



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

Université de Ghardaïa

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département Hydraulique et Génie Civile

N°d'enregistrement

/...../...../...../.....

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: ST

Filière: Génie Civile

Spécialité: Structures

Thème :

L'effet de la teneur en fines du sable calcaire concassé
sur les propriétés mécaniques et la durabilité du
mortier de réparation auto-plaçant.

Déposé le : 11/06/2023

Par :

ABDELALI Fadila & DINE Saida

Évalué Par le jury composé de :

SAITI Issam

MAA

Univ Ghardaïa

Président

DAHANE Sara

MAG GC

Univ Ghardaïa

Examinatrice

SALHI Aimad

MAA.

Univ Ghardaïa

Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ وَبَارِكْ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ

Remerciements

Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu,
Pour nous avoir donné la santé, la volonté et la patience de mener à
bien notre projet de fin d'études et de pouvoir mener à bien ce
travail de recherche.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre
encadreur,

Salhi Aimad qui nous a dirigés avec ses précieux conseils et
suggestions, Nous remercions également les membres du jury pour
l'intérêt qu'ils portent à nos recherches en acceptant de présenter
nos travaux.

Nous adressons également nos remerciements à tout le personnel du
Laboratoire des Travaux Publics du LTPS, en particulier le Directeur
Technique,

AMIEUR ABDELNACER, pour son aide et ses conseils.

Nous remercions Monsieur **Bouzid Ismail** pour ses précieux conseils
et son aide au sein du laboratoire universitaire

Enfin, nous exprimons nos sincères sentiments de gratitude et
d'appréciation à tous ceux qui ont été directement ou indirectement
impliqués dans la réalisation de ce travail.

SAIDA & FADILA

اهداء

إنه لمن دواعي سروري المطلق أن أكرس عملي هذا للكائنات التي هي عزيزة علي في هذه الحياة.
إلى من فعلت الكثير من أجل عائلتك، تأكد من حبي ,احترامي,امتناني لك، الله يحفظك لنا أبي الغالي.
إلى من تمثل لي رمز الخير ومصدر الحنان ومثال التفاني الذي لم يتوقف عن تشجيعي والصلاة من أجلي أمي
الغالية.

إلى إخواني: عبد الوهاب ، بوعلام ، بوبكر ، موسى.

إلى أخواتي: ريم ، خيرة, خضرة.

إلى زوجات إخواني وأبنائهم.

إلى أعز أشخاص عندي:هناء, شهرة زادة، زينب.

إلى أقرب الناس إلى قلبي: مريم ونصر الدين.

إلى صديقتي بل العمل: سعيدة.

إلى مشرفي الذي ساعدني أثناء هذا العمل: عماد صالح.

إلى جميع صديقاتي.

في النهاية لكل من يحبني.
فضيلة

الهداء

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى
الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه
ثمرة الجهد والنجاح بفضلہ وتعالی مهداة إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله
وأدامهما نورا لدربي

لكل العائلة الكريمة التي ساندتني أخي وأخواتي

إلى البراعم الصغيرة والنفوس البريئة أبناء أخي وأخواتي

إلى رفيقة المشوار التي قاسمتني لحظاته وفقها الله.

إلى كل زميلاتي وزملائي في العمل.

إلى كل من كان له فضل في إتمام هذه المذكرة.

سعيدة

المخلص:

