

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL
N° : ...



FILIERE : Génie Civil
OPTION : Matériaux

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par :

- *Bouguerra Anwar*
- *Bahache fatma*

Intitulé

Effet de l'incorporation de l'entraineur d'air sur les
caractéristiques du mortier à base de la poudre de verre et
fibres métalliques.

Soutenu devant le jury composé de :

Pr Bibi Mekki	Université de M'sila	Président
Dr Maza Mekki	Université de M'sila	Examineur
Pr. Rahmouni Zine El Abidine	Université de M'sila	Rapporteur
Dr. Tebbal Nadia	Université de M'sila	Co-Rapporteur

Année universitaire : 2020/2021.



Dédicaces

ANWAR BOUGUERRA

Je dédie cet humble travail à ceux qui m'ont donné la vie

Qui m'a appris mes premiers mots mes chers parents.

A tous mes amis, Marwa Nasirah, Huda, Somaya, Faiza, Ahlam, chahra, Ahlam

Pour le Professeur Rahmouni Zine El Abidine et le Dr Tebbal Nadia

Je dédie également ce travail à mon mari Nabil, mon partenaire qui m'a toujours encouragé.

A mes frères Ramzi, Ishaq, Yasser

Et à toute la famille Bougherra, ma grande famille

A mon amie Fatima Bahah qui a participé avec moi à ce travail

BAHACHE FATMA

Je dédie cet humble acte à ceux qui m'ont donné mon identité et ma raison d'être, mes chers parents.

A tous mes amis Marwa Nasira, Hoda, Somaya, Fayza Ahlam, Fame, Ahlam

Pour le Professeur Rahmouni Zine El Abidine et le Dr Tebbal Nadia

Je dédie également ce travail à mon mari Mohammed, mon partenaire qui a toujours été mon soutien.

A mes frères Munad, Kamal

Et à chaque famille Bahah, ma grande famille et à tous les petits-enfants, un salut spécial

A mon ami Anwar Bouguerra, qui a participé avec moi à ce travail et y a fait un gros effort.

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant et le remercions beaucoup, honneur et gloire de nous avoir aidés à terminer la thèse de fin d'études.

Deuxièmement, nous exprimons nos sincères remerciements et notre appréciation

Superviseur Dr Rahmouni Zine El Abidine

Ainsi que le participant assistant, le Dr Tebbal Nadia, pour le grand effort en nous aidant à terminer ce travail.

Et sans oublier les distingués membres du comité de discussion

Nous exprimons également nos remerciements et notre gratitude au Dr Bin Sheikh Mohammed, à Mme Sawsan, à Iman et à Laila pour leurs conseils et leur assistance dans le travail expérimental.

Et n'oubliez pas l'appréciation et la gratitude envers l'Université Mohamed Boudiaf et le Collège

Technique

Tous les camarades de classe du Département de génie civil et des matériaux

الخلاصة:

يهدف هذا العمل الي دراسة وامكانيه استعمال مسحوق الزجاج (نفايات للزجاج) المهملة في الجزائر , من اجل صناعة ملاط ذو خصائص فيز وميكانيكيه كافيه لاستخدامها في تطبيقات عمرانية .

عدة خلطات تم تحضيرها باضافة نسبتيين من رقائق الزجاج 5 بالمئة و 10 بالمئة مع 1 و 2 بالمئة من الياف الحديد .

/النتائج المتحصل عليها اثبتت بان اضافة رقائق الزجاج الي الملاط خفض من نسبه المسامية وزاد من صلابته وقوته اما اضافة الالياف الحديدية ساهمت في زيادة مقاومة الانحناء .

الكلمات المفتاحية

الملاط , الخصائص الفزيائية والميكانيكيه , رقائق الزجاج, الالياف المعدنية .

Résumé:

Ce travail vise à étudier la possibilité d'utiliser de la poudre de verre (déchets de verre), abondante en Algérie, pour fabriquer un mortier aux propriétés physico-mécaniques suffisantes pour être utilisé dans diverses applications de construction de bâtiments. Des mélanges ont été confectionnés avec la poudre de verre à des taux de 5% et 10%, ainsi que des fibres minérales à des taux de 1% et 2%. Les résultats ont prouvé que l'introduction de poudre de verre dans les mélanges rend le mortier moins poreux et bien résistant, et L'incorporation du dosage de fibres minérales (2%) augmente la résistance à la flexion.

Mots clés: mortier, propriétés physico-mécaniques, déchet de verre, fibres métalliques.

Abstract:

This work aims to study the possibility of using glass powder (waste glass), abundant in Algeria, to make a mortar with sufficient physico-mechanical properties to be used in various building construction applications. Mixtures were made with the glass powder at rates of 5% and 10%, as well as mineral fibers at rates of 1% and 2%. The results proved that the introduction of glass powder in the mixtures makes the mortar less porous and well resistant, and the incorporation of the dosage of mineral fibers (2%) increases the flexural strength.

Key words: mortar, physico-mechanical properties, waste glass, metal fibers.

Sommaire

Table de Matières:

Dédicace

Remerciement

الملخص

Résumé

Abstract

Sommaire

Introduction générale.....12

CHAPITRE I : Aperçu Bibliographique

I.1 Introduction.....14

I.2. Les Mortiers14

I.2.1 Définition.....14

I.3 Les emplois des mortiers.....14

I.3.1 .Les joints de maçonnerie..... 14

I.3.2. Les enduits 15

I.3.3 Les champs.....15

I.3.4. Les Scellements et les calages.....15

I.4 Classification des mortiers.....15

I.4.1 Classification generals demortiers.....16

I.4.1.1Selon leur domaine.....	16
I.4.1.2Selon la nature du liants.....	16
I.5Les différents types des mortiers.....	16
I.5.1Les mortiers de ciment.....	16
I.5.2 Les mortiers de Chaux.....	16
I.5.3 Les mortiers de bâtards.....	16
I.5.4 Les mortiers de réfractaire.....	16
I.5.5 Les mortiers de rapide.....	16
I.5.6 Les mortiers de industriel.....	16
I.6Methode de preparation des mortiers.....	17
I.6.1 Les mortiers fabriqués sur le chantier.....	17
I.6.2 Les mortiers industriels secs pré melangés.....	17
I.6.3 Les mortiers frais retardés stabilisés prêts à l'emploi.....	17
I.6.4 Les mortiers de fibres.....	18
I.7 Les Caractéristiques de mortiers.....	18
I.8Composition des mortiers.....	18
I.8.1 Liants.....	18
I.8.2 Les Sables.....	19
I.8.3 Les adjuvants.....	19
I.8.4 Les ajouts.....	20
I.9 Le Role d'utilisation de mortier.....	20
I.10Selon leur domaine d'utilisation.....	20
I.11 Comportement mécanique du mortier.....	21
I.11.1 La résistance à la Compression.....	21
I.11.2La résistance à la flexion.....	21
I.12	
CONCLUSION.....	21

CHAPITRE II :Les Verre et Les Traveaux Entarieures Sur Les Ajouts Cimentaires

II.1 Introduction.....	23
II.2 Les Traveaux Entarieures.....	23
II.2.1 déchet de verre.....	23
II.2.2 déchet de marbre.....	24
II.2.3 déchet de brique.....	24
II.3 Dèfinition des verre	25
II.3.1 Dèfinition la poudre de verre.....	25
II.3.2 <i>La composition des verres les plus courants en détail</i>	26
II.4 Les propriétés de verre	27
II.4.1 Les propriétés physique	27
II.4.2 Les proprètiès thermique	27
II.4.3 Les propriétés chimique	27
II.5 Compertement de verre dans milieu cimentaire	28
II.6 La fomée de Silice	28
II.7 Les Marber	28
II.8 Les entraineurs d'air	28
II.9 Le superplastifiant	29
II.10 Fiber metallique.....	29
II.10.1 differents types des fibre métallique.....	30
II.10.2 Avantages de la fibre métallique.....	30
II.11 Conclusion	31

CHAPITRE III : METHODES D'ESSAIS ET MATERIELS

III .1 Introduction	33
---------------------------	----

III.2 Fabrication des éprouvettes.....	33
III.2.1 Préparation des composition des éprouvette	33
III.2.2 Préparation des moules	33
III.2.3 Les malaxages	33
III.2.4 Coulage des éprouvettes	33
III.2.5 Finission des éprouvettes	34
III.2.6 Sèchage des éprouvettes dans les moules	34
III.2.7 Conservation des éprouvettes	34
III.3 Essai sur les mortiers frais	34
III.3.1 Dètermination de la quantité d'eau optimale (essai de maniabilité)	34
III.4 Essai sur le mortier durci	34
III.4.1 Essai de flexion	35
III.4.2 Essai de compression	35
III.5 Sable	35
III.5.1 Dètermination des masse volumiques	35
III.5.1.1 Masse volumique abs	35
III.5.1.2 Masse volumique app	35
III .5.2 Analyse granulométrique	36
III.5.3 Equivalent de sable	37
III.5.4 L'affaissement	38
III.5.5 Porosité	38
III.5.6 Capacité	38

CHAPITRE IV : Resultats et discussion liste des tableaux

IV.1. Introduction.....	41
IV.2. L'absorbtion.....	41

IV.3. La Porosité accessible à l'eau.....	42
IV.4. La masse volumique.....	43
IV.5. Comportement mecanique du mortier.....	42
IV.5.1 Résistance à la compression.....	43
IV.5.2 Résistance à la flexion.....	50

CONCLUSION GENEERLE

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 Constituants des mortiers	3
--	---

Chapitre II

Figure II.1 déches de verre.....	9
Figure II.2 déches de brique.....	10
Figure II.3 déches de marbre	11
Figure II.4 poudre de verre	
Figure II.5 fibres métallique.	12

Chapitre IV

Figure .1 Labsorption de mortier /Temoin.....	13
Figure .2 La Porosite de mortier /Temoin.....	13
Figure .3 Résistance à la compression des mortier temoins 7jours.	13
Figure .4 Résistance à la compression des mortier temoins 28jours.	13
Figure .5. Résistance à la compression des mortier (avec 1% FM)/ temoins 7jours.	13
Figure .6 Résistance à la compression des mortier(avec 1% FM)/ temoins 28jours..	13
Figure .7 Résistance à la compression des mortier (avec 2% FM)/temoins 7jours..	13
Figure .8 Résistance à la compression des mortier(avec 2% FM)/ temoins 28jours..	13
Figure .9 Résistance à la Flexion des mortier temoins 7jours.	13
Figure .10 Résistance à la Flexion des mortier temoins 28jours.	13
Figure .11 Résistance à la Flexion des mortier (avec 1% FM)/ temoins 7jours.	13
Figure .12 Résistance à la Flexion des mortier (avec 1% FM)/ temoins 28jours.	13
Figure .13 Résistance à la Flexion des mortier (avec 2% FM)/ temoins 7jours.	13

Liste des Tableaux

Chapitre III

Tableaux III.1 Masse volumique absolue du sable	
Tableaux III.2 .Masse volumique apparent du sable à l'état lâche	4
Tableaux III.3 Analyse granulométrique du sable	5
Tableaux III.4 .Equivalent du sable	6
Tableaux III.5 .Comparaison des résultats.....	7

Chapitre IV

Tableaux IV.1 Résultat de la masse volumique à chaque type de mortier	8
---	---

Introduction générale:

Cette recherche a mis en évidence la possibilité d'introduire les déchets de verre (PDV) dans les mortiers. L'incorporation de PDV a été effectuée par substitution du ciment en deux pourcentages 10% et 5%. Ces mortiers ont été renforcé par des fibres métalliques (FM) avec des dosages de 1% et 2% dans le but d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques notamment leurs résistances à la flexion et à la fissuration. L'effet de ces deux additions ainsi que leur effet combiné sur les caractéristiques physico-mécaniques des mortiers ont été étudié. Il s'agit de: la densité, l'affaissement, la vitesse de propagation d'ultrasons, la résistance à la compression et à la traction à l'âge de 7 et 28 jours. Ces caractéristiques physico-mécaniques ont été comparées avec celles d'un mortier de référence confectionné sans PDV et sans FM. Après les résultats obtenus on a pu constater que l'utilisation du PDV ne présente aucune amélioration de résistance. L'incorporation et l'augmentation du dosage des fibres métalliques (2%) conduisent à une augmentation de la résistance à la traction par flexion et une diminution de l'ouvrabilité. tandis que la résistance à la compression est meilleure avec le dosage de 1% de fibre métallique.

Les additifs pour ciment sont actuellement l'un des derniers développements, car l'utilisation d'additifs améliore Les propriétés mécaniques du mortier et du béton en général et sa durabilité et d'autre part réduisent la consommation de ciment, ainsi qu'en contribuant de façon faible à la résoudre les problèmes environnementaux.

Objectifs:

L'objectif de la recherche est de réutiliser les déchets de verre sous forme de poudre en remplaçant une partie de ciment dans le mortiers ainsi les fibres mettalliques sur les propriétés physicomecanique .

Structure de mémoire:

Introduction générale

Chapitre I: Revue bibliographique

Chapitre II: Caractérisation des matériaux utilisée et procédures expérimentale

Chapitre III: Résultats et analyses

Chapitre IV: Interprétation des résultats

Conclusion générale.

CHAPITRE I

CHAPITRE I: Aperçu Bibliographique

1.1 Introduction :

Le mortier est obtenu par le mélange d'un liant (chaux ou ciment), de sable, d'eau et éventuellement d'additions. Les compositions multiples de mortier peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant, adjuvants et ajouts, dosage en eau [1] .

Cette partie bibliographique retrace les propriétés de mortiers, Résistances mécaniques.

1.2 MORTIER :

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 [2] .

1.2.1 DIFINITION:

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, se diffèrent selon les réalisations et d'adjuvant. Ils peuvent être très différents les uns des autres selon la nature et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en œuvre et la cure [3] .

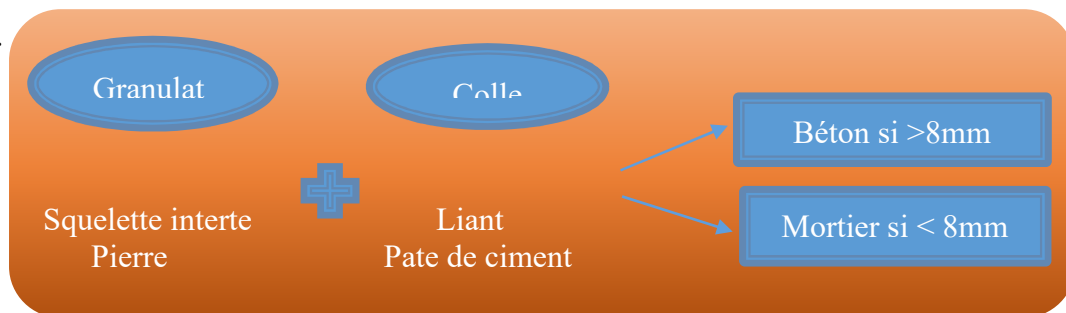


Fig I.1: Constituants des mortiers

1.3 Les emplois des mortiers:

1.3.1 Les joints de maçonnerie:

La construction réalisée en éléments maçonnés (blocs de béton, pierres de taille, briques), nécessite leur assemblage avec un mortier qui doit présenter des caractéristiques mécaniques

suffisantes pour assurer la transmission des charges et une compacité suffisante pour être étanche. On a généralement intérêt à utiliser des mortiers ne présentant pas un module d'élasticité trop élevé, de façon {pouvoir s'adapter aux variations dimensionnelles des éléments qu'il liaisonne sans fissurer. Les mortiers de joints constituent donc un maillon important de la maçonnerie, qui doit être bien étudié et bien mis en œuvre pour assurer la fonction qui lui est dévolue. C'est notamment le cas de la maçonnerie apparente. La norme XP P 10-202-1 « DTU 20.1. Ouvrage en maçonnerie de petits éléments. Parois et murs. » fournit des indications sur les dosages préconisés pour les mortiers de jointoiment, ainsi que les préconisations pour leur mise en œuvre [4] .

1.3.2 Les enduits:

Ce domaine d'application, qui constitue l'un des plus vastes débouchés des mortiers. Rappelons simplement qu' {côté des enduits traditionnels en trois couches décrits dans la norme NF P 15-201 (DTU 26.1), se développent aujourd'hui les enduits monocouches épais, ainsi que les enduits isolants considérés encore comme non traditionnels. Ces produits font l'objet d'une procédure d'Avis technique par le CSTB [4].

