles des mortiers avec entraîneur d'air (ME) et estimée à (6,182%). Cette diminution de la porosité à nombre de pores de microfissures entre la pâte –granulat. Donc La porosité supplémentaire est liée à la proportion de taux d'adjuvant utilisé et son type.

V-2-2-4-Résultats de perte de masse:

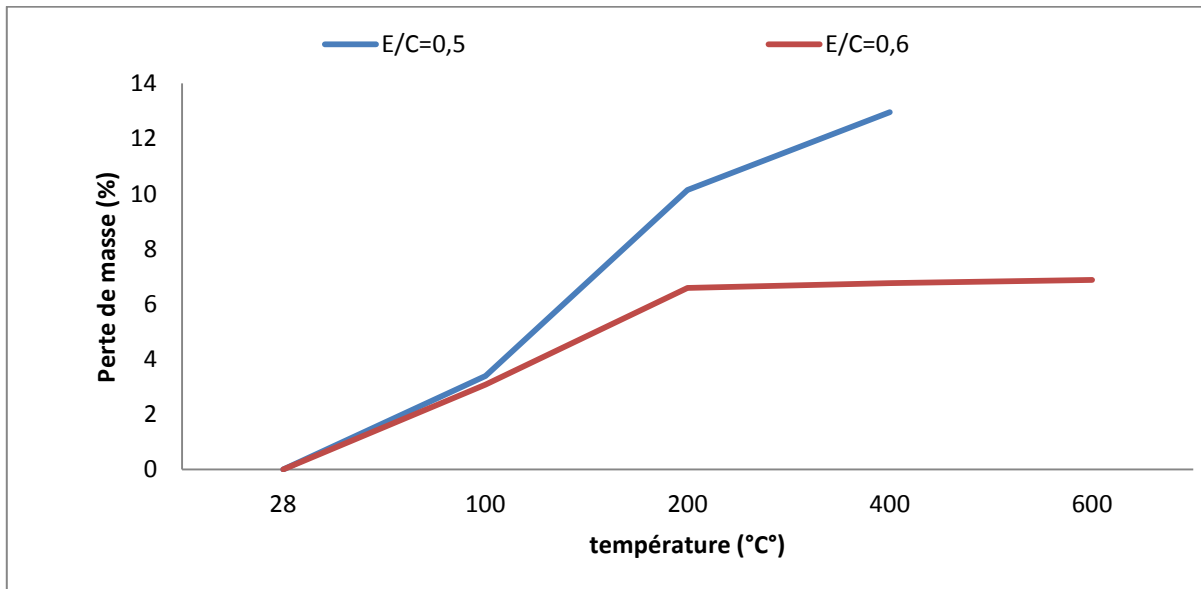


Figure (V-20) : Perte de masse de MCT en fonction de la température

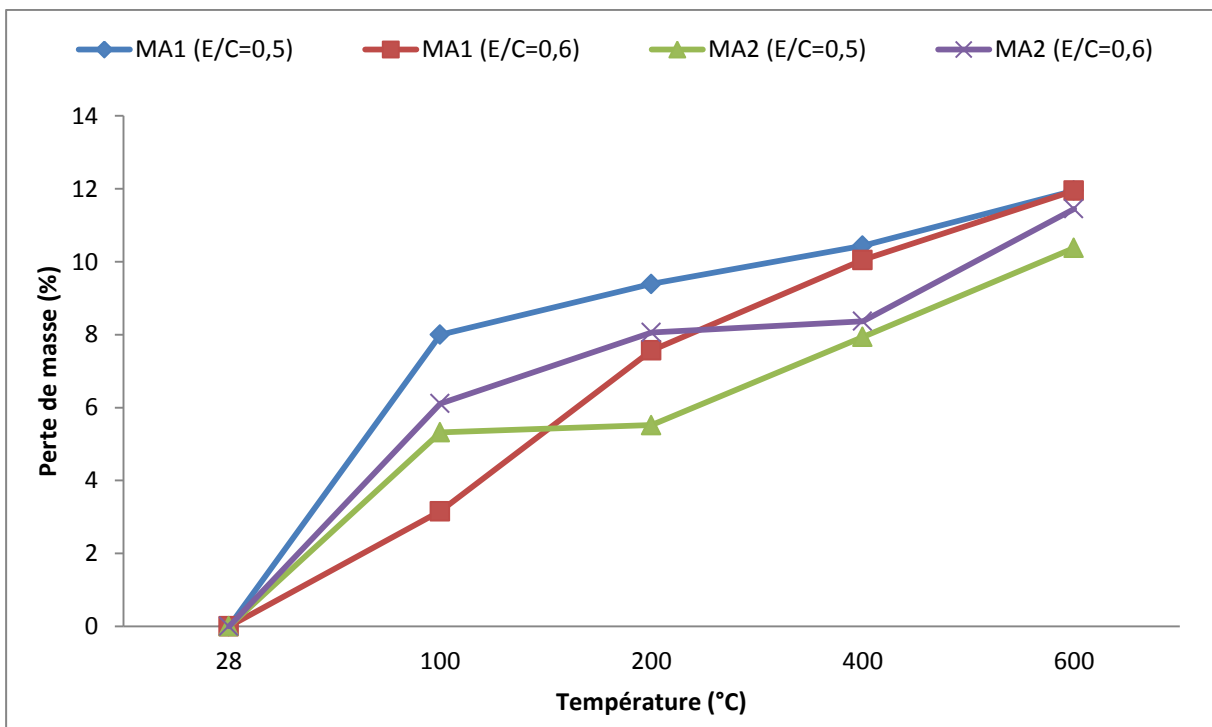


Figure (V-21) : Perte de masse de MA1 et MA2 en fonction de la température

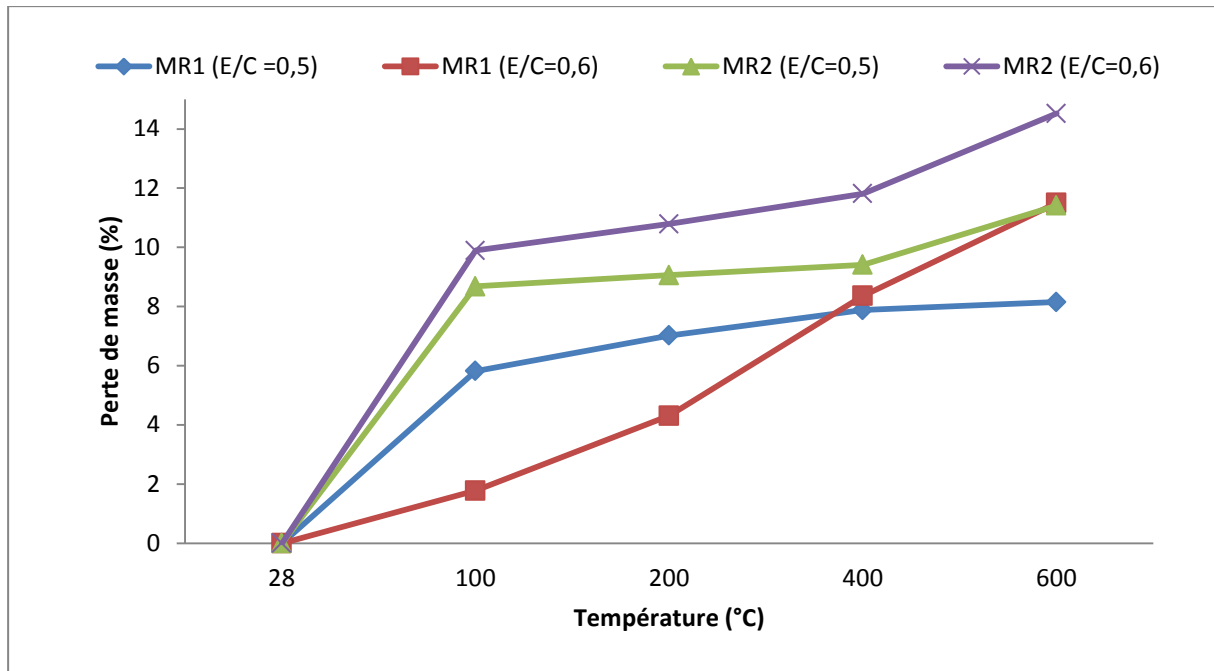


Figure (V-22) : Perte de masse de MR1 et MR2 en fonction de la température