إن الاستغلال المفرط لرمال الوديان أدى إلى النقص الملحوظ فيها وكذا تأثيره السلبي على المحيط لذا وجب علينا إيجاد بدائل تحل محلها ، وفي عملنا هذا استخدمنا رمال المحاجر منطقة غرداية. تبقى البحوث في ميدان دراسة الملاط وكيفية تطورها وبالأخص الرمل الذي يعتبر أهم عنصر في الملاط الذي له تأثيرات مختلفة ميكانيكية وفيزيائية. تتمثل الأهداف الرئيسية لمشروع نهاية الدراسة في التقييم التطبيقي لتأثير طبيعة العناصر الناعمة الكلسية من الرمل المحجر بمختلف التراكيز العالية (10% . 15% . 20% . 25% . 30%) على خصائص الملاط على أساس رمل المحاجر (مقاومة الضغط والانحناء والديمومة) كما استخدمنا في هذا العمل إسمنت أوتاد . كما استنتجنا من خلال النتائج المتحصل عليها أن أفضل نتيجة كانت في نسبة 20% من العناصر الناعمة في رمل المحاجر واستنتجنا أيضا أن عمل المحسن له تأثير إيجابي على العناصر الناعمة في رمل المحجر . الكلمات المفتاحية : ترميم ، الرمل المحجر ، العناصر الناعمة ،المقاومة الميكانيكية، الضغط ،الانحناء ، الديمومة ، ملاط ذاتي القوية.

Abstract :

The overexploitation of alluvial sand from the wadis and their tributaries causes a gradual depletion of these resources and the creation of a negative impact on the environment, therefore look for other types of sand that can replace alluvial sand, such as dune sand. or crushed sand is an essential operation.

The main objectives of our graduation project is to experimentally evaluate the influence of fine limestone at different percentages (10%, 15%, 20%, 25%, 30%) on the physico-mechanical and rheological behavior, and studies the influence of the substitution of crushed sand by

Fine limestone on the properties of mortars (workability, resistance to compression and bending, durability), based on crushed sands, with use in AWTED cement.

After several tests it was concluded that the best results of mechanical resistance were with a percentage of 20% of fine limestone in mortar based on crushed sand.

Keywords: upgrading, self-compacting repair mortar, crushed limestone sand, limestone fines, mechanical properties, durability

Résumé

La surexploitation du sable alluvionnaire provenant des oueds et de leurs affluent provoque un épuisement progressif de ces ressource et la création d' impact négatif sur l'environnement donc chercher d'autres types de sables pouvant remplacer le sable alluvionnaire ,comme le cas sable de dune ou sable concassée s'avère une opération indispensable.

Les principaux objectifs de notre projet de fin d'études est d'évaluer expérimentalement l'influence des fines calcaires à différent pourcentage (10%,15%,20%,25%,30%) sur les comportements physico-mécaniques et rhéologique, et étudie l'influence de la substitution des sable concassée par

Fines calcaires sur les propriétés des mortiers (ouvrabilité, résistance à la compression et la flexion, durabilité), à base des sables concassée, avec l'utilisation dans ciment AWTED.

Après plusieurs essais on a conclu que les meilleurs résultats des résistances mécaniques c'était avec un pourcentage de 20% de fines calcaires dans mortier à base de sable concassée .

Mots Clés : valorisation, mortier de réparation auto-plaçant, sable calcaire concassé, fines calcaire, propriétés mécaniques, durabilité

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
الملخص	
Abstract	
Résumé	
Table des matières	
Liste Des Tableaux	
Liste Des Figures	
Introduction Générale	01
<i>Chapitre I : Revu de littérature sur le Ciment et le mortier auto plaçant (MAP)</i>	
I.1. Introduction	04
I.2. ciment	04
I.2.1.Définition	04
I.2.2.Principe de fabrication ciment portland	05
I.2.3. Les constitution des ciments	07
I.2.4. Clinker	08
I.2.5. Le gypse (CaSO ₄)	08
I.2.6. Classification des ciments	09
I.3.Les ajouts	10
I.3.1.Laitier granulé de haut fourneau (S)	10
I.3.2.Cendres volantes	10
I.3.3.Pouzzolanes naturelles ou naturelles calcinées	11
I.3.4. Schistes calcinés (T)	11
I.3.5.Fumée de silice (D)	11
I.3.6.fillers calcaires	11
I.3.6.1.propretés requises du filler calcaire	11
I.3.6.2.L'utilisation des fillers calcaires	12
I.3.6.3.Les rôles de filler calcaire	12
I.4.Le sable	13
I.4.1.Définition	13
I.4.2.Choix du sable	13
I.4.3.Caractéristiques Des Sables	13