1.3.3 Les chapes: +

Les chapes ont pour fonction d'assurer la mise {niveau du dallage et la régularité de sa surface. Les chapes peuvent constituer la finition: on y incorpore alors souvent des produits spécifiques. Elles peuvent aussi constituer le support d'un revêtement de sol. Les chapes doivent présenter une résistance suffisante pour assurer la transmission des charges au support, et parfois résister {l'abrasion ou au poinçonnement (sols industriels). Adhérente ou flottante, la chape peut également avoir une fonction thermique ou acoustique. Ces ouvrages sont décrits dans la norme NF P 14- 201 « DTU 26.2. Travaux de bâtiment. Chapes et dalles à base de liants hydrauliques. » [4].

1.3.4 Les scellements et les calages:

La multiplicité des problèmes de scellement et de calage a conduit les producteurs de mortiers industriels à mettre au point des produits spécifiques adaptés aux travaux {réaliser: scellements d'éléments de couverture, scellements d'éléments de second œuvre, scellements de mobiliers urbains, scellements de regards de visite, assemblage d'éléments préfabriqués [4] .

1.4 Classification des mortiers:

Les mortiers sont classés comme suit [5]:

1-4-1 Classification générale des mortiers:

❖ Selon leur domaine:

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

- Mortier de pose,
- Mortier de joints,

- Mortier pour les crépis,
- Mortier pour le sol,
- Mortier pour les stucs,
- Pierres artificielles,
- Support pour les peintures murales.

❖ **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

1.5 Les différents types des mortiers:

Dans les travaux publics on utilise différents types de mortier:

1.5.1. Les mortiers de ciment:

Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables [6] .

1.5.2 Les mortiers de chaux:

Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment (gras et onctueux). La durée du durcissement des mortiers de chaux est plus lente que pour les mortiers de ciments [6] .

1.5.3. Les Mortiers bâtards:

Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux, dans les proportions égales, suivant leur domaine d'utilisation éventuelle, les compositions de chaux et ciment peuvent être variées. [6]

1.5.4 Les 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 [7] .

1.5.5 Les Mortier rapide:

Il est fabriqué avec du ciment prompt, il est rapide et résistant pour les scellements [7].

1.5.6 Les Mortier industriel:

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortier, 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

1.6 Méthode de préparation des mortiers:

1.6.1 Les mortiers fabriqués sur le chantier:

L'entreprise qui fabrique sur le chantier son mortier doit choisir correctement le liant en fonction de son type et de sa classe, le ou les sables, la teneur en eau (pour obtenir la plasticité désirée) et les adjuvants adaptés à la destination du mortier. Les sables utilisés sont généralement siliceux ou silico-calcaires; leur granulométrie est de préférence continue. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume du sable humide (foisonnement) [4] .

1.6.2 Les mortiers industriels secs pré-mélangés:

Comme la plupart des produits industriels, ces mortiers font l'objet de contrôles {tous les stades de leur élaboration par le fabricant, ce qui constitue pour l'utilisateur une sécurité. Les autres avantages présentés par ces produits sont les suivants:

- ✚ pré-dosage de composition constante, garant de régularité et de qualité;
- ✚ pas d'approvisionnement et de stockage sur place des constituants (sables, liants, adjuvants);
- ✚ perte de temps limitée (appréciable dans le cas de travaux à effectuer rapidement et lorsque la place fait défaut) [4] .

Nadia tebbal et al [25] Formulation du mortier

Des mélanges de mortier frais ont été préparés dans un laboratoire modifié Mixeur. Les mélanges ont été préparés à partir de granulats secs. Les doses de ciment et de sable ont été déterminées en fonction du poids, de l'eau et Des additifs chimiques ont été ajoutés en volume.

La formulation de mortier testée est faite par Méthode de formulation du mortier Skramataiv.

La même méthode de mélange a été utilisée pour tous les mortiers:

1. Mettez le ciment et l'eau dans le bol du mélangeur.
2. Mélanger le ciment et l'eau pendant 30 secondes par minute.
3. Ajoutez du sable 30 secondes à une vitesse minute.
4. Mélanger le ciment, le sable et l'eau à une vitesse de 30 secondes vitesses.
5. Laisser reposer 1 minute 30 secondes.
6. Mélanger pendant une minute rapidement.

1.6.3 Les mortiers frais retardés, stabilisés, prêts à l'emploi:

Depuis quelques années est apparue une nouvelle génération de mortiers livrés par les centrales de béton prêt à l'emploi, les mortiers frais retardés et stabilisés. Du fait qu'ils sont retardés, ces mortiers peuvent être livrés et stockés en quantité importante. On peut les utiliser dans un délai allant jusqu'à 24 heures sans avoir le souci de préparer de nombreuses petites gâchées. Très maniables et homogènes, ils possèdent des résistances très largement suffisantes pour les travaux auxquels ils sont destinés: maçonnerie et jointoiement. Lorsqu'ils sont étalés en couche mince, la prise de ces mortiers est accélérée (effet d'absorption d'eau par le support et perte par évaporation) [4] .

1.6.4 Les mortiers de fibres:

L'incorporation de fibres de verre ou de polypropylène permet d'obtenir des mortiers présentant une cohésion supérieure et moins fissurables. Ce sont soit des mortiers pré-mélangés, livrés en sac, soit des mortiers prêts à l'emploi, livrés par certaines centrales [4] .

1.7 Les caractéristiques de mortier:

Elles sont nombreuses. A savoir: [8]

- ✚ Résister à l'écrasement en répartissant régulièrement les pressions;
- ✚ Etre compact: pour éviter l'infiltration des eaux dans les ouvrages, et accroître la résistance mécanique;
- ✚ Etre imperméable: pour obtenir un maximum d'étanchéité des joints de maçonnerie, et des enduits;
- ✚ Adhérer aux matériaux: pour mieux transmettre les charges, ou créer un écran durable contre les intempéries;
- ✚ Conserver un volume constant pendant la prise et le durcissement pour éviter les tassements ou les dislocations des ouvrages;
- ✚ Résister aux agents agressifs d'une atmosphère ou d'un sol pollués;
- ✚ Etre ouvrable, afin que l'exécutant puisse le mettre en place dans les meilleures conditions;
- ✚ Conserver toutes ses qualités, et notamment la permanence de la résistance. De quoi dépendront tous ces qualités? des constituants: de leur nature;
- ✚ de leur dosage.

1.8 Composition de Mortier:

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

nature et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en oeuvre et la cure. Les mortiers sont constitués par des mélanges de: [8]

- ✚ liant (ciment ou chaux);
- ✚ eau;
- ✚ sable;
- ✚ adjuvants.

1.8.1 Les liants:

Généralement, on peut utiliser: [8]

- ✚ les ciments normalisés (gris ou blanc);
- ✚ les ciments spéciaux (alumineux fondu, prompt,);
- ✚ les liants à maçonner;
- ✚ les chaux hydrauliques naturelles;
- ✚ les chaux éteintes.

1.8.2 Les sables:

Normalement, les sables utilisés sont les sables appelés “sable normalisé”. Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important: Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide.

Ils peuvent être:

- ✚ naturels et roulés (de rivières, de sablières,..), de nature siliceuse ou silico-calcaire;
- ✚ naturels concassés (roches de carrières), comme des basaltes, porphyres, quartzites. Ils sont anguleux et durs; spéciaux (lourds, réfractaires, légers):
- ✚ sable de laitier;
- ✚ sable d'oxydes de fer, de chromite;
- ✚ corindon;
- ✚ sable de briques concassées;
- ✚ liège torréfié;
- ✚ polystyrène expansé;
- ✚ vermiculite, perlite.

Certains sables sont à éviter, notamment les “sables à lapin”, généralement très fins, les sables crus qui manquent de fines et les sables de dunes ou de mer qui contiennent des sels néfastes pour les

constituants des ciments, par contre ils doivent être propres. Le diamètre maximum des grains de sable utilisés pour les mortiers est:

- ✚ extra-fins: jusqu'à 0,8 mm (en tamis), soit 1 mm (en passoire);
- ✚ fins: jusqu'à 1,6 mm;
- ✚ moyens: jusqu'à 3,15 mm;
- ✚ gros: jusqu'à 5 mm [8] .

1.8.3 Les adjuvants:

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des bétons. 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 (réducteurs d'eau);
- ✚ les entraîneurs d'air;
- ✚ les modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs);
- ✚ les hydrofuges.
- ✚ Les adjuvants divers (ceux qui améliorent la viscosité, l'adhérence, etc.).

Dans tous les cas des soins particuliers doivent être pris afin d'obtenir des mortiers sans ressuage, homogènes d'une gâchée à l'autre [8] .

1.8.4 Les ajouts:

Les ajouts que l'on utilise dans les mortiers sont: [8]

- ✚ poudres fines pouzzolaniques (cendres, fumée de silice.);
- ✚ fibres de différentes natures;
- ✚ colorants (naturels ou synthétiques);
- ✚ Polymers.

1.9 Le rôle d'utilisation de mortier:

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels: [8]

- ✚ 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 Consolide certains sols de fondations sous forme d'injection.

1.10 Selon leur domaine d'utilisation:

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

- ✚ Mortier de pose.
- ✚ Mortier de joints.
- ✚ Mortier pour les crépis.
- ✚ Mortier pour les sols.

1.11 Comportement mécanique du mortier:

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau sont la base de la construction et de la sécurité d'un ouvrage. Il est donc nécessaire de posséder les connaissances les plus étendues sur ces caractéristiques.

En s'appuyant sur les expériences acquises avec un matériau déterminé, il est certes possible d'exécuter de nombreux ouvrages avec une sécurité suffisante; le contrôle suivi des résistances déterminantes est cependant le moyen le plus sûr de compléter l'expérience personnelle et de créer les bases pour une construction économique et sûre. L'essai de la résistance est donc un élément d'une importance capitale aussi bien pour le constructeur que pour l'ensemble des intéressés.

L'objet principal de la résistance des matériaux est l'étude de la stabilité interne c'est à dire la détermination des contraintes et déformations à l'intérieur de la matière et les déplacements des lignes moyennes des structures générés (machines en génie mécanique, bâtiment en génie civil...).

Elle est basée sur des hypothèses simplificatrices vérifiées expérimentalement comme: la résistance à la compression et flexion [9].

1.11.1 La résistance à la compression:

La résistance à la compression est la capacité d'un matériau ou d'une structure à supporter les charges qui tendent à réduire sa taille par compression (écrasement) [10].

I.11.2 La résistance à la flexion:

La flexion est la déformation d'un objet qui se traduit par une courbure. Dans le cas d'une poutre, elle tend à rapprocher les deux extrémités de la poutre. Dans le cas d'une plaque, elle tend à rapprocher deux points diamétralement opposés sous l'action [11].

I.12 Conclusion:

Les mortiers et les ciments sont les matériaux les plus utilisés et les plus importants dans le domaine de la construction surtout ces dernières années en Algérie

Les gains de résistance ne sont pas les seuls avantages de ces slurries qui tirent leurs propriétés de leur microstructure très dense, d'une forte diminution de leur porosité sont en fait des matériaux très compressifs, et aussi du fait de leur porosité extrêmement faible, plus résistante aux agents agressifs et, en général, ont une ténacité accrue. Ils permettent d'améliorer des ouvrages, de réaliser des travaux soumis à de fortes pressions ou soumis à un environnement sévère (climat).

L'optimisation de leurs performances est due, en particulier, aux récentes évolutions technologiques des adjuvants qui permettent des formulations avec une forte réduction du dosage en eau tout en conservant une maniabilité adéquate et à l'utilisation complémentaire éventuelle d'ultrafines qui complètent les vides du squelette granulaire entre les grains de ciment et améliorent la compacité.

CHAPITRE II

CHAPITRE II : LES VERRE ET LES TRAVAUX ENTERIEURES SUR LES AJOUT CIMENTAIRES

II.1 Les Travaux Antérieures

II.1.1 Déchets De Verre:

Le verre est un corps solide, non cristallin, homogène, provenant du refroidissement progressif de certaines substances après fusion. Le verre est l'un des matériaux les plus utiles car il possède de nombreuses qualités. Il est facile à modeler, transparent et peut prendre de nombreuses formes.

Le problème environnemental que posent les déchets non biodégradables tels que les bouteilles non réutilisables (verre) devient une préoccupation majeure au regard des quantités énormes produites dans les grandes villes. L'une des rares voies de recyclage de ces déchets est de les stocker dans les procédés de construction. Ainsi, le verre est un matériau riche en silice et en sodium. Son utilisation dans une matrice cimentaire entraîne deux réactions à effet contraire: la réaction alcali silice néfaste pour les bétons par les gonflements qu'elle génère, et la réaction pouzzolanique qui est bénéfique.

Des millions de tonnes de verre sont récupérées chaque année et une voie de recyclage du verre consiste à l'utiliser dans les matériaux de construction. Il est utilisé sous deux formes principales: les granulats (taille > 4mm) et les poudres (taille < 4mm). Les granulats sont utilisés en remplacement des graves dans les bétons et lui procurent une résistance moindre.

Les poudres sont utilisées dans les mortiers en remplacement du sable mais aussi dans l'industrie du ciment comme fines.



Figure II.1. Déchet de verre

II.2.2 Déchets De Briques:

Les déchets de briques sont issus de l'industrie des produits rouges. Ces produits comptent parmi les plus anciens matériaux de construction, ils sont des produits céramiques dont les argiles sont la matière première et parfois des additifs. Les briques ont généralement une forme parallélépipède rectangle. Il existe deux types de briques: briques en terre crue et briques en terre cuite.

❖ *Briques en terre crue*

Les briques en terre crue constituent un matériau de base pour la construction de murs et de voûtes. En principe, les briques sont, fabriquées à base de terre (environ 75%), de paille (environ 20%) et d'eau (environ 5%). Le mélange est coulé dans des moules en bois, pour obtenir des briques de (40.20.10) cm³. Les briques sont séchées à l'air pendant plusieurs jours, avant d'être utilisées [23].

❖ *Briques en terre cuite [23].*

Briques en terre cuite Les briques en terre cuite (figure I.16) se composent d'argile, d'adjuvants naturels (sable, sciure de bois) et d'eau. Les composants sont broyés jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène. L'argile est façonnée puis séchée et cuite à une température d'environ 1000°C, pour devenir ce que l'on appelle des briques en terre cuite [23].



Figure II.2. Briques en terre cuite [23].

L'industrie des produits génèrent des quantités considérables de déchets. Selon les statistiques disponibles, la quantité de rebus dans cette industrie représente environ 10% de la production globale.

II.2.1 Déchets De Marbre:

Le marbre est une roche métamorphique dérivée du calcaire, existant dans une grande diversité de coloris pouvant présenter des veines ou des fossiles. Certains types de marbre portent des noms particuliers, par exemple le cipolin ou la griotte. Le marbre désigne un carbonate de calcium à tissu compact ou cristallin qui se laisse rayer et réagit aux acides de plus ou moins siliceux ou argileux, il se présente en épaisseur homogène ou diversement mélangé à d'autres matières, sa densité est élevée en moyenne de 2,27. La classification des marbres est fondée sur les teintes ou les dessins: outre le blanc ils existent des variétés, beiges, bleus, roses, gris jaunes, rouges, verts, violettes ou noires.

La production de marbre en France est faible et on constate une régression par rapport à des pays comme l'Italie, le Portugal, et la Grande Bretagne. Les produits marbrières Algériennes sont extraits et transformés conformément aux normes européennes: italiennes et françaises en particuliers. Les procédés utilisés en Algérie pour le travail du marbre sont ceux utilisés dans le monde:

- Sciage des masses au fil hélicoïdal, au fil diamanté et haveuse pour l'abatage et le tranchage des masses brutes de marbres naturels en carrières.
- Transformation des produits finis au moyen de lames et disques, débitages secondaires et ponçages avec des pierres ponces.

Le marbre Algérien est exploité actuellement par l'entreprise nationale du marbre "Enamarbre" qui dispose de dix unités de production implantées dans cinq Wilayas [23-24].



Figure II.3. Déchet de marbre.

II.3 Définition de verre :

Il n'existe pas une, mais plusieurs définitions du verre. Ainsi, on peut le définir différemment suivant que l'on considère:

- Les objets que l'on peut fabriquer à partir de cette matière (aspect fonctionnel): par analogie avec le verre utilisé pour boire ou le verre à vitre. Le verre est un matériau solide transparent, homogène et cassant. Il résiste bien au feu et au contact de pratiquement tous les liquides et solides connus.
- Que ce matériau à une structure particulière (aspect structural) le verre est un solide non cristallin (amorphe). Il ne présente pas comme pour les structures cristallines d'ordre à longue distance (ordonnancement des atomes et existence d'une maille cristalline). C'est un état particulier de la matière: l'état vitreux.
- Que c'est un état particulier de la matière (aspect opérationnel): le verre est un solide obtenu par trempe d'un liquide surfondu [13] .