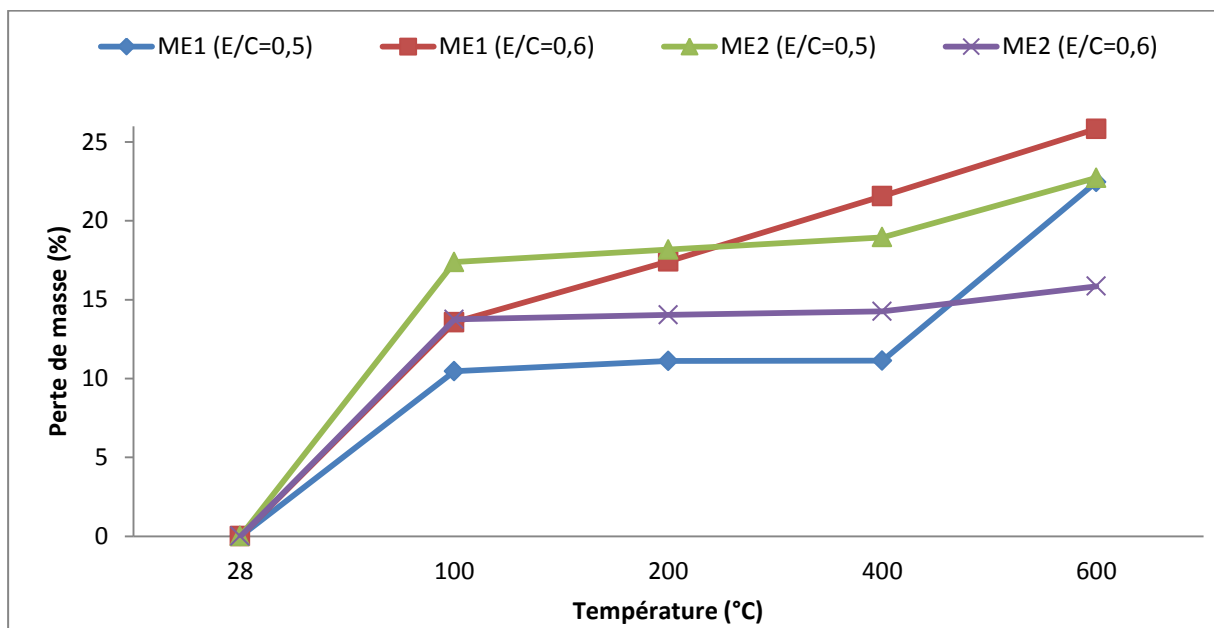


Figure (V-23) : Perte de masse de ME1 et ME2 en fonction de la température

Interprétation de résultats

Le processus de perte de masse se produit lorsque la température augmente. Le départ de l'eau est la principale cause de la perte de masse du béton avant 600°C [22].

Les figures (V-20, ..., V-20) montrent les résultats expérimentaux de perte de masse en fonction de la température obtenus par. Généralement, ce processus se déroule en trois étapes liées à la perte d'eau dans le mortier.

De la température ambiante jusqu'à 100 - 150°C, il y a une faible perte de masse due au départ de l'eau libre contenue dans le béton.

Entre 150 et 300°C, la perte de masse augmente rapidement. Ceci est lié au départ de l'eau contenue initialement dans les hydrates C-S-H et à la décomposition du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Jusqu'à 300°C, le béton perd approximativement 65 à 80 % de la masse d'eau totale [23].

Au-delà de la température 300°C, il y a une faible perte de masse correspondant à la déshydroxylation de la portlandite (450-550°C), à la décomposition des silanols (SiOH), du silex (400-570°C), et à la décarbonatation du calcaire CaCO_3 (600-800°C) [24].