I.4.4.Classification Des Sables	14
a. Selon Son Origine	14
b. Selon Sa Composition	14
C.Selon Sa Densité	15
D. Selon Sa Forme	15
I.4.5.Les types des sables	15
I.4.6.Rôle de sable dans le mortier	16
I.5.Le Mortier	17
I.5.1.Les différents types des mortiers	17
I.5.2.Mortier auto- plaçant	18
I.5.2.1. Définition	18
I.5.2.2.Structure de MAP	19
I.5.2.3.Méthodes de formulation	20
1-Méthode Japonaise	20
2- Méthode Suédoise	21
3- Méthode Française LCPC	22
I.5.2.4.Autres méthodes	22
I.5.2.5. Caractérisation de MAP à l'état frais	22
A- Fluidité et déformabilité de MAP	22
B- Étalement au Mini cône de pâte	23
C- La déformabilité de l'Entonnoir en V(V- Fennel)	23
I.6.Conclusion	24

Chapitre II: Effets de sable concassé dans le mortier auto plaçant

II.1. Introduction	26
II.2. Eléments sur l'élaboration des sables concassé	26
a- Les principales opérations effectuées	26
b- L'extraction	26
c- Le concassage	27
d- Le criblage	27
II.3.Les types de sable concassé	28
II.3.1. sable concassé naturel	28
II.3.1.1.Types de sable concassé naturel	28
II.3.2. Sable concassé artificiel	28

II.4. Caractéristiques de sable de concassage	28
II.5. Applications de sable concassé	29
II.6. Avantages et inconvénient de sable de concassage	29
II.7. Paramètres influents	30
II.7.1. Effet de la source minéralogique du sable de concassage	30
II.7.2. Effet de la teneur en fines	30
II.7.3. Influence du lavage du sable	31
II.8. L'effet de différent teneur des fines calcaire S/C sur les propriétés du MAP	31
II.9. Conclusion	40

Chapitre III: Les caractérisations des matériaux utilisés et Méthodes expérimentales

III.1. Introduction	42
III.2. Objectif du travail	42
III.3. Méthodologie du travail pratique	42
III.3.1. Les essais sur les matériaux	42
III.3.1.1. Ciment	42
III.3.1.2. Sable	44
III.3.1.2.1. Les essais sur sable	45
III.3.2.1.1. Analyse granulométrique par tamisage	45
III.3.2.1.2. La masse volumique absolue	47
III.3.2.1.3. La masse volumique apparente	48
III.3.2.1.4. Essai de bleu méthylène	49
III.3.2.1.5. Equivalent de sable	50
III.3.1.3. Le Filler	51
III.3.1.4. L'eau de gâchage	53
III.3.1.5. Super plastifiants	53
III.4. Formulation des mortiers auto plaçant	54
III.5. Malaxage du mortier	54
III.6. Essai à l'état frais	55
III.6.1. Essai de mini cône	55
III.6.2. Essai au V-Fennell	56
III.7. Conservation des éprouvettes (selon la norme NF P18 438)	56
III.8. Essai à l'état Durci	57
III.8.1. La résistance à la traction par flexion (NF P 15-471)	57

III.8.2. Essai de compression	57
III.9.Essai de Réaction chimique avec l'acide	58
III.10.Les dégradations des échantillons	61
III.11.Le degré d'attaque	62
III.12.Conclusion	62

Chapitre VI: Résultats et discussions

VI.1. Introduction	64
IV.2. Les résultats des essais à l'état frais	64
IV.2.1.Les essais de mini cône	64
IV.2.2. Les essais de V-Funnel	65
IV.3.Les résultats des essais à l'état durci	65
IV.3.1.La résistance mécanique des MAP à la flexion	65
IV.3.2. La résistance mécanique des MAP à la compression	67
IV.4.Résultats de l'essai de variation de masse (durabilité)	69
IV.4.1.Variation de la masse dans la solution d'acide sulfurique	69
VI.5.Conclusion	71
Conclusion générale	73
Les références bibliographiques.	
Annexes.	