II.3.1 Définition la poudre de verre

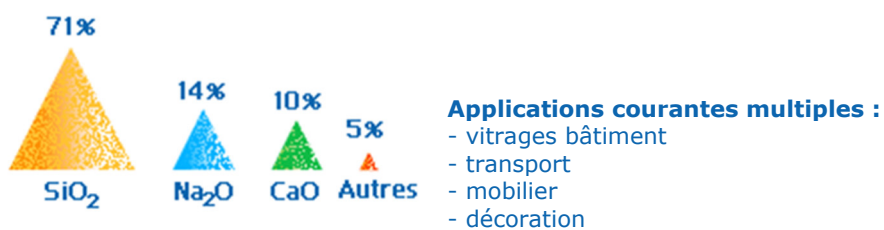
La poudre de verre est obtenue en broyant à une certaine finesse le verre récupéré. Lorsqu'il est incorporé au béton en remplacement d'une portion de ciment, le verre ainsi réduit en poussière se lie avec les éléments de chaud en vertu de ses propriétés pouzzolaniques [13] .



Fig.II.4. poudre de verre

II.3.2 La composition des verres les plus courants en détail: [14]

» Verre silico-sodo-calcique:



» Verre céramique:



» Verre borosilicate:



» Verre au plomb:



II.4 Les propriétés du verre

Le verre est la seule matière minérale solide que l'on puisse produire à des dimensions et sous des formes quelconques tout en conservant sa transparence [15].

III-4-1- Propriétés physiques

- ❖ La transparence: mais il peut être opaque ou opalescent.
- ❖ La dureté: seuls les diamants et le carbure de tungstène le rayent. Le verre le plus dur est le verre de Bohème et le cristal est le plus tendre.
- ❖ La densité: elle dépend des composants; elle est d'environ 2,5. Cela signifie qu'un mètre cube pèse environ deux tonnes et demie ou qu'une feuille d'un mètre carré et d'un millimètre d'épaisseur pèse 2,5 kg.
- ❖ La résistance et l'élasticité: la cassure du verre est liée à sa flexion et à sa résistance au choc. Il casse là où le métal se tord. Contrairement, sa résistance à la compression est importante: il faut une pression de 10 tonnes pour briser un centimètre cube de verre.
- ❖ L'imperméabilité: elle est extrêmement grande mais le verre reste poreux pour certains liquides comme le kérosène; on dit « qu'il sue ».

II-4-2- Propriétés thermiques:

- ❖ La dilatation: c'est un très mauvais conducteur de chaleur. Il se brise s'il subit un brusque changement de température car les différentes parties du verre ne se réchauffent pas en même temps. Son coefficient de dilatation est faible, ce qui lui confère de nombreuses applications: il sert d'isolant thermique (laine de verre). On retrouve presque les mêmes coefficients que certains métaux d'où l'exécution de soudures verre-métal. Ce coefficient varie selon la composition.
- ❖ La conductivité: il est mauvais conducteur (environ 500 fois moins que le cuivre); on l'utilise comme isolant électrique. C'est aussi un bon isolant acoustique suivant l'épaisseur de la feuille. Ceci n'est pas le cas à chaud car il devient conducteur à partir de 250 °C.
- ❖ Il est ininflammable et incombustible.

II-4-3- Propriétés chimiques:

- ❖ L'action de l'eau: l'eau agit sur les silicates qui, en se décomposant, forment un dépôt en surface qui devient peu à peu opaque; le verre perd de sa transparence.
- ❖ L'action de l'air: les silicates alcalins se combinent avec l'acide carbonique contenu dans l'air ce que donne un dépôt blanchâtre à la surface du verre.
- ❖ L'action de la lumière: exposés aux ultraviolets, certains verres se colorent ou se décolorent.

- ❖ L'action des acides: ils décomposent la silice, le plus rapide est l'acide fluorhydrique qui permet de graver en profondeur le verre plaqué. Le verre peut donc être dissout [15] .

II.5 Comportement du verre dans un milieu cimentaire:

Le verre incorporé dans les bétons peut manifester plusieurs types de comportement, essentiellement en fonction de sa granularité: une granularité grossière tend à provoquer un phénomène d'alcali-réaction générateur de désordres, alors qu'un verre fin développe une action bénéfique identifiable à une réaction pouzzolanique [16]

II.6 La fumée de silice(FS):

Les fumées de silice (FS) sont un sous-produit industriel provenant de la fabrication du silicium métallique ou de divers alliages de Ferro-silicium. Les fumées de silice sont produites lors de la réduction du quartz très pur par du charbon dans un four à arc électrique. Les fumées de silice sont recueillies par filtration des gaz qui s'échappent lors de la combustion. Elle s'élève sous forme de vapeur oxydée émise par les fournaies chauffées à 2000 °C. Une fois refroidie, elles se condensent pour être captée dans des poches de tissu. Ensuite, elles seront traitées pour enlever les impuretés et pour contrôler la taille des particules [17] .

II.7 Marbre:

Le marbre est une roche métamorphique dérivée du calcaire existant dans une grande diversité de coloris pouvant présenter des veines, ou marbrures (veines et colorie sont dus à des inclusions d'oxydes métalliques le plus souvent). Le déchet du marbre a été recyclé avec succès dans la confection des bétons hydrauliques en substitution du sable ou du gravier et ce à des différentes proportions. Les résistances obtenues restent raisonnables à celles données par les granulats naturels. [18].

II.8 les entraîneurs d'air:

Des bulles d'air de la taille requise sont placées dans le béton et installées. [19] En quoi le rôle des inhibiteurs de piégeage d'air est d'inclure des millions de minuscules bulles d'air entre 10 et 300 µm de diamètre dans le béton et le mortier afin d'augmenter la résistance aux cycles de gel-dégel. Cela améliore également l'opérabilité et réduit les saignements. En raison de sa nature chimique particulière, les matériaux de piégeage d'air ont la capacité d'introduire de l'air dans le mélange, et les grosses bulles initialement piégées dans le mélange se brisent progressivement en plus petites bulles sous l'action du mélange. Étant donné que le fractionnement des bulles d'air nécessite une certaine quantité d'énergie, L'intensité et le temps de mélange sont deux facteurs importants pour produire un filet à bulles d'air approprié. La rétention d'air varie également d'un type de mélangeur à l'autre. La puissance fournie au

lisier par le mélangeur dépend de sa composition, de la vitesse de rotation et du temps de mélange. Les mélangeurs utilisés en laboratoire sont souvent plus actifs que ceux utilisés dans l'industrie.

L'effet de l'air emprisonné sur les obus de mortier a été étudié. Il a été observé que la rétention d'air peut réduire les composants Mortier sans aucune influence sur la maniabilité du mortier Mélanger, ce qui signifie qu'il peut s'agir d'un mélange de lisier plus économique Il est obtenu en utilisant n'importe quel agent de piégeage d'air Réduire la résistance à la compression du béton Une rétention d'air accrue doit être envisagée. Diminution de la densité due à l'augmentation de l'air Faire glisser le mélange de boue provoque une hypothermie Mouillage dans le mortier sur toute la surface.

II.9 Le super plastifiant :

Les super plastifiants sont des produits chimiques qui a ajouté au mortier permettent de réduire sa teneur en eau jusqu'à 30%(c'est un super réducteur d'eau), c'est-à-dire trois ou quatre fois plus qu'un réducteur d'eau normal. [20]

Les plastifiants sont des substances qui sont ajoutées pour augmenter la flexibilité ou la fluidité du matériau auquel ils sont ajoutés, et ces matériaux incluent les plastiques ou le ciment. Ou du béton, ou des panneaux muraux ou de la poterie. Bien que ces matériaux soient souvent utilisés avec les plastiques et le béton, l'effet recherché n'est pas relativement important. Les plastifiants pour béton ramollissent le mélange avant qu'il ne durcisse, augmentent sa maniabilité et réduisent l'humidité dans le mélange. Ces matériaux ne sont souvent pas ajoutés pour modifier les propriétés finales du mélange après son durcissement. Les plastifiants pour panneaux muraux augmentent la fluidité du mélange, permettant une utilisation moindre dans l'eau, tout en donnant une période plus longue avant que le panneau mural ne se solidifie. Les plastifiants plastiques adoucissent le produit final et améliorent son élasticité [21] .

II.10 Fibres Métallique: [22]

Ce type de fibres, qui regroupe les fibres d'acier et les fibres de fonte amorphe, a été reste encore l'objet de recherche très importante dans le monde. On se limite aux fibres d'acier qui sont les plus utilisées dans le domaine de génie civil. En effet les propriétés mécaniques du béton renforcé par ces fibres sont influencées par la résistance d'adhésion inter faciale entre fibre et la matrice. Les fabricants des fibres d'acier ont essayé par tous les moyens d'améliorer l'adhérence en jouant sur l'irrégularité de la surface de la fibre. Ce qui les conduits aux nombreuses variétés de fibre qui se différencient les unes des autres par leurs diamètre, leur section (rond, carré, rectangulaire). Leur

longueur et leur mode d'opération. Les diamètres des fibres d'acier varient généralement entre 0,1 et 0,7 mm, avec des longueurs de 10 à 70 mm.

Les fibres de différentes compositions incorporées au béton ont pour effet d'augmenter la résistance résiduelle du béton. Dans certains cas, l'utilisation de fibres permet de renforcer la structure. En général, les fibres permettent une meilleure répartition des contraintes mécaniques. L'utilisation de fibres augmente la ductilité du béton, c'est-à-dire ses caractéristiques en post fissuration. De plus, l'utilisation de fibres peut apporter une amélioration en flexion, en tension, en torsion et en cisaillement ainsi qu'à la résistance aux impacts et à la fatigue. Un béton fibré continue donc à supporter des charges après la formation de fissures.



Figure II.5. Fibres métallique

II.10.2 Différents types des fibres métalliques:

Il existe de nombreux types de fibres minérales qui diffèrent par leur diamètre, leur section (rond, carré), leurs limites élastiques, leur longueur et leur méthode de production. Ils peuvent être droits, ondulés, coupés ou avoir des élargissements aux extrémités. Les fibres avec des crochets à chaque extrémité sont celles qui offrent le plus d'avantages en raison de leur bonne adhérence mécanique. Il est fabriqué en acier laminé à froid, ce qui le rend facile à incorporer dans les boues et à mélanger. Au contact de l'eau de gâchage, les fibres sont libérées de manière aléatoire dans la masse du mélange, pour reprendre la finesse unitaire. On obtient ainsi une meilleure homogénéité du matériau.

Le béton fibré étant toujours déchiré par des fibres, l'utilisation de fibres à haute adhérence améliore la résistance à la déchirure et améliore ainsi les propriétés mécaniques du matériau composite. Les proportions de béton fibré ordinaire varient généralement de 1 à 3 % selon le volume de béton. Les fibres ont des longueurs comprises entre 20 et 60 mm au maximum. La finesse est définie comme le rapport longueur/diamètre (l/d), qui est un paramètre important dans le sens où il reflète deux propriétés des fibres à savoir la longueur et le diamètre. Pour atteindre une efficacité

optimale. Des doses plus élevées de fibres longues donneront de meilleures performances mécaniques si les fibres peuvent être uniformément réparties.

II.10.3 Avantages de la fibre:

La fibre peut remplacer le treillis soudé, afin de contrôler la fissuration de retrait, car le treillis soudé est souvent utilisé pour empêcher le phénomène de retrait du béton, la fibre retarde la fissuration fine et améliore le comportement post-fissuration jusqu'à présent divers béton blocs. Ils préviennent les contractures dès le plus jeune âge et s'opposent à la manie (la manie correspond à l'apparition de nombreuses fissures très fines qui forment un quadrillage hexagonal ou octogonal). Le retrait du lisier peut être réduit. Les fibres améliorent la ductilité du béton ou du mortier durci dans une moindre mesure la résistance à la traction. Les fibres augmentent la résistance aux chocs. Les fibres réduisent le fluage, qui est la déformation du mortier ou du béton en général au cours du temps sous une pression constante. Par exemple, les fibres d'acier et de verre sont parmi les fibres les plus utilisées.

II.11 Conclusion:

L'utilisation d'additifs de poudre de verre et de fibres minérales dans le mortier est principalement bénéfique en termes de contrôle de la fissuration ainsi que de support de la charge, selon le type de fibre et le dosage utilisé, ce qui implique une réduction des coûts de mise en place et du temps de construction.

CHAPITRE III

CHAPITRE III : METHODES D'ESSAIS ET MATERIELS

III.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous expliquons notre travail expérimental, où nous montrons comment fabriquer les éprouvettes en détail, puis décrire l'essai de maniabilité que nous avons effectué lors de la fabrication des éprouvettes du mortier à l'état frais. Après le séchage des éprouvettes nous avons effectué les essais à l'état durci, qui sont l'essai de traction par flexion, l'essai de compression et la capacité d'absorption d'eau.

III.2. FABRICATION DES EPROUVETTES : [26]

Les éprouvettes utilisées pour notre étude sont des éprouvettes prismatiques normalisées (4x4x16) cm³. Nous avons réalisé six éprouvettes pour chaque type pour quatre compositions de mortier.

III.2.1. Préparation des Compositions des éprouvettes :

On pèse les quantités nécessaires des différents matériaux : sable (S), poudre de verre (PV), entraîneur d'air (EA), ciment (C), fibre métallique (FM) et l'eau (E), par une balance électronique sensible.

III.2.2. Préparation des moules :

On utilise une série des moules de dimensions 4x4x16 cm, pour que les moules soient prêtes à être utilisés ils doivent être bien nettoyés et graissés à l'aide d'huile.

III.2.3. Le malaxage :

Le malaxage a une influence essentielle sur les caractéristiques des mortiers et bétons, il est indispensable pour que le sable soit régulièrement dispersé et que le ciment soit bien réparti entre et autour de tous les grains inertes, il faut en outre que le ciment ne soit pas regroupé en grumeaux, mais régulièrement entouré d'une particule d'eau. [9]

III.2.4. Coulage des éprouvettes :

Cette opération est exécutée en deux couches successives, compactées et vibrées à l'aide d'une table à chocs figure III.4 pendant (30 seconde) pour chaque couche

III.2.5. Finissions des éprouvettes :

Après avoir coulé et vibrer les éprouvettes, une opération de finissions est exécutée sur le parement supérieur des éprouvettes pour obtenir des surfaces planes et lisses.

III.2.6. Séchage des éprouvettes dans les moules :

Après le coulage nous laissons les moules pendant 24 heure afin de rendre les éprouvettes prêtes à démouler de leur moule.

III.2.7. Conservation des éprouvettes :

Après le démoulage les éprouvettes seront mise en conservation pendant 7, 28 jours.

III.3. ESSAIS SUR LES MORTIERS FRAIS :

III.3.1. Détermination de la quantité d'eau optimale (essai de maniabilité) :

Le mortier normal composé d'une partie de ciment, de trois parties de sable et d'une demi partie d'eau (E/C = 0.5), Pour déterminer la meilleur rapport E/C, nous avons fait l'essai de l'affaissement.

A - But de l'essai : Pour cet essai, l'affaissement est déterminé par mesurer la distance de pénétration d'un cône de métal (masse = 500g) à l'action de son poids.

B - Matériel utilisé : appareille gradué (10 cm) équipé d'un cône de métal, récipient de mortier, malaxeur électrique.

III.4. ESSAIS SUR LE MORTIER DURCI :

III.4.1. Essai de traction par flexion :

C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à briser en flexion une éprouvette prismatique de côté (a) et de longueur (4a). Avec une charge applicable sur cette éprouvette est P. L'essai est exécuté sur des éprouvettes (4x4x16) cm³.

$$R_f = 1,5 PL/a^3$$

Où :

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

a : est le côté de la section carrée du prisme, en millimètres.

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

L : est la distance entre les appuis, en millimètres.

III.4.2. Essai de compression :

L'essai de compression s'effectue après avoir réalisé l'essai de traction par flexion qui coupe l'éprouvette en deux parties plus au moins égales. Cet essai est réalisé sur un appareil de compression universel (NF P 18-406), fonctionnant avec un système de pression hydraulique. L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux plateaux. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie supérieure vers le bas jusqu'à la rupture. Les éprouvettes de compression sont préparées à partir des éprouvettes de flexion. L'éprouvette est centrée entre deux plateaux métalliques de façon que l'axe vertical de l'éprouvette coïncide avec l'axe des blocs de chargement. $\sigma_c = P_c/S$

σ_c : contrainte de compression ;

P_c : la charge de rupture à la compression ;

S : section transversale de l'éprouvette ($S = a \times a$).