Des études menées par plusieurs auteurs montrent que la perte de masse du béton ou mortiers adjuvants est toujours inférieure à celle du béton ou mortier témoin. Ceci est lié à la quantité d'eau initiale contenue dans le mélange du béton [23].

Les mortiers MA2 (avec $E/C = 0,5$), MR1 (avec $E/C = 0,6$) et ME1 (avec $E/C = 0,5$) présentent la perte la plus faible à 200°C, ce qui implique que la quantité d'eau liée aux grains est plus importante que dans les autres cas ainsi que la quantité d'eau nécessaire à la réaction. Le départ de l'eau libre et celle physiquement absorbée se situe à 105°C

À températures 400°C, les pertes de masse des différents mortiers sont voisines. À cette température, la portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se décompose en chaux libre et il est noté la formation d'un réseau des microfissures connectées. La transformation du quartz a, présent dans les granulats, en quartz b, est à 570°C (25) et se situe autour de la dernière température. La variation de la perte de masse des mortiers entre 200°C et 400°C est plus considérable qu'entre 400°C et 600°C. Au-delà de 200°C et jusqu'à 400°C, la porosité totale croît progressivement et le réseau poreux interconnecté devient plus grossier comme le note Khalifa (26).



conclusion général

L'élévation de la température entraîne une déshydratation des composés hydratés de la pâte de ciment durcie. On a une formation d'eau libre dans les réseaux poreux du matériau susceptible de s'évaporer et donc de générer une perte de masse pour un échantillon donné. L'effet de type d'adjuvant sur la perte de masse n'a été visible qu'à la première température (200°C), car l'évaporation se produit à une température voisine de 100 °C. Cette déshydratation provoque des modifications microstructurales qui influent sur les résistances mécaniques.

L'existence des adjuvants dans le mortier exposé à des températures élevées provoquée des changements variables dans la résistance à la compression, la résistance à la traction par flexion, la perte de masse et la porosité par rapport au mélange de référence.

Ces changements, en général, variaient d'un super plastifiant à l'autre pour différentes températures; cependant, il a été limité à 200 °C et s'est rapidement manifesté à (400 et 600) °C. On peut conclure que l'effet des additifs peut être considéré comme l'un des facteurs qui influent sur le traitement thermique du béton avec d'autres facteurs.

Le mélange contenant le super plastifiant (retardateur ou accélérateur) a maintenu la proportion résiduelle plus élevée de résistance à la compression à une température de (200°C), Tandis que le mélange contenant le retardateur et l'entraîneur d'air réduisant l'eau ont maintenu la plus grande valeur de la résistance à la compression à des températures de (400 à 600)°C.

Le mélange contenant le retardateur Donne la plus grande résistance à une température de (400°C).

À la température (400°C), la valeur la plus élevée est obtenue pour le mélange contenant le super plastifiant, et à (600°C), on constate que le mortier formulé avec l'accélérateur de prise a maintenu le pourcentage le plus élevé de résistance.

La proportion la plus élevée de perte de masse est obtenue par le mortier contenant entraîneur d'air(25,82%) à une température de (600°C), Pour l'intervalle (400-600)°C la valeur la plus élevée est obtenue par le mortier contenant entraîneur d'air

On peut conclure que l'effet des additifs peut être considéré comme l'un des facteurs qui influent sur le traitement thermique du béton avec d'autres facteurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] : WILLIAM.D, CALLISTER.JR « Science et génie des matériaux » modolu Editeur, 2001.

[2] : GCI712 « Durabilité ET réparation du béton », département Génie civil, Université deSherbrooke-Canada, Avril 2009.

[3] : SYLVER.P «science des matériaux», université pierre et marie curie 2005 ,2006.

[4] : EMILEO « les matériaux de construction ».

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

[6] : Centre d'information sur le ciment et ses applications « les constituants des bétons et des mortiers » tome 1.

[7] : Mémoire « Etude de l'effet de la granulométrie du sable concassé sur le comportement des mortiers 2014-2015 » ZOUBIRI MOHAMED.