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux	<i>Page</i>
Chapitre I	
Tableau (I.1) :Classe de résistances des ciments.	10
Tableau (I.2) :classification de ciment.	10
Tableau (I.3) :Classification de sables en fonction de sa composition (teneurs en % massique).	14
Chapitre III	
Tableau (III.1) : Les caractéristiques chimiques de ciment AWTED.	43
Tableau (III.2) : Les caractéristiques physico-mécaniques de ciment AWTED.	44
Tableau (III.3) : les résultats obtenus de l'analyse granulométrique du sable concassé lavé.	46
Tableau (III.4) : les résultats obtenus de l'analyse granulométrique du sable concassé avant lavage.	47
Tableau (III.5) : Les résultats de la masse volumique absolue.	48
Tableau (III.6) : Les résultats de la masse volumique apparente.	49
Tableau (III. 7) : Les résultats de bleu méthylène	50
Tableau (III.8) : Les résultats de l'Equivalent de sable	51
Tableau (III.9) : Le résultat de taux de filler de sable concassé (0/3).	52
Tableau (III.10) : La composition chimique de sable (0/3).	52
Tableau (III.11) : la description de super plastifiant.	53
Tableau(III.12) : Compositions du mortier auto plaçant témoin	54
Tableau (III.13) :Représente les compositions différentes types des mortiers auto plaçant.	54
Chapitre VI	
(Tableau IV.1) : Résultats de Etalement au Mini cône.	64
(Tableau IV.2) : Résultats de Etalement au V –funnel.	64
Tableau (IV.3) : Les résultats de la résistance à la flexion.	66
Tableau (IV.4) : Les résultats de la résistance à la compression.	67
Tableau (IV.5) : Résultats de perte de masse dans la solution 5% d'acide sulfurique H ₂ SO ₄ .	69
Tableau (IV.6) : Résultats de perte de masse dans la solution 2% d'acide sulfurique H ₂ SO ₄	70

Liste des Figures

<i>Liste des Figures</i>	<i>Page</i>
Chapitre I	
Fig. (I.1): le ciment.	04
Fig. (I.2): Fabrication du ciment portland.	05
Fig. (I.3): Le schéma de la fabrication du ciment.	07
Fig. (I.04): La constitution des ciments.	08
Fig. (I.05): le clinker.	08
Fig. (I.06): le gypse.	09
Fig. (I.7): composition de mortier.	19
Fig. (I.08): Essai d'étalement au Mini cône de mortier.	23
Fig. (I.09): l'Entonnoir En V (V-Funnel) pour MAP.	24
Chapitre II	
Fig. (II.01): Schéma d'extraction et élaboration des granulats.	27
Fig. (II.02): station de concassage	28
Fig. (II.03): résistance à la flexion	31
Fig. (II.04): résistance de compression	32
Fig. (II.05): variation de la masse dans la solution 5% d'acide sulfurique H ₂ SO ₄	33
Fig.(II.06): variation de la masse dans l'eau	34
Fig. (II.07): Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 2 jours	35
Fig. (II.08): Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 7 jours	36
Fig. (II.09): Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 28 jours	36
Fig. (II.10): Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 2 mois	37
Fig. (II.11): la perte de masse à l'attaque chimique (Acide H ₂ SO ₄)	37
Fig. (II.12): Relation entre la résistance à la compression et la teneur en fine de calcaire.	38
Fig. (II.13): Relation entre la résistance à la flexion et la teneur en fine de calcaire	38
Fig. (II.14): Développement de la résistance à la compression en fonction du pourcentage de fines calcaires.	39
Fig. (II.15): Résistance à la traction par flexion des mortiers et bétons en fonction de pourcentage de fines (benna).	39
Chapitre III	
Fig. (III.01): Le ciment AWTED	43
Fig. (III.02): Lavage du sable.	45
Fig. (III.03): Sable utilisé.	45
Fig. (III.04): Analyse granulométrique par tamisage.	46
Fig. (III.05): courbe analyse granulométrique par tamisage.	47
Fig. (III.06): La masse volumique absolue.	48
Fig. (III. 07): La masse volumique apparente.	49
Fig. (III.08): Agitateur bleu méthylène.	50
Fig. (III.09): Equivalent de sable.	51
Fig. (III.10): Le filler de calcaire.	52
Fig. (III.11): SIKA ® de type VISCOCRETE TEMPO 12.	53
Fig. (III.12): Un malaxeur.	55
Fig. (III.13): Essais de mini cône.	55
Fig. (III.14): Essais de V-Fennel.	56
Fig. (III.15): Eprouvettes.	56
Fig. (III.16): Essai de la résistance à la flexion.	57
Fig. (III.17): Appareil de la résistance mécanique (à la flexion et à la compression).	58
Fig. (III.18): Essai de la résistance à la compression.	58
Fig. (III.19): Acide H ₂ SO ₄ .	59
Fig. (III.20): Échantillons du mortier avant l'immerge dans les solutions acides.	60
Fig. (III.21): La préparation des échantillons	60
Fig. (III.22): Échantillons du mortier avant l'immerge dans les solutions acides.	61
Fig. (III.23): Les échantillons après 15 jours.	61