III.5. SABLE

III.5.1. Caractéristiques physiques du sable concassé :

III.5.1.1. Masse volumique :

Est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume $P=m/v$

III.5.1.1.1. La masse spécifique (absolue) du sable :

Le tableau suivant représente les résultats de la masse volumique absolue :

*** Résultats obtenus:**

N° d'essai	M (g)	V_e [cm ³]	V_1 [cm ³]	P[g /cm ³]	P_{moy} [g/cm ³]
1	80	200	35	2,28	2,28
2	80	200	35	2,28	

3	80	200	35	2,28	
---	----	-----	----	------	--

Tableau III.1 : Masse volumique absolue du sable.

III.5.1.2. Masse volumique apparente :

Le tableau suivant représente les résultats de la masse volumique apparente.

1.L'état lâche :

*** Résultats obtenus :**

N° d'essai	M ₁ (g)	M ₂ (g)	$\rho_{app}(g/cm^3)$	$\rho_{app} \text{ moyenne}(g/cm^3)$
1	115	1412,8	1,44	1,47
2	115	1449,4	1,48	
3	115	1456,1	1,49	

Tableau III .2 : Masse volumique apparente du sable à l'état lâche.

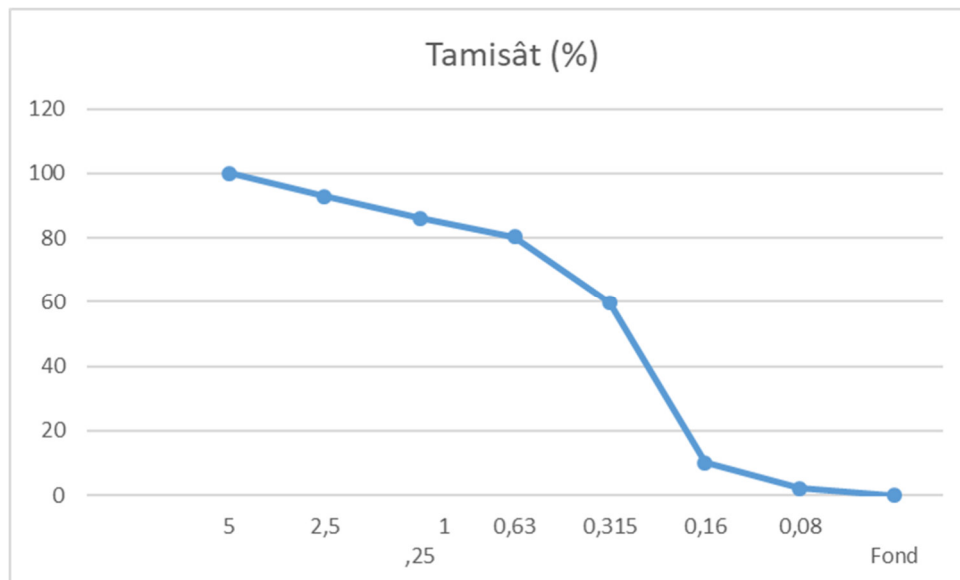
III.5.2. Analyse granulométrique :

Les résultats d'analyse granulométrique du sable dans le tableau suivant :

*** Résultats obtenus :**

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
5	0	0	0	100
2,5	142	142	7,1	92,9
1,25	136	278	13,9	86,1
0,630	117	395	19,75	80,25
0,315	407	802	40,1	59,9
0,160	996	1798	89,9	10,1
0,08	158	1956	97,8	2,2
Fond	44	2000	100	0,0

Tableau III. 3. : Analyse granulométrique du sable



Courbe d'Analyse granulométrique du sable

III.5.3. Equivalent du sable :

Le mode opératoire est le même que l'on a utilisé pour l'équivalent du sable.

A / Equivalent de sable visuel (ESV) :

B / Equivalent de sable visuel (ESP) :

*** Résultats obtenus :**

N° d'essai	h ₁ (cm)	h ₂ (cm)	ESV (%)	h ₂ (cm)	ESP (%)
1	9,1	10,8	84,25	8,7	80,55
2	8,9	11,1	80,18	8	72,07
3	9,6	10,9	88,07	8,7	79,81

Tableau III. 4. : Equivalent du sable

- (ESV)_{moy} = 84,16%

ESV > 75%

- (ESP)_{moy} = 77,47% Donc

ESP > 70%.

E.S.V	E.S.P	Nature et qualité du sable
ES < 65	ES < 60	Sable argileux: Risqué de retrait ou de gonflement à

		rejeter pour des bétons de qualité.
65<ES<75	65<ES<70	Sable légèrement argileux de propriété admissible pour des bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait.
75≤ES≤85	70≤ES≤80	Sable propre à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de hautes qualité.
E.S≥85	E.S>80	Sable très propre: L'absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Tableau III.5. : Comparaison des résultats. [26]

Pour ce sable : c'est un sable propre à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de hautes qualité.

III.5.4. L'affaissement :

Est un essai réalisé sur le mortier de ciment frais peu fluide pour déterminer sa consistance.

Les résultats d'affaissement = 3 sur le mortier utilisé.

III.5.5. Porosité :

La porosité est calculée par la formule

$$P (\%) = [1 - (\text{Masse volumique apparente} / \text{masse volumique absolue})] * 100$$

$$\text{Pour ce sable : } P (\%) = [1 - (1,47/2,28)] * 100$$

$$P (\%) = 35,52\%$$

III. 5.5. Compacité :

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

La compacité donnée par la formule :

$$C = (P_{app}/P_{abs}) = 100 - P \text{ (\%)}$$

$$C = (1,47 / 2,28) = 100 - 35,52$$

$$C = \mathbf{64,48}$$

CHAPITRE IV

CHAPITRE IV : Résultats et discussion liste des tableaux

IV.1 INTRODUCTION :

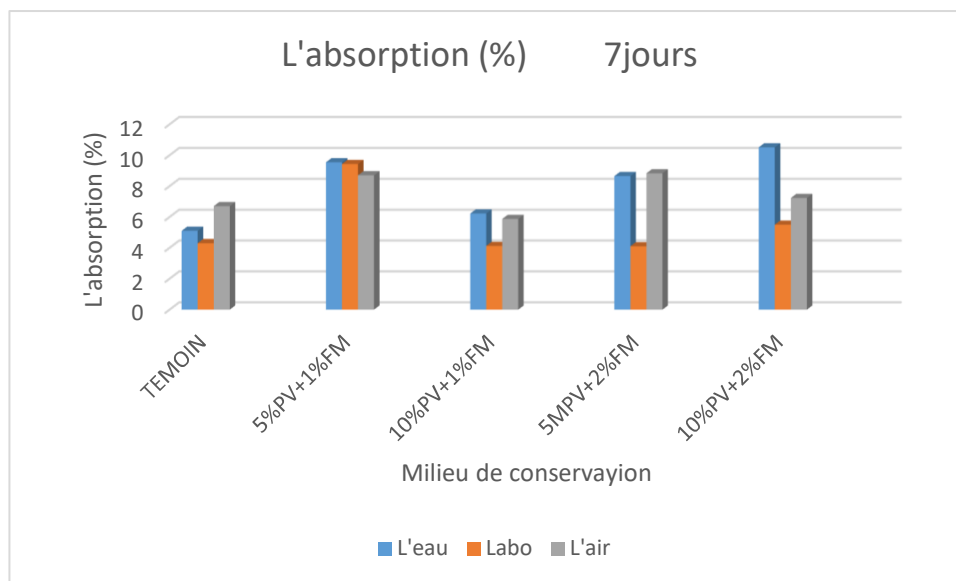
Dans ce chapitre nous présentons les résultats expérimentaux des essais réalisés ainsi que leurs interprétations.

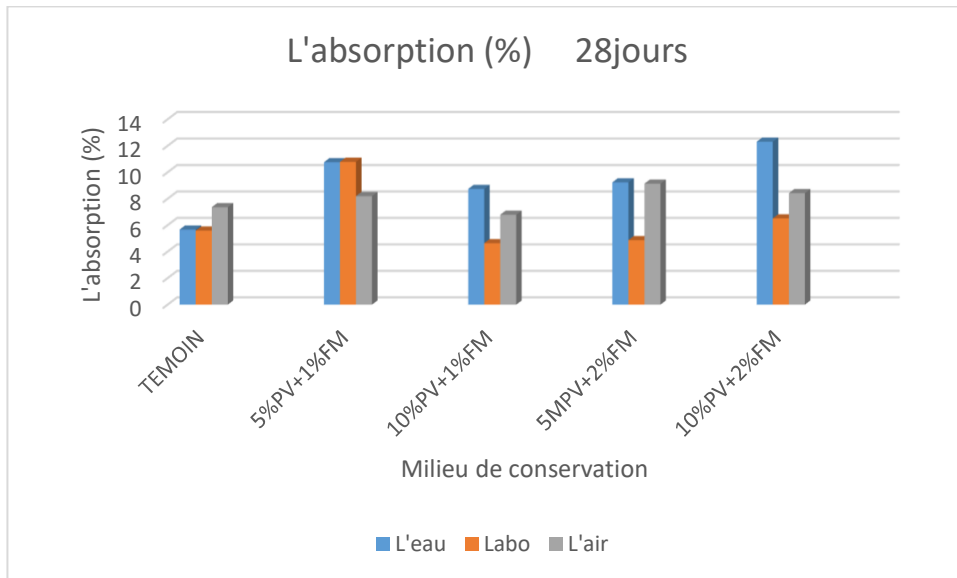
IV.2 L'absorption d'eau :

L'absorption d'eau par immersion Abs est exprimée en pour –cent de la masse sèche et est calculée par la relation suivant :

$$\text{Abs} = [(M_{\text{humide}} - M_{\text{sèche}}) / M_{\text{sèche}}] * 100$$

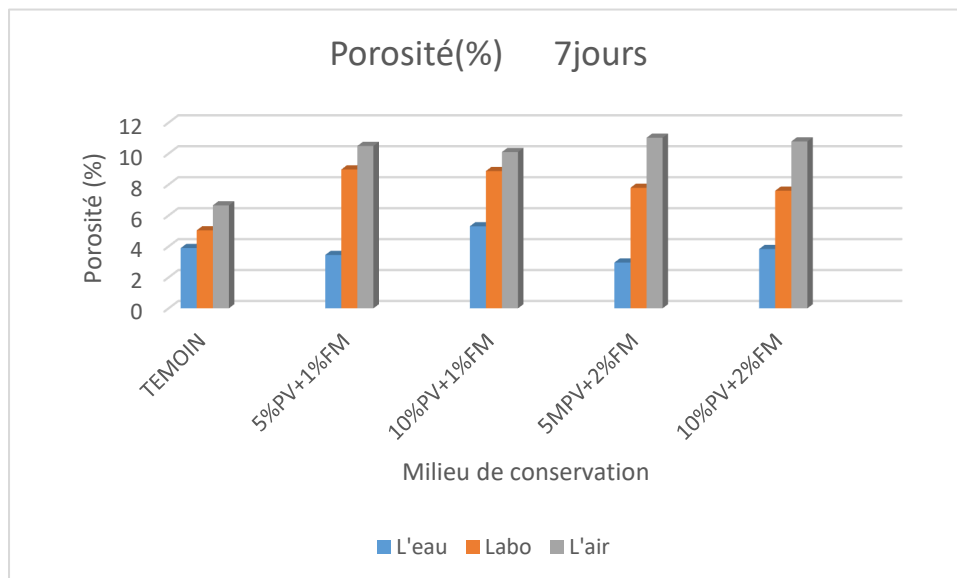
FigureIV.1 : L'absorption de mortier Témoin

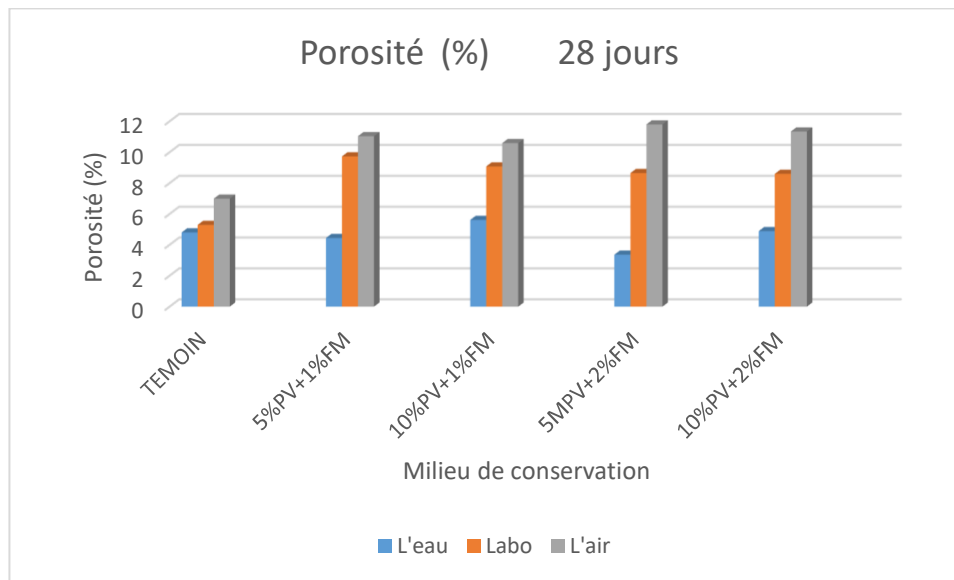




IV.3 La porosité accessible à l'eau :

Figure IV.2 : La porosité de mortier / Temoin





IV.4 La masse volumique :

Tableau IV.1 : Résultat de la masse volumique à chaque type de mortier

	Sans fibre métallique(t)	5%PV+1%FM	10%PV+1%FM	5%PV+2%FM	10%PV+2%FM
Masse de moule +mortier(g)	14005	14104,5	13989,5	14042,5	14053,5
Masse de moule vide(g)	12400	12400	12400	12400	12400
Masse de mortier(g)	1605	1704,5	1589,5	1642,5	1653,5
Volume de moule(cm3)	768	768	768	768	768
Masse volumique (g/cm3)	2,08	2,21	2,06	2,13	2,15

IV.5 COMPORTEMENT MECANIQUE DU MORTIER :

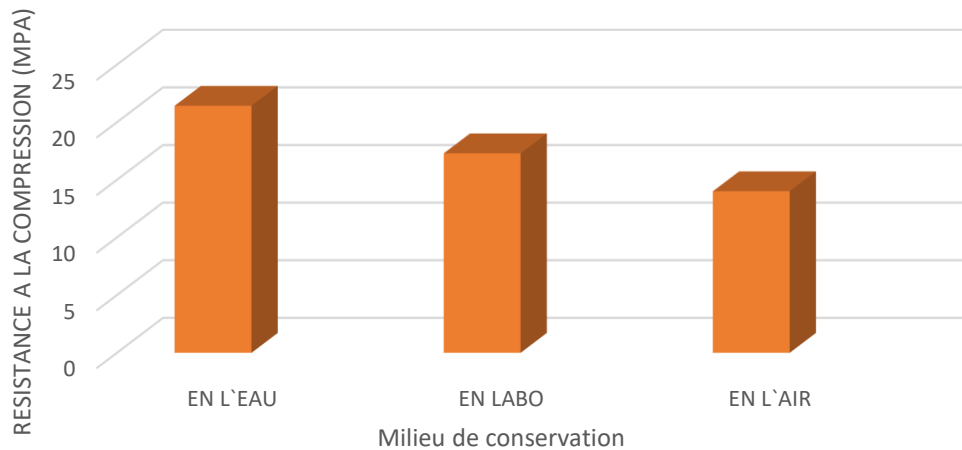
IV.5.1. Résistance à la compression :

Les résultats de l'essai de compression réalisé sur éprouvettes de mortier à l'âge de 7 jours, sont présentés respectivement par les tableaux et les figures suivantes :