[8] :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>

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

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

[11] :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>.

[12]: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.

[13]:Kennouche Salim. Cour matériaux de construction .les adjuvant pour les bétons.Disponible sur :

[14] :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>

[15] : ABDALLAH HASSAN HAROUN « Influence de la nature du sable sur le comportement d'un BHP a température élevées » mémoire de master ABDALLAH HASSAN HAROUN M'sila. 2012/2013.

[16] : MENNAI AMOR « contribution a l'étude rhéologique d'un béton à hautes performances (BHP) local » mémoire de SKIKDA.

[17] : TOUMI Belkacem « étude de l'influence des hautes températures sur le comportement du béton » thèse de doctorat TOUMI Belkacem CONSTANTINE 2009.

[18] : CASTELLOTEAM, ALONSOA.C, ANDRAEA .C, TURRILLASA.X, CAMPOC. J « Composition and microstructural changes of cement pastes upon heating, as studied by neutron diffraction » cement and concrete reseach 341633-1644, 2004.

[19] : A. M. Neville, "Properties of Concrete", PitmanPublishing Ltd, London, (1975).

[20] : E. Tolentino, F. Lameiras, A. Gomes, C. Silva and W. Vasconcelos, "Effects of High Temperature on the Residual Performance of Portland Cement Concretes", Materials Research, 5 (2002), p. 1 – 11].

[21] : G. T. G. Mohamedbhai, "Effect of Exposure Time and Rates of Heating and Cooling onResidualStrength of Heated Concrete", Magazine of Concrete Research, 38 (1986), p.151 – 158

[22] : Kalifa et al. 2001.

[23] :Kanem 2007.

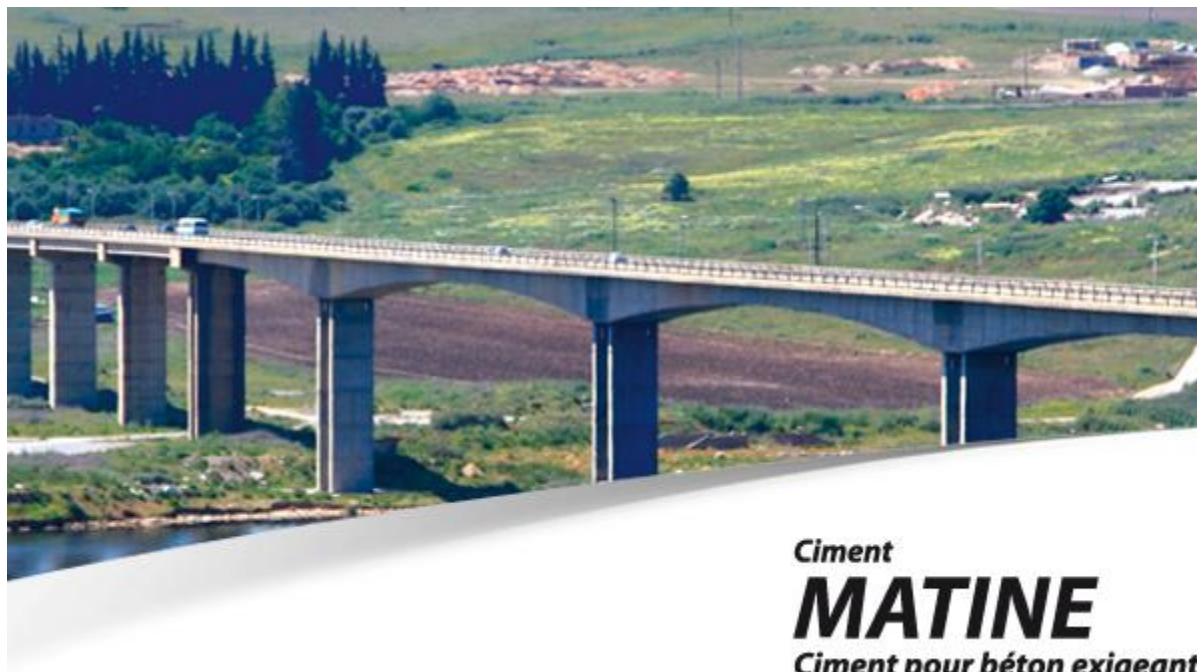
[24] :Xing 2011, Xiaoet al.2006, Khoury 1992].