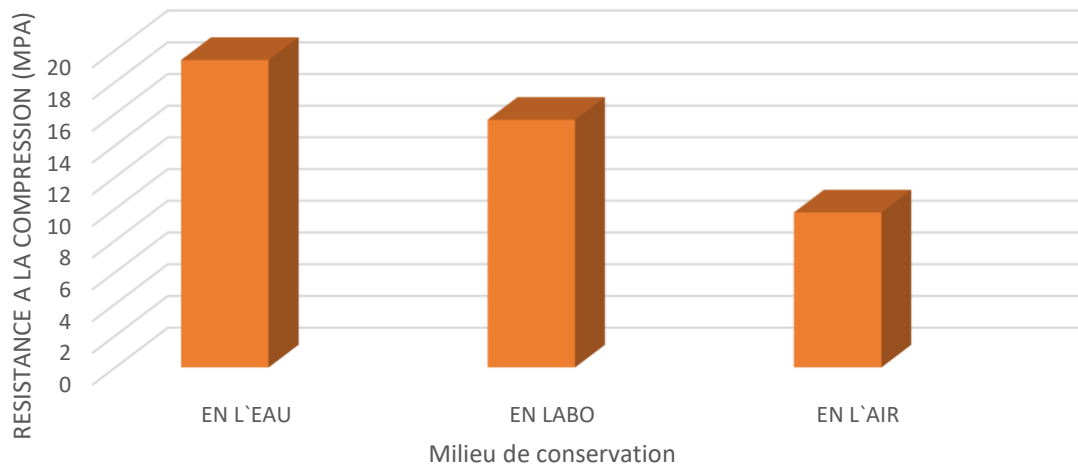
Sans fibre métallique (7JOURS)

Figure IV.5.3 : Résistance à la compression des mortier témoins

5%PV+0,08%EA A LA COMPRESSION 7jours



10%PV+0,08%EA A LA COMPRESSION 7 JOURS



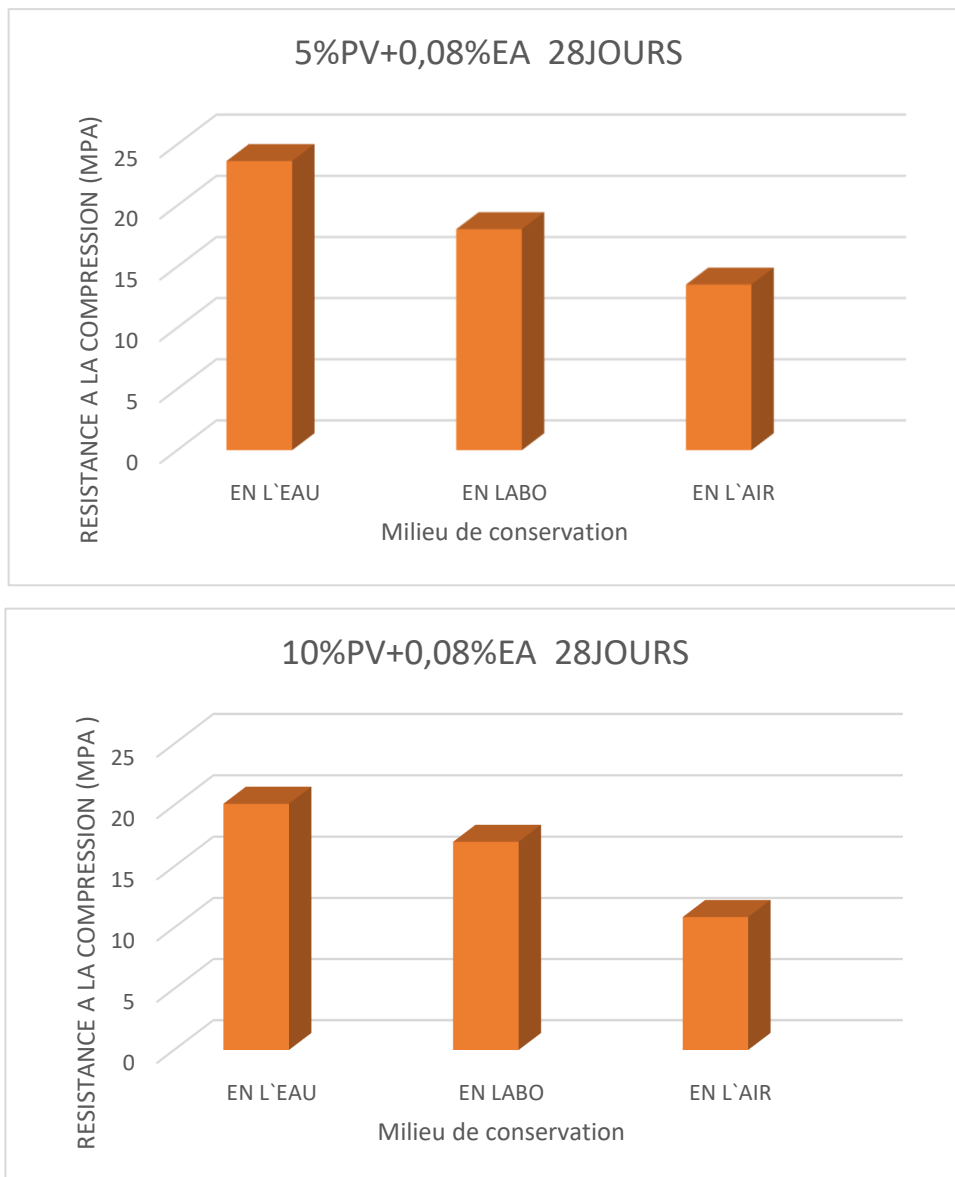
Interprétation :

L'histogramme (IV.5.3) présente l'évolution de la résistance à la compression d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et l'entraineur d'air (0,08%) en 7jours. D'après les résultats obtenus :

- On remarque que le rapport de compression à 5%PV en 7 jours est meilleur que le rapport de compression à 10%PV
- On constate que le rapport de compression du mortier dans l'eau dépasse la compression du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la compression du mortier dans l'air

✚ Sans fibre métallique (28 jours)

Figure IV.5.4 : Résistance à la compression des mortiers témoins



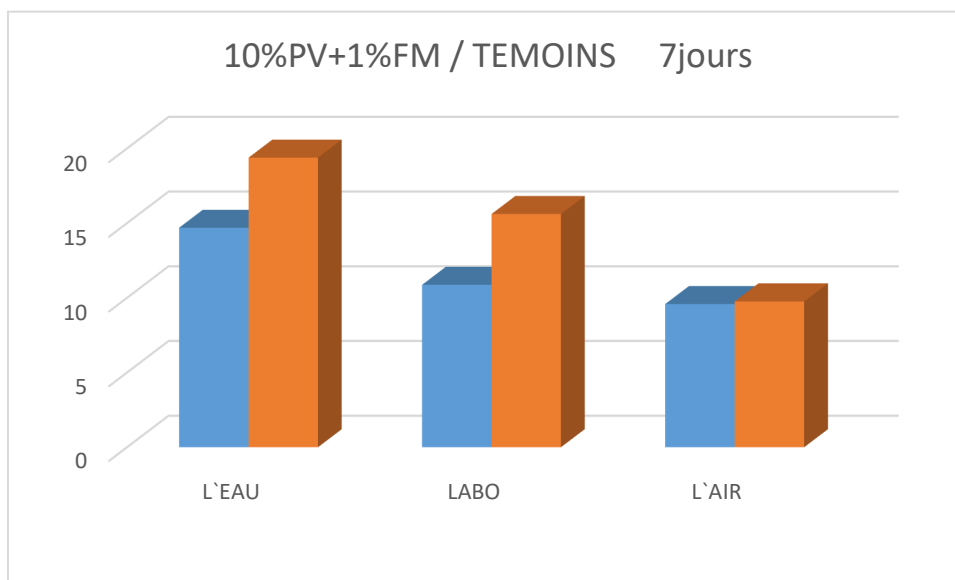
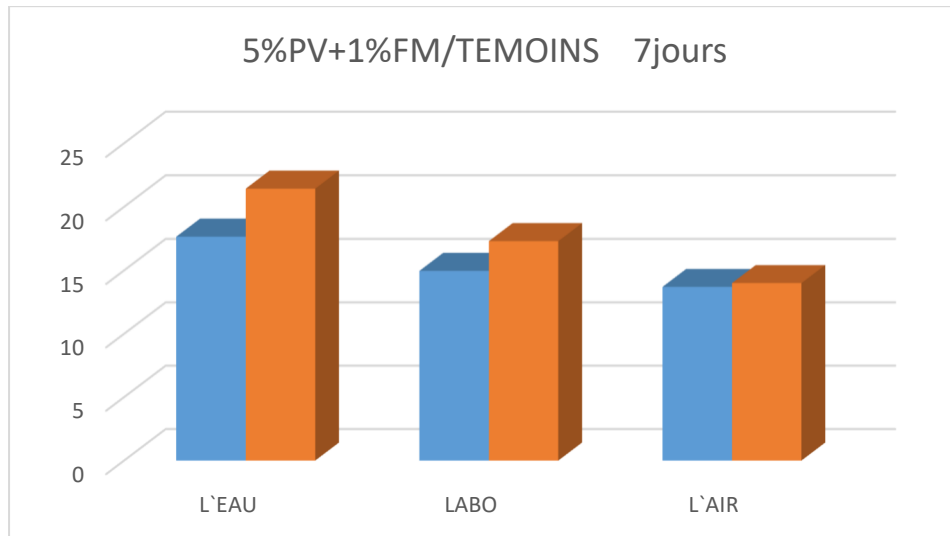
Interprétation :

L'histogramme (IV.5.4) présente l'évolution de la résistance à la compression d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et l'entraîneur d'air (0,08%) en 28 jours. D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de compression à 5%PV en 28jours est meilleur que le rapport de compression à10%PV
- ❖ On constate que le rapport de compression du mortier dans l'eau dépasse la compression du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la compression du mortier dans l'air

✚ Avec fibre métallique 1% (7 jours) :

Figure IV.5 : Résistance à la compression des mortier (5%PV+1%FM /10%PV+1%FM) comparer avec témoin



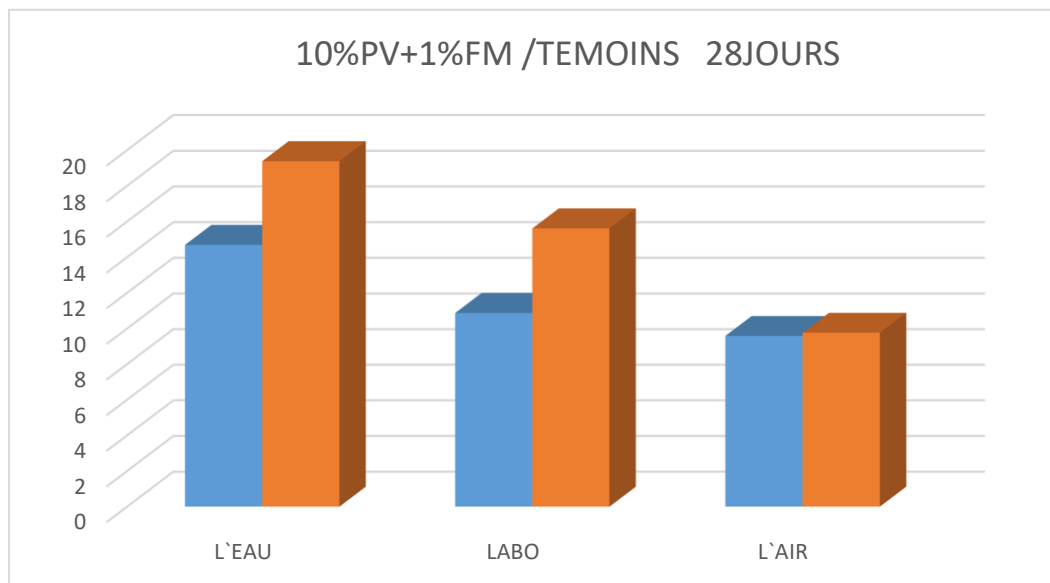
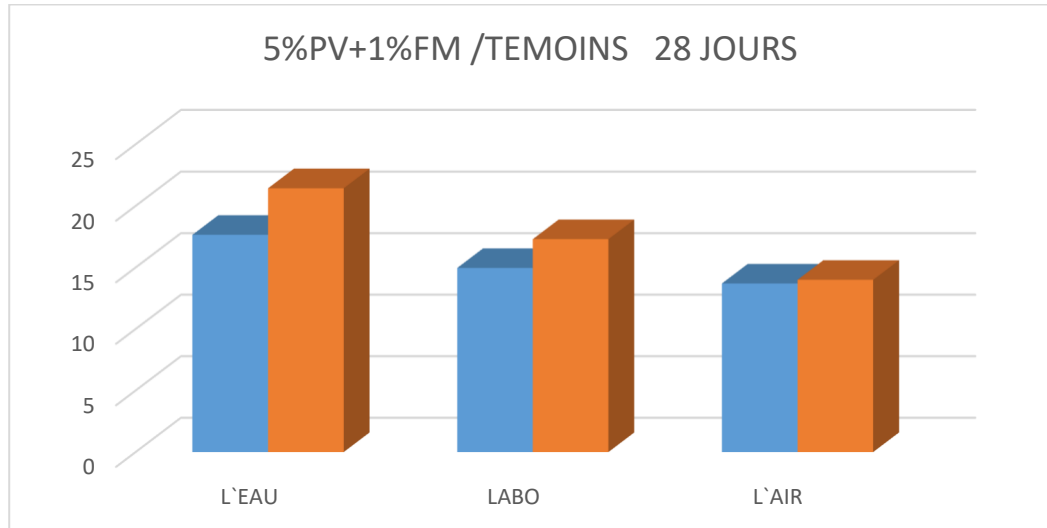
Interprétation :

L'histogramme (IV.5) présente l'évolution de la résistance à la compression d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et fibre métallique (1%) par rapport au témoin en 7 jours. D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de compression à 5%PV+1%FM en 7jours est meilleur que le rapport de compression à 10%PV+1%FM
- ❖ On constate que le rapport de compression du mortier dans l'eau dépasse la compression du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la compression du mortier dans l'air
- ❖ De plus, le rapport de compression dans le témoin est bien meilleur que le mortier fait de 5%PV+1%FM et 10%PV+ 1%FM

 Avec fibre métallique 1%(28JOURS)

FigureIV.6 : Résistance à la compression des mortier (5%PV+1%FM /10%PV+1%FM) comparer avec témoin) :



Interprétation :

L'histogramme (IV.6) présente l'évolution de la résistance à la compression d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et fibre métallique (1%) par rapport au témoin en 28 jours.

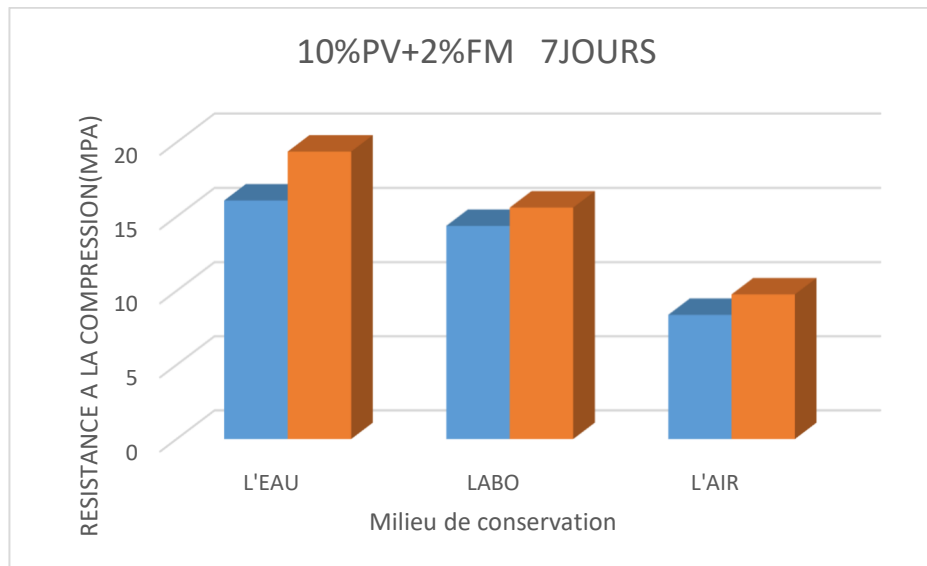
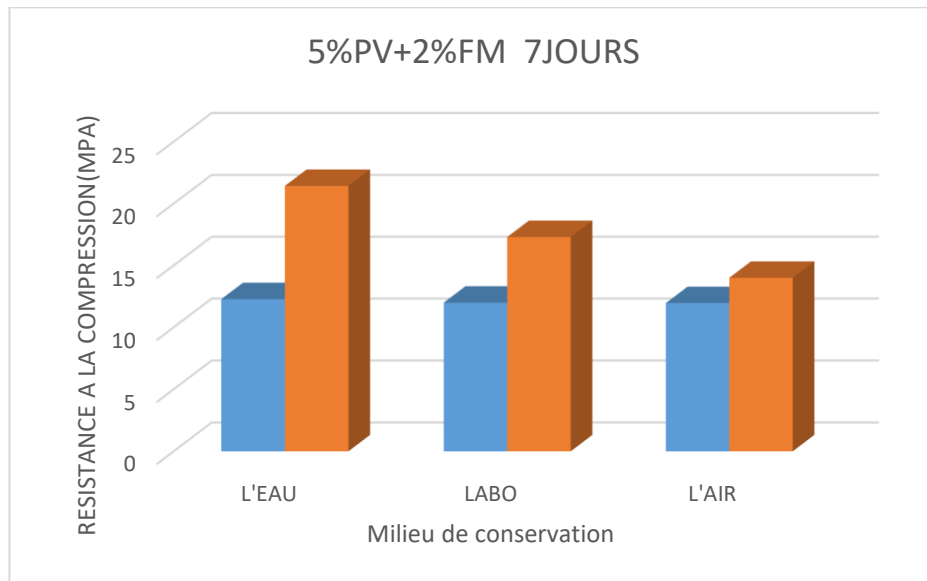
D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de compression à 5%PV+1%FM en 28jours est meilleur que le rapport de compression à10%PV+1%FM
- ❖ On constate que le rapport de compression du mortier dans l'eau dépasse la compression du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la compression du mortier dans l'air

- ❖ De plus, le rapport de compression dans le témoin est bien meilleur que le mortier fait de 5%PV+1%FM et 10%PV+ 1%FM

✚ Avec fibre métallique 2% (7 jours) :

FigureIV.7 : Résistance à la compression des mortiers (5%PV+2%FM /10%PV+2%FM) comparer avec témoin)



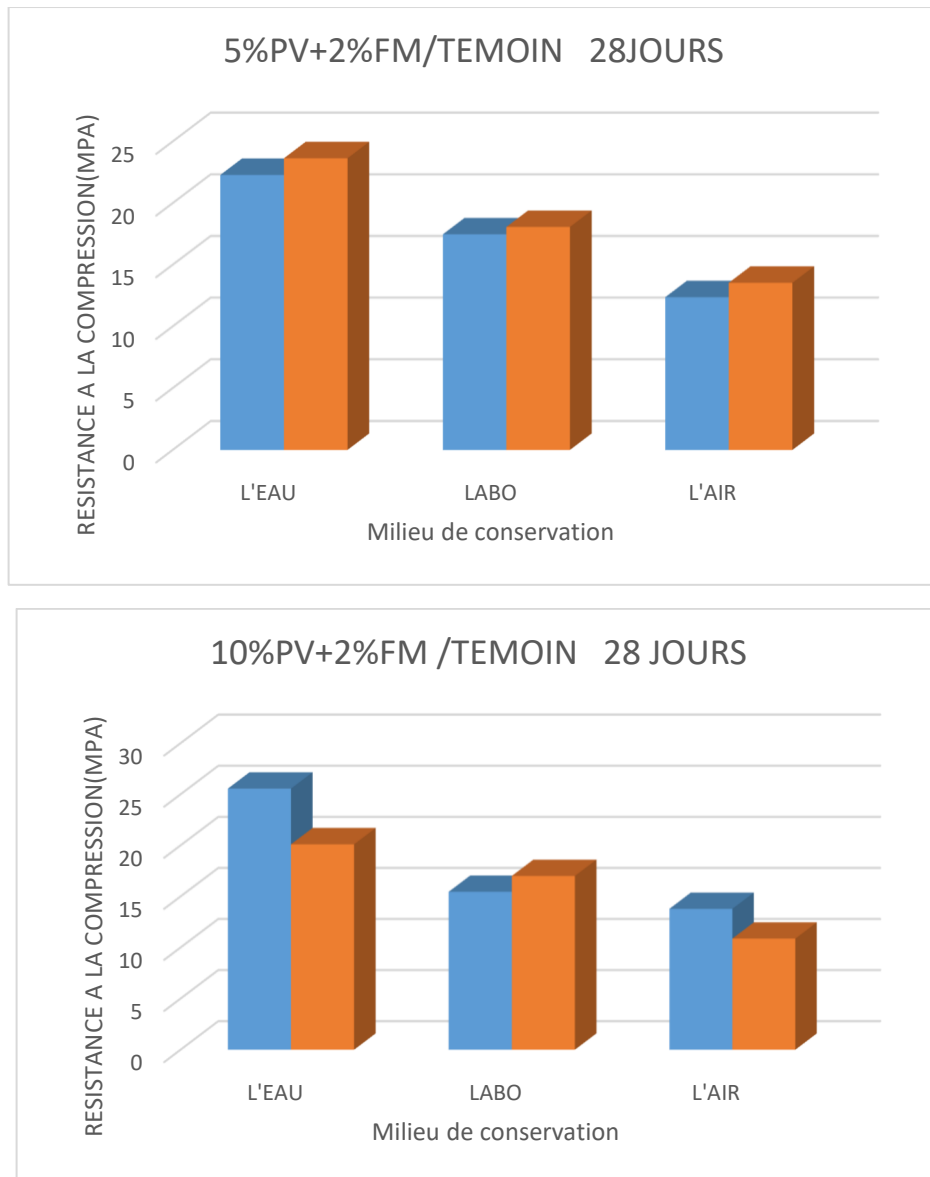
Interprétation :

L'histogramme (IV.7) présente l'évolution de la résistance à la compression d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et fibre métallique (2%) par rapport au témoin en 7 jours. D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de compression à 5%PV+2%FM en 7jours est meilleur que le rapport de compression à10%PV+2%FM
- ❖ On constate que le rapport de compression du mortier dans l'eau dépasse la compression du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la compression du mortier dans l'air
- ❖ De plus, le rapport de compression dans le témoin est bien meilleur que le mortier fait de 5%PV+2%FM et 10%PV+ 2%FM

✚ Avec fibre métallique 2% (28 jours) :

FigureIV.8 : Résistance à la compression des mortiers (5%PV+2%FM /10%PV+2%FM) comparer avec témoin)



Interprétation:

L'histogramme (IV.8) présente l'évolution de la résistance à la compression d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et fibre métallique (2%) par rapport au témoin en 28 jours. D'après les résultats obtenus:

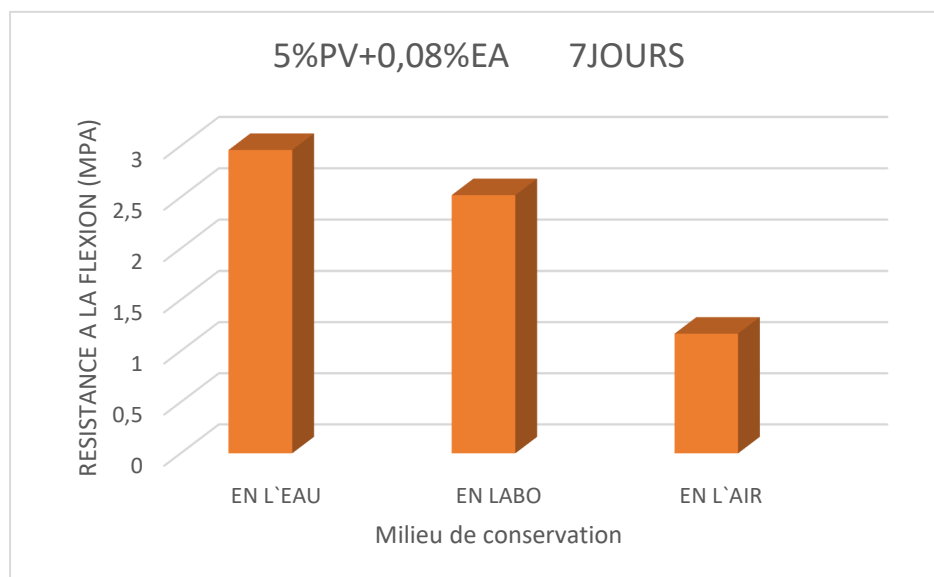
- ❖ On remarque que le rapport de compression à 5%PV+2%FM en 28jours est meilleur que le rapport de compression à10%PV+2%FM
- ❖ On constate que le rapport de compression du mortier dans l'eau dépasse la compression du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la compression du mortier dans l'air
- ❖ De plus, le rapport de compression dans le témoin est bien meilleur que le mortier fait de 5%PV+2%FM
- ❖ Quant au mortier constitué de 10%PV+2%FM sa compression était meilleure que le témoin dans l'eau et l'air

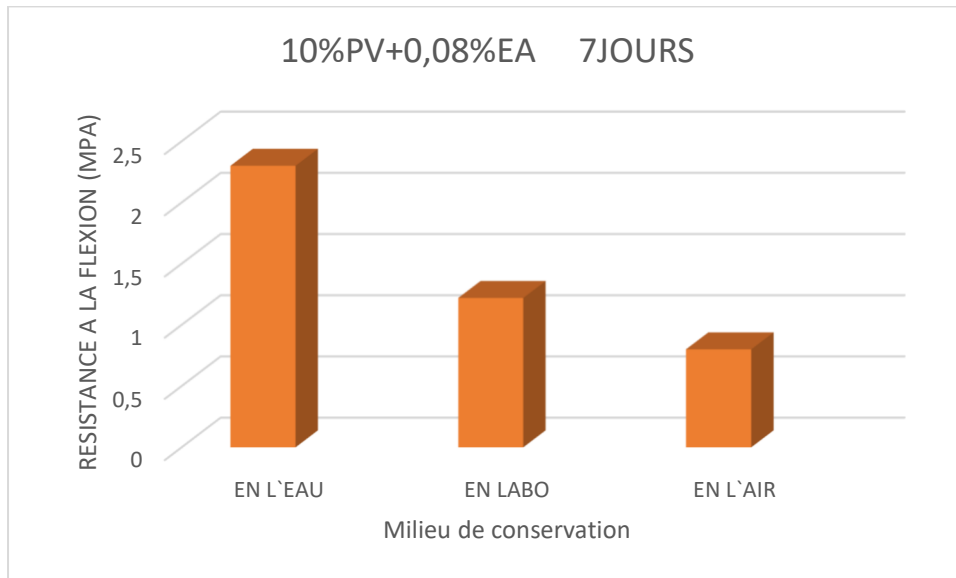
IV.2.2 Résistance à la Flexion

Les résultats de l'essai de flexion réalisé sur éprouvettes de mortier à l'âge de 7 jours, sont présentés respectivement par les tableaux et les figures suivantes :

✚ Sans fibre métallique (7JOURS)

Figure IV.9 : Résistance à la flexion des mortier témoins





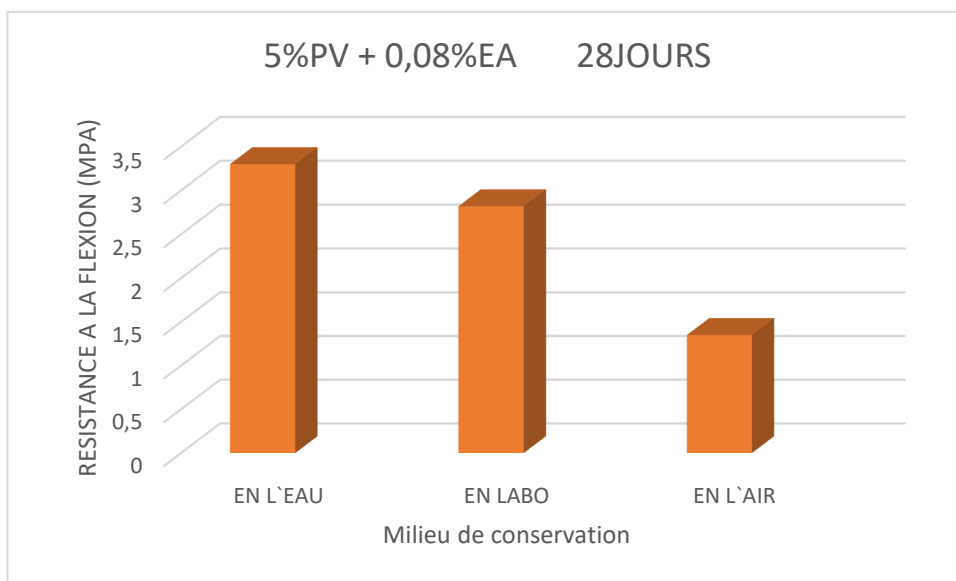
Interprétation :

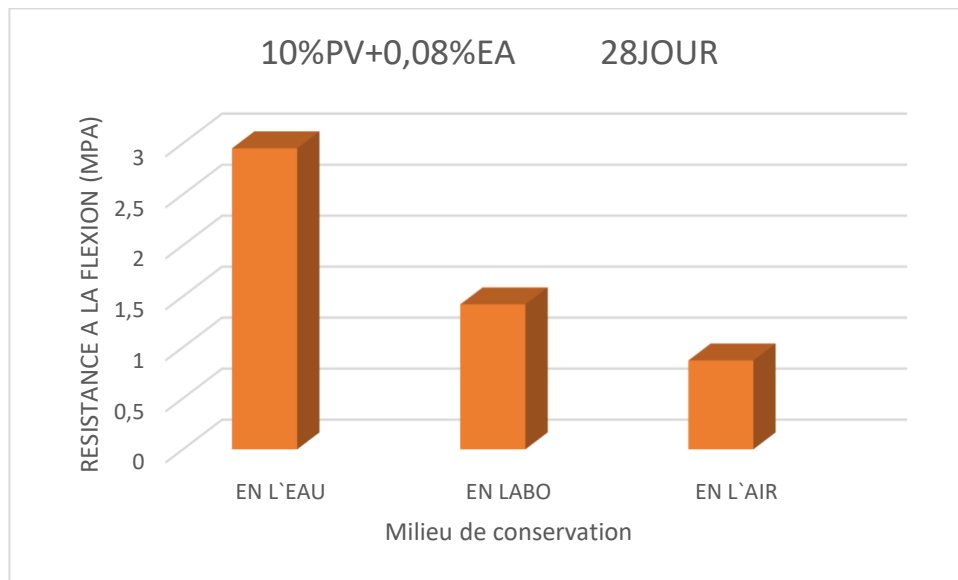
L'historgramme (IV.9) présente l'évolution de la résistance à la flexion d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et l'entraineur d'air (0,08%) en 7jours. D'après les résultats obtenus :

- On remarque que le rapport de flexion à 5%PV en 7 jours est meilleur que le rapport de flexion à 10%PV
- On constate que le rapport de flexion du mortier dans l'eau dépasse la flexion du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la flexion du mortier dans l'air

✚ Sans fibre métallique (28JOURS) :

Figure IV.10 : Résistance à la flexion des mortiers témoins





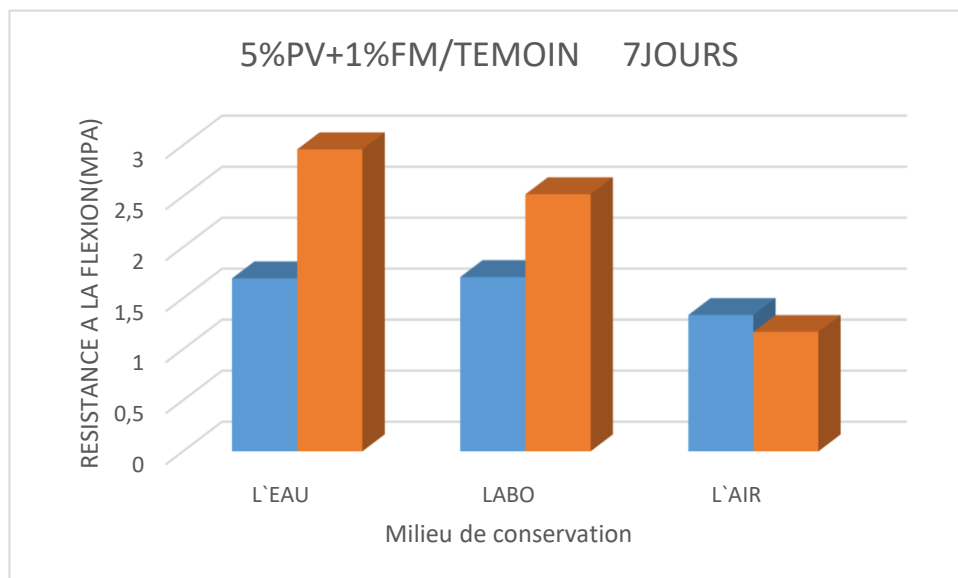
Interprétation :