[25] :Robert et al. 2008.

[26] : Khalifa et al, 1998.

[27]:mémoire de magister présenté par : bouali khaled et al,2014

Fiche technique de Ciment Matine



Ciment
MATINE
Ciment pour béton exigeant

MATINE

Ciment pour béton exigeant
CPJ – CEM II/B 42,5 R NA 442

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

Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO₂) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al₂O₃) et le fer (Fe₂O₃). ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°C, En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de micro- cristaux de silicates de calcium hydratés.

MATINE présente des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conformes à la norme NA 442, EN 197-1 et à la norme NF P 15-301194.



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

Domaine d'utilisation:

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

Les principales applications de ce ciment sont:

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

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Béton structural en milieux agressifs.
- Travaux hydrauliques et souterrains.
- Travaux maritimes.
- Ouvrages massifs.



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment  50kg	Sable (sec) 	Gravillons (sec)  8/16mm 15/25mm	Eau (litres) 
Dosage pour béton	+ X 1 	+  X7	+  X5 +  X4	+ 25 L

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

• Analyses chimiques

	Norme
Perte au feu (%) (NA5042)	<3.0
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	<4.0
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.09

• Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Norme
C3S (%)	60±3

• Propriétés physiques

	Norme
Consistance Normale (%)	30±2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	3 500 - 4 500
Retrait à 28 days (µm/m)	< 800
Expansion (mm)	≤ 5.0

• Temps de prise à 20° (NA 230)

	Norme
Début de prise (min)	200±30
Fin de prise (min)	300±30

• Résistance à la compression

	Norme
2 jours (MPa)	≥10
28 jours (MPa)	≥42.5

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

1- PROTÉGEZ VOTRE PEAU : Portez les équipements adaptés dans vos chantiers: casques, lunettes, gants, genouillères, chaussures et vêtements de sécurité.

2- MANUTENTION : levez le sac en pliant les genoux et en gardant le dos droit.



LAFARGE ALGÉRIE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,
Étages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie
Tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com

LAFARGE
لافارج



50kg

متين Matine

ALGÉRIE



La Solution pour vos grands projets !

CPJ - CEM II/B 42.5 N

Matine Ciment gris pour bétons de haute-performance
Destiné à la construction des Ouvrages d'Art (ponts
viaducs, tunnels...)

Matine
CPJ - CEM II/B 42.5 N.

Matine est certifié, conforme à la norme Algérienne
(NA 442) et Européenne (EN CE 197-1)

AVANTAGES PRODUIT



- Une résistance initiale élevée pour réaliser des préfabriques lourdes (poutres, voutes, ...)
- Favorise la maniabilité du béton et le maintien de sa rhéologie
- Une Classe Vraie qui offre une haute performance au béton.
- Meilleure durabilité du béton.

Fiche technique de produit Retardateur de prise

NOTICE TECHNIQUE

2 1 3 8

MEDARETARD GR

Conforme aux normes EN 934-2/ NA 820

Retardateur de prise pour béton et mortier

DESCRIPTION

Le **MEDARETARD GR** est un retardateur de prise très puissant pour bétons et mortiers. En plus de sa fonction principale il est aussi un réducteur d'eau. Il est compatible avec tous les types de ciments.

DOMAINES D'APPLICATION

- Le **MEDARETARD GR** est recommandé pour :
- Le bétonnage par temps chaud
 - Le béton transporté sur de longues distances
 - Le béton pompé
 - Le bétonnage interrompu de quelques heures (par suite de déplacement de coffrage, de grua, etc.)
 - Le bétonnage de pieux de fondation
 - Le béton de masse
 - Le béton prêt à l'emploi.

PROPRIÉTÉS

Le **MEDARETARD GR** agit sur les ciments par effet de ralentissement et de diminution du dégagement de chaleur dû à l'hydratation.

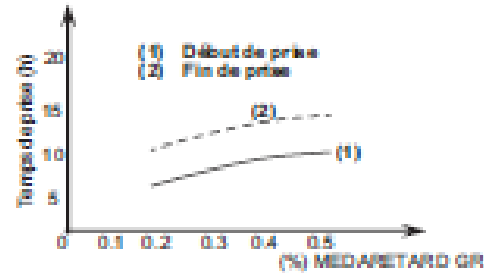
Grâce à son action, le **MEDARETARD GR** permet :

Sur béton frais :

- Retarder le début de prise des bétons et mortiers
- Améliorer la maniabilité du béton
- Réduire la quantité d'eau de gâchage nécessaire
- Réduire la ségrégation et le ressuage

Sur béton durci :

- Augmenter la compacité et l'étanchéité
- Augmenter les résistances mécaniques
- Diminuer le retrait et le fluage



	Temps de prise		Résistance à la compression (MPa)	
	Début	Fin	7 J	28 J
Béton témoin	2h59	3h55	40,0	46,0
Béton dosé à 0,3 %	8h10	9h55	43,5	54,5

Temps de prise et résistances mesurées (béton dosé à 350 kg/m³ C/PJ CEM I/A 42,5)

CARACTÉRISTIQUES

- Aspect Liquide
- Couleur Jaunâtre
- Densité 1,17 ± 0,01
- pH 8,0 ± 0,5
- Teneur en chlorure < 0,1 g/l

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



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



Fiche technique de produit Accélérateur de prise

NOTICE TECHNIQUE

2 1 5 2

MEDACCEL T85

Conforme à la norme EN 934-2: TAB 1 et tab 6. NA 1943

Accélérateur de prise pour béton

DESCRIPTION

Le MEDACCEL T85 est un accélérateur de prise sous forme liquide, très efficace, sans chlore, qui permet d'obtenir des décoffrages en temps réduit.

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétonnage par temps froid
- Décoffrage rapide
- Scellement, colmatage des vides d'eau
- Travaux en galerie
- Travaux en zone de marage
- Préfabrication

PROPRIÉTÉS

Le MEDACCEL T85 agit sur le béton en activant la chaleur d'hydratation du ciment, améliorant ainsi le temps de début de prise.

Il permet de réduire le temps de décoffrage et d'accélérer la rotation des moules. Par ailleurs il réduit les pressions sur les coffrages.

	Début de prise	Fin de prise
Témoin	3h40	4 h48
Medaccel T85 0,75 %	3h30	3 h50

Temps de prise de ciment adjuvanté (CPJ CEMII/A 42,5. T20°C)

CARACTÉRISTIQUES

- Aspectliquide
- Densité1,00 ± 0,01
- pH9,5 - 10,5
- Teneur en chlore <0,1g/l

MODE D'EMPLOI

Diluer le MEDACCEL T85 dans la 2^{ème} partie de l'eau de gâchage et bien mélanger pendant une minute. Tenir compte de la quantité de MEDACCEL T85 dans la détermination de la quantité d'eau de gâchage.

Le MEDACCEL T85 peut être utilisé en association avec les plastifiants et super plastifiants : MEDAPLAST SP, MEDAFLUID SF, MEDAPLAST SP 40 .

Température d'emploi : de 5°C à 30 °C

DOSAGE

Le dosage du MEDACCEL T85 varie entre 0,4% et 0,75% par rapport au poids du ciment, soit 0,4 litre à 0,75 litre

Des essais préalables sont recommandés pour déterminer le dosage optimal.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Bidons de 10 kg et fûts de 225 kg.

Durée de conservation :

Une année dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

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

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

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience et nous ne pouvons garantir leur exactitude sans avoir effectué des essais de vérification pour déterminer la fiabilité d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.