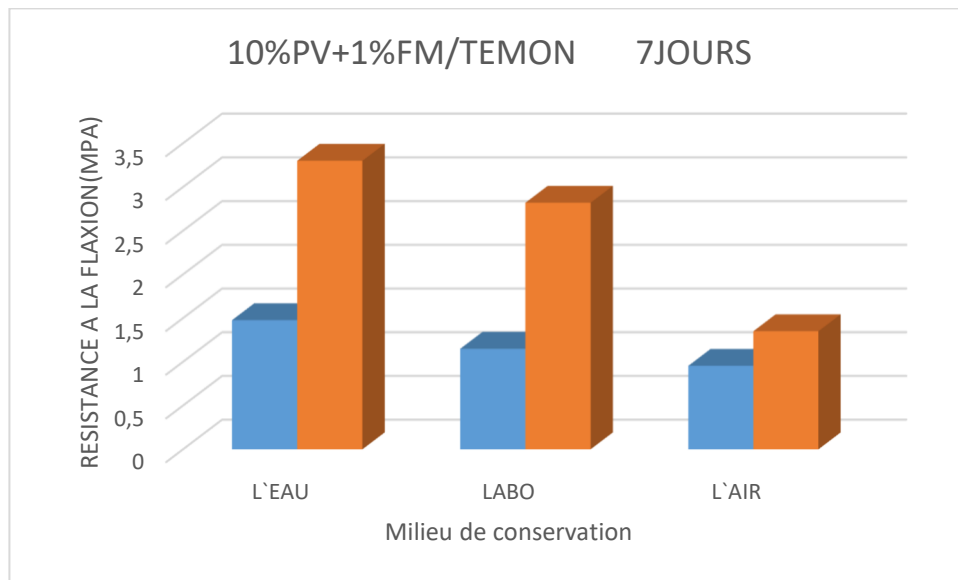
L'histogramme (IV.10) présente l'évolution de la résistance à la flexion d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et l'entraineur d'air (0,08%) en 28jours. D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de flexion à 5%PV en 28 jours est meilleur que le rapport de flexion à 10%PV
- ❖ On constate que le rapport de flexion du mortier dans l'eau dépasse la flexion du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la flexion du mortier dans l'air

✚ Avec fibre métallique 1% (7 jours) :

FigureIV.11 : Résistance à la flexion des mortiers (5%PV+1%FM /10%PV+1%FM) comparer avec témoin)





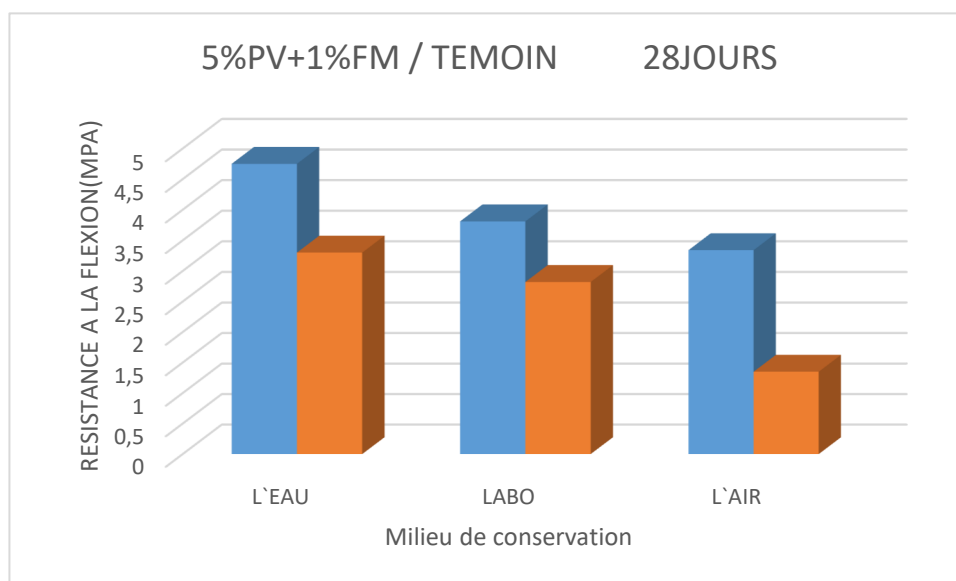
Interprétation :

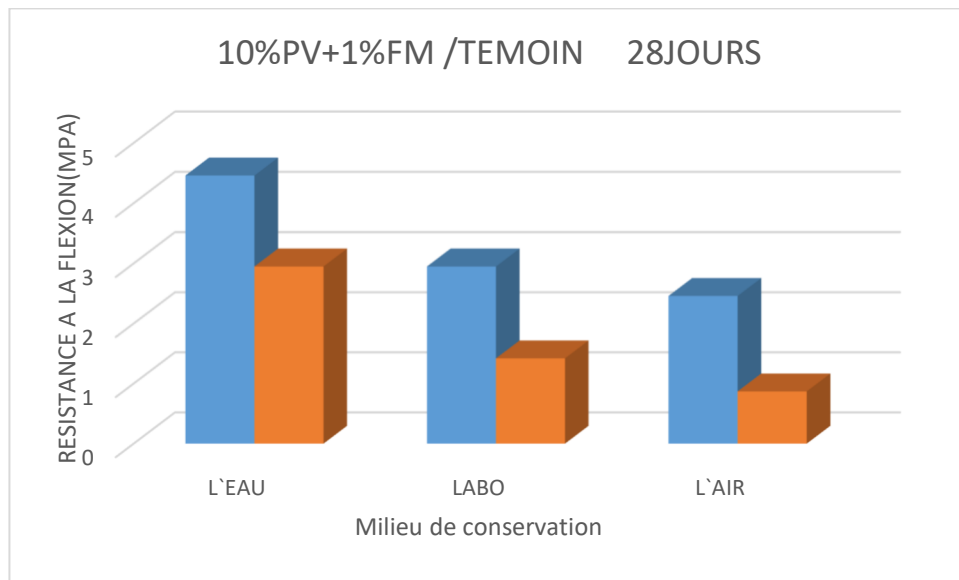
L'histogramme (IV.11) présente l'évolution de la résistance à la flexion d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et l'entraineur d'air (1%) par rapport au témoin en 7jours. D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de flexion à 5%PV+1%FM en 7jours est meilleur que le rapport de flexion à10%PV+1%FM
- ❖ De plus, le rapport de flexion dans le témoin est bien meilleur que le mortier fait de 5%PV+1%FM et 10%PV+ 1%FM

✚ Avec fibre métallique 1% (28 jours) :

Figure IV.12 : Résistance à la flexion des mortier (5%PV+1%FM /10%PV+1%FM) comparer avec témoin





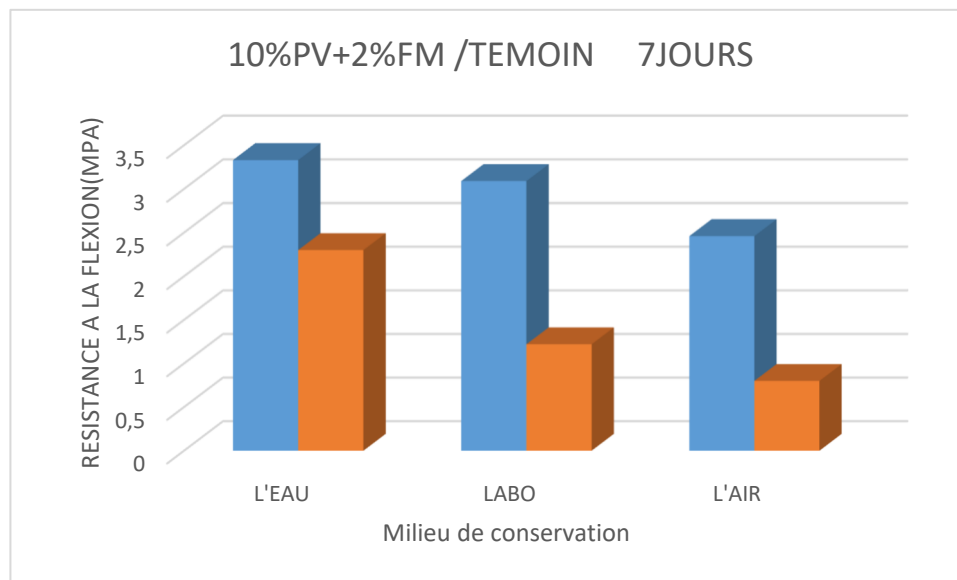
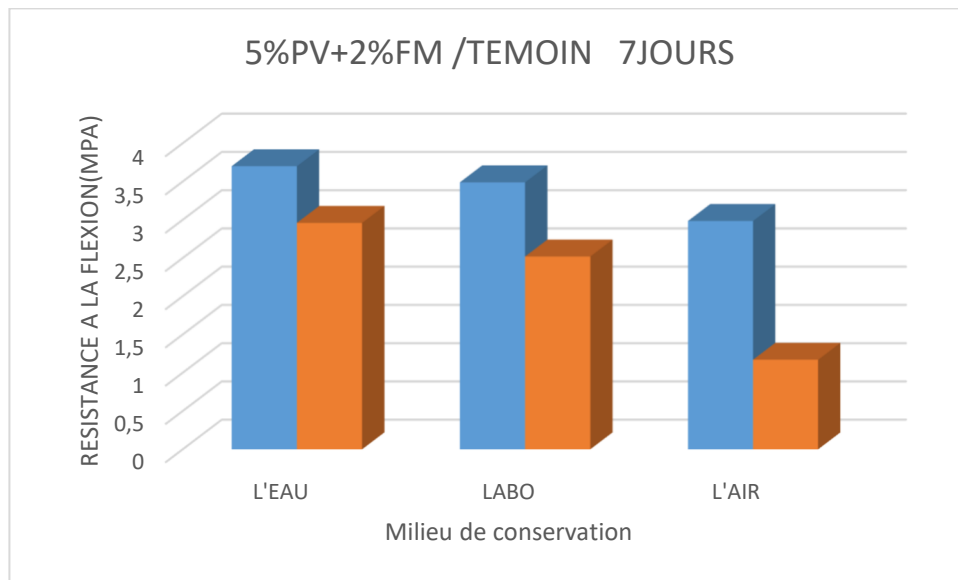
Interprétation :

L'histogramme (IV.12) présente l'évolution de la résistance à la flexion d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et fibre métallique (1%) par rapport au témoin en 28jours. D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de flexion à 5%PV+1%FM en 28jours est meilleur que le rapport de flexion à 10%PV+1%FM
- ❖ On constate que le rapport de flexion du mortier dans l'eau dépasse la flexion du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la flexion du mortier dans l'air
- ❖ De plus, le rapport de flexion dans le mortier fait 5%PV+1%FM et 10%PV+1%FM est bien meilleur que le témoin

✚ Avec fibre métallique 2% (7 jours) :

Figure IV.13 : Résistance à la flexion des mortier (5%PV+2%FM /10%PV+2%FM) comparer avec témoin



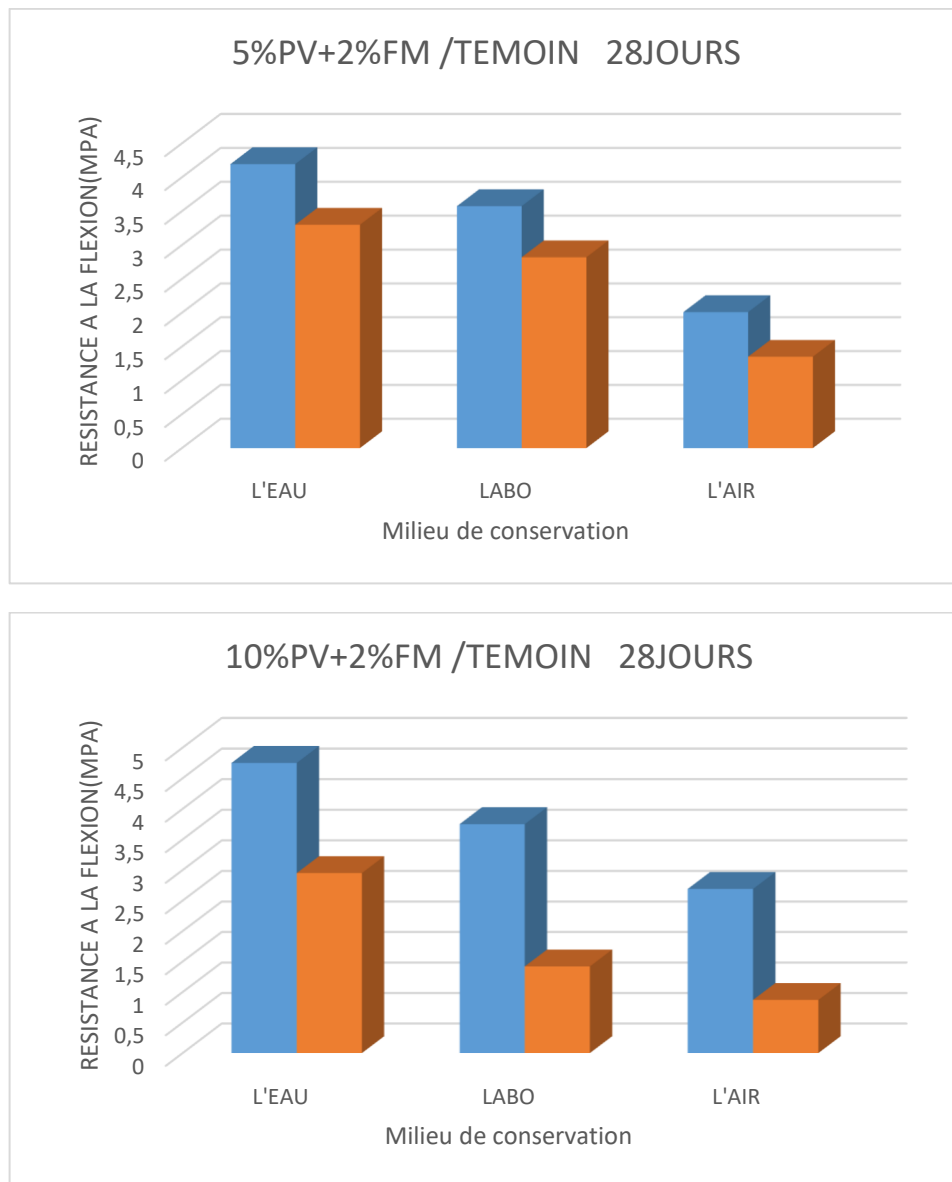
Interprétation :

L'histogramme (IV.13) présente l'évolution de la résistance à la flexion d'un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et fibre métallique (2%) par rapport au témoin en 7jours. D'après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de flexion à 5%PV+2%FM en 7jours est meilleur que le rapport de flexion à 10%PV+2%FM
- ❖ De plus, le rapport de flexion dans le mortier fait 5%PV+2%FM et 10%PV+2%FM est bien meilleur que le témoin
- ❖ On constate que le rapport de flexion du mortier dans l'eau dépasse la flexion du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la flexion du mortier dans l'air

✚ Avec fibre métallique 2% (28 jours) :

FigureIV.14: Résistance à la flexion des mortiers (5%PV+2%FM /10%PV+2%FM) comparer avec témoin



Interprétation :

L’histogramme (IV.14) présente l’évolution de la résistance à la flexion d’un mortier formulé avec poudre de verre (5% ,10%) et fibre métallique (2%) par rapport au témoin en 28jours. D’après les résultats obtenus :

- ❖ On remarque que le rapport de flexion à 5%PV+2%FM en 28jours est meilleur que le rapport de flexion à10%PV+2%FM
- ❖ De plus, le rapport de flexion dans le mortier fait 5%PV+2%FMet 10%PV+2%FM est bien meilleur que le témoin
- ❖ On constate que le rapport de flexion du mortier dans l’eau dépasse la flexion du mortier en laboratoire, et cette dernière dépasse la flexion du mortier dans l’air

Conclusion générale:

le mortier est l'un des matériaux les plus importants utilisés dans la construction. L'accumulation de déchets de toutes sortes est un défi, et son exploitation est la meilleure solution. Sur la base des nous aboutissons aux conclusions suivantes:

- Le remplacement de 10% et 5% de ciment par de la poudre de verre et 1% et 2% de fibres minérales augmente la résistance du mortier
- La substitution (poudre de verre) est suivi par une réduction du rapport E/C car le verre n'absorbe pas car la porosité
- La résistance mécanique est supérieure à 7 jours dans le cas de l'utilisation de la formule 5 % PV + 1 % FM, ainsi que 10 % PV + 1 % FM.
- Mais à 28 jours, les deux équations sont 5% PV + 2% FM 10% PV + 2% FM donne une bonne résistance lorsque le lisier est sous l'influence de l'eau, puis du laboratoire, puis de l'air.
- Cela conduit à la conclusion que la poudre de verre et la fibre minérale sont une alternative efficace capable de Réduire la teneur en ciment pour obtenir un équivalent, économique et Aide à réduire le dosage de ciment et ainsi à résoudre les problèmes associés environnement dans la production de ciment

Références bibliographiques

- [1] L. Baali, Cours de MDC, Licence Université de M'sila.
- [2] Bouali Khaled, Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires. Mémoire de magister, Option Physique et Mécanique des Matériaux Université de Boumerdes, année 2013/2014.
- [3] A. BOUACIDA Loucif. Effet de la qualité de ciment sur les propriétés mécaniques du béton. Mémoire de magister, Centre Universitaire de Tébessa.
- [4] Les bétons: formulation, fabrication et mise en œuvre Les Fiches techniques, tome II. <https://mediatheque.snbpe.org/userfiles/file/mediatheque/public/CT-G11.pdf>.
- [5] P. Sylver, science des matériaux, université pierre et marie curie 2005, 2006.
- [6] R. Abdelfateh et H. Abdelouahab. L'effet de la température sur les propriétés de mortier adjuvanté. Master Académique. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'sila 17 Juin 2018.
- [7] N.MAAFI, A. ZEMMIT. Etude de l'effet du type d'agrégats sur comportement mécanique d'un béton, Thèse de master, Université Elbahir El Ibrahimy de Bordj Bou Arreridj, 2013.
- [8] Jean FESTA, Georges DREUX, nouveau guide du béton et ses constituants, 8ème édition, EYROLLES, 2007.
- [9] http://www.univchlef.dz/fgca/doc/cours/polycopie_rdm_1_licence_2_genie_civil_harichan_z.pdf, consulté le 24/04/2018.
- [10] wikipedia.org/wiki/compression.
- [11] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Flexion_\(mat%C3%A9riau\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Flexion_(mat%C3%A9riau)).
- [12] M. ABDELKIBIRE et F.BEN OUELHA . Mémoire de fin d'études valorisation des déchets de verre comme sable dans la confection des bétons. UNIVERSITE MOUHAMED BOUDAIF-M'SILA.2005
- [13] http://www.verreonline.fr/v_plat/fabr_comp1.php.
- [14] <http://www.infovitrail.com/index.php/fr/le-verre>.
- [15] T. KOJIMA, N. TAKAGI et K. HARUTA, Expanding characteristics of mortar in glass powder produced from waste bottles, 11th international conference on Alkali Aggregate Reaction, Quebec. 2000.
- [16] THE CEMENT ASSOCIATION OF CANADA 7, les ciments avec ajouts disponible sur site web <http://www.cement.ca/cement.nsf> (Consulte le 10/06/2007).
- [17] M.Bourema , «Etude des caractéristiques d'un BHP à base de déchet de brique rouge à l'état frais et durci», Mémoire de master en génie civil, Université de 20 Aout 1955-Skikda, 11 Juin 2015.

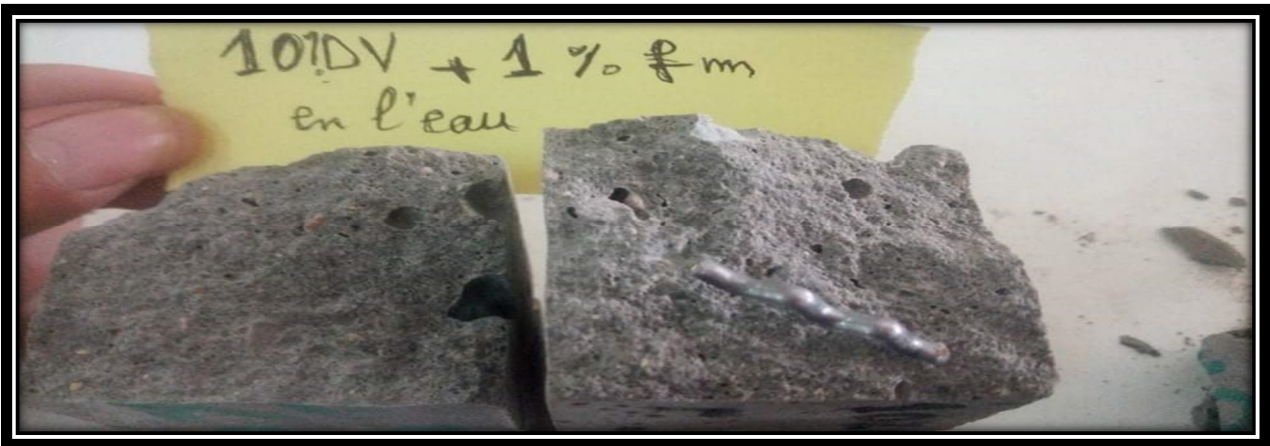
- [18] K. Manai. Etude de l'effet d'ajouts chimiques et minéraux sur la maniabilité, la stabilité et les performances des bétons auto-nivelant. Mémoire de maîtrisées sciences appliquées, Sherbrooke-Canada, 1995.
- [19] Malveda, P. Michael (juillet 2015). Rapport du manuel d'économie chimique sur les plastifiants. Archivé de l'original le 29 août 2017.
- [20] Kirby, Glen H.; Jennifer A. Lewis (2002). Évolution des propriétés rhéologiques dans les suspensions concentrées ciment-polyélectrolyte . Journal de l'American Ceramic Society. 85 (12): 2989-2994.
- [21] R. Derabla , Effe de l'incorporation et du dosage des fibres métalliques sur les caractéristiques du BHP à base de la Poudre de Verre, Thesis for: Master IMC (PFE) Engineering of Building Materials, June 2015
- [22] G.NIGRI « Nouvelle élaboration d'un liant hydraulique, thèse de doctorat, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2018
- [23] M. Belouadah , Z. Rahmoun, N.Tebbal, Influence of the addition of glass powder and marble powder on the physical and mechanical behavior of composite cement, Procedia Computer Science , Volume 158, 2019, Pages 366-375.
- [24] N.Tebbal , Z. Rahmouni ,L. R. Chadi, Study of the Influence of an Air- Entraining Agent on the Rheology of Mortars, MATEC Web of Conferences 149, 01054 (2018).
- [25] P . SYLVER, science des matériaux. Université pierre et marie curie 2005 -2006
- [26] Le béton auto compactant: Recommandations provisoires Holcim ,Suisse 2004

Annexes

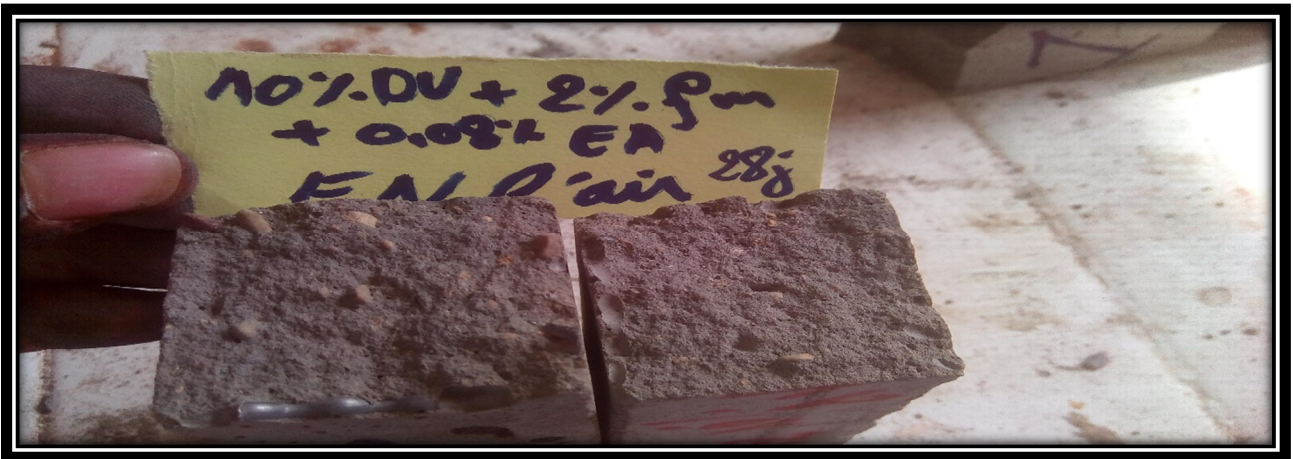


AVEC FIBER METALLIQUE

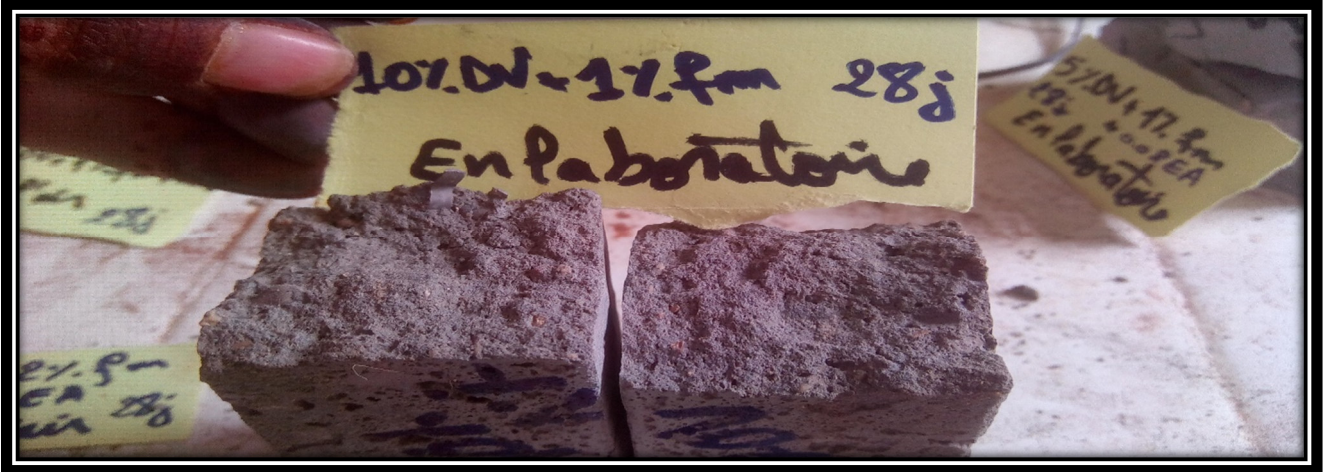
SANS FIBER MITALLIQUE



EN L'EAU



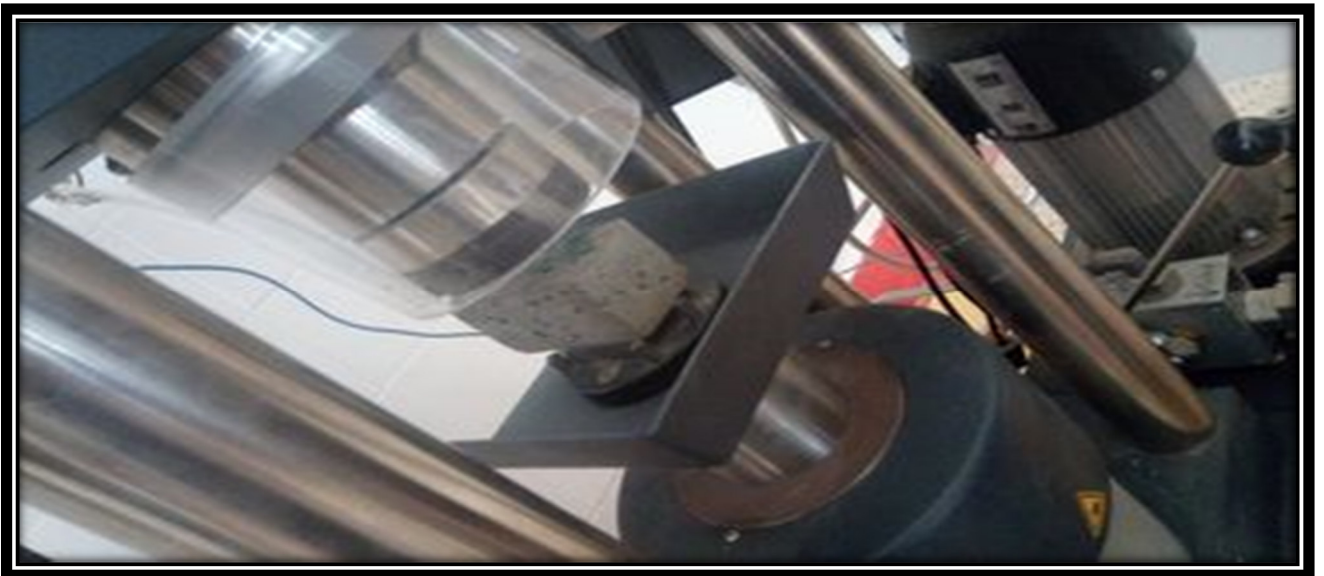
EN L'AIR



EN LABORATOIRE



EN FLEXION



EN COMPRESSION

MEDA-AIR

Conforme à la norme EN 934-2: Tab 8

Entraîneur d'air

DESCRIPTION

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

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

DOMAINES D'APPLICATION

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

PROPRIÉTÉS

Sur béton frais :

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

Sur béton durci :

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

CARACTÉRISTIQUES

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

MODE D'EMPLOI

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

MEDA-AIR est introduit dans le malaxeur mélangé

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

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

Le **MEDA-AIR** peut être utilisé en association avec les plastifiants et super plastifiants : **MEDAPLAST SP, MEDAFLUID SF, MEDAPLAST SP 40 et MEDAFLOW 30**.

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

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

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

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

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

Tout surdosage entraînera des pertes de résistance.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

En bidon de 10 kg en fût de 225 kg.

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

Durée de conservation :

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

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

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

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

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



Granitex

Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tél: (213) 021 51 66 81 & 82

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

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



ALGÉRIE



Mokaouem
مقاوم بلوس Plus



Ciment Portland

NA 442 - CEM I 42,5 N-SR3

Mokaouem est un ciment gris résistant aux sulfates, résultat de la mouture d'un clinker contenant un faible taux d'aluminates de calcium avec une proportion de gypse inférieure à celle d'un ciment portland composé.

Mokaouem
NA 442 - CEM I 42,5 N-SR3

Mokaouem NA 442 -CEM I 42,5 N-SR3 selon la NA 442 v 2013 et la EN 197-1III est conforme à la norme nationale NA 442 v 2013 et à la norme Européenne EN 197-1 avec un taux en C3A < 3%.

AVANTAGES PRODUIT











- Tout en étant un ciment de haute performance, **Mokaouem** protège la structure contre les agressions chimiques de l'environnement externe.
- Une meilleure durabilité pour les structures en béton.
- Une faible chaleur d'hydratation.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Les fondations et les structures à réaliser dans un milieu agressif
- Les travaux maritimes
- Les stations de dessalement et d'épuration
- Les travaux hydrauliques
- Les barrages et les digues de soutènement collinaire



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment 	Sable (sec) 	Gravillons (sec) 	Eau (litres) 
		0/5	8/15mm 15/25mm	
Dosage pour béton C25/30	X 1 	+ 	+  + 	+ 25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

Formulation de béton à suivre dans le cas de l'absence d'une étude délivrée par un laboratoire"

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

• Analyses chimiques

	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	0,5 à 3 %
Teneur en sulfates (SO3) (%)	1,8 à 3
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1,2 à 3
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0,01 à 0,05

• Temps de prise à 20° (NA 230)

	Valeur
Début de prise (min)	> 60
Fin de prise (min)	240 à 400

• Composition minéralogique

	Valeur
Taux d'aluminate C3A	<3.0%

• Résistance à la compression

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

• Propriétés physiques

	Valeur
Consistance Normale (%)	25 à 28
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	3200 à 3800
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1000
Expansion (mm)	≤2,0
Chaleur d'hydratation	<270j/g

Ces valeurs sont données à titre indicatif et ne peuvent être considérées comme absolues

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.



Conditionnement:



A member of
LafargeHolcim

LAFARGE ALGÉRIE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,
Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie
Tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
Tél: 021 98 55 55