Zone Industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tel : (213) 021 51 66 81 & 82

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

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



Fiche technique de produit *Entraîneur d'air de prise*

NOTICE TECHNIQUE

2 1 0 3

MEDA-AIR

Conforme à la norme EN 934-2: Tab 8

Entraîneur d'air

DESCRIPTION

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

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

DOMAINES D'APPLICATION

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

PROPRIÉTÉS

Sur béton frais :

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

Sur béton durci :

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

CARACTÉRISTIQUES

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

MODE D'EMPLOI

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

MEDA-AIR est introduit dans le malaxeur mélangé

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

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

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

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

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

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,01% à 0,1% du poids de ciment,

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

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

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

Tout surdosage entraînera des pertes de résistance.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

En bidon de 10 kg en fût de 225 kg.

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

Durée de conservation :

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

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

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

PV d'essais conforme aux normes, établi par le **CNERIB** en Avril 2007

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



Granitex

Zone Industrielle Oued Smar - BP85 Oued Smar - 16270 Alger

Tel : (213) 021 51 66 81 & 82

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

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



RESUME

Ce travail de recherche comprend une enquête expérimentale pour étudier l'effet des hautes températures sur les propriétés mécaniques et physique des mortiers formulés avec des adjuvants.

Le mortier a été exposé à trois niveaux de températures élevées (200, 400 et 600)°C avec une montée en température de 10°C/min, sans aucune charge imposée pendant le chauffage. On a utilisé trois types d'adjuvants, un retardateur, un accélérateur et un entraîneur d'air. Les propriétés mécaniques du mortier ont été étudiées à différentes températures élevées, notamment: résistance à la compression, à la traction par flexion ainsi que la perte de masse est la porosité.

Les résultats ont montré une réduction des propriétés étudiées par des taux différents pour différents adjuvants et pour chaque température, la diminution était très limitée à une température allant jusqu'à (200°C) mais était claire entre (400 - 600 ° C).

Mots clés : Mortier, Résistance (mécanique et physique), Haute température, Perte de masse, un retardateur, un accélérateur et un entraîneur d'air.

ABSTRACT

This research includes an experimental study to study the effect of high temperatures on the mechanical and physical properties of mortars formulated with adjuvants.

The mortar was exposed to three high temperature levels (200, 400 and 600) ° C with a temperature rise of 10 ° C /min, without any load imposed during heating. Three types of adjuvants were used, a retarder, an accelerator and an air tractor. The mechanical properties of the mortar have been studied at different high temperatures, including: compressive strength, flexural tensile strength and mass loss is porosity.

The results showed a reduction in the properties studied by different rates for different adjuvants and for each temperature, the decrease was very limited at a temperature up to (200°C) but was clear between (400-600°C).

Key words: Mortar, (mechanical and physical) resistance, High temperature, Loss of mass, retarder, accelerator and air tractor.

الملخص

يتضمن هذا البحث والتحقيق التجريبي لدراسة تأثير ارتفاع درجات الحرارة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للملاط وضعت مع إضافات.

حيث تم تعريف الملاط لدرجات حرارة عالية ثلاثة مستويات (200، 400 و 600) درجة مئوية مع ارتفاع درجة حرارة 10 درجة مئوية على دقيقة دون أي حمولة فرضت أثناء التسخين. استخدمنا ثلاثة أنواع من المواد المساعدة، (مضافات معجلة، مضافات مبطنة ومضافات مفعقة للهواء)، تمت دراسة الخواص الميكانيكية للملاط في درجات حرارة مرتفعة مختلفة تشمل قوة الضغط، الانحناء الشد وفقدان كتلة غير المسامية.

أظهرت النتائج انخفاضاً من خصائص المدروسة بنسب مختلفة لمختلف المواد المساعدة ولكل لدرجات الحرارة، وانخفاض اقتصر جدا في درجات حرارة تصل إلى (200 درجة مئوية)، ولكن كان واضحاً بين (400-600) درجة مئوية.

الكلمات المفتاحية: الملاط والقوة الميكانيكية، ارتفاع في درجة الحرارة، وفقدان الكتلة، مضافات معالجة، مضافات مبطنة ومضافات مفعقة للهواء.