Liste des Figures

Fig. (III.24): les échantillons après 21 jours.	61
Fig. (III.25): Le degré d'attaque.	62
<i>Chapitre VI</i>	
Fig. (IV.01) : Histogramme des diagrammes d'étalement au Mini cône.	64
Fig. (IV.02) : Histogramme des diagrammes d'étalement au. V-funnel	65
Fig. (IV.03) : Histogramme de diagramme de la résistance à la flexion.	66
Fig. (IV.04) : Histogramme de diagramme de la résistance à la compression.	68
Fig.(IV.5) : Perte de masse des échantillons âgés de 28 jours et immergé à 5% de H ₂ SO ₄ .	69
Fig.(IV.5) : Perte de masse des échantillons âgés de 28 jours et immergé à 2% de H ₂ SO ₄ .	70

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Général

L'évolution du génie civil c'est récemment traduite par de nouvelles méthodes structurales et une consommation accrue de granulats, notamment de sable. Cette évolution a conduit à une dynamique internationale de valorisation des matériaux locaux, comme le sable concassé, qui n'est pas suffisamment utilisé en raison du taux élevé de particules fines qu'il contient.

L'utilisation du sable de concassage pour la fabrication du béton s'avère de plus en plus une nécessité pour protéger l'environnement et de répondre aux besoins du secteur de la construction et des travaux publics, du moment qu'ils existent des millions de tonnes de sable de concassage inexploités.

Le mortier auto-plaçant est largement utilisé dans les projets de construction où la qualité, la durabilité et l'efficacité sont des exigences clés. Il peut être utilisé pour les réparations, la construction neuve et la restauration de bâtiments historiques. En outre, il peut être utilisé pour des applications de drainage et de renforcement des structures existantes.

En somme, le mortier auto-plaçant offre une solution efficace pour les projets de construction qui nécessitent une haute qualité, une durabilité et une facilité d'application. Avec l'avancement des technologies de construction, le mortier auto-plaçant est de plus en plus utilisé.

Objectif de l'étude:

Notre objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la teneur en fines du sable calcaire concassé sur les propriétés mécaniques et la durabilité du mortier de réparation auto-plaçant.

Structuration du mémoire:

Ce mémoire de master est organisé en quatre chapitres précédés par une introduction générale qui définit la problématique du sujet ainsi que les objectifs visés :

- Le premier chapitre : donne un aperçu général sur le Ciment et le mortier auto-plaçant (MAP). Les principaux constituants du mortier.
- Le deuxième chapitre : présent Effets de sable concassé dans le mortier auto-plaçant et l'influence des paramètres technologique sur les caractéristiques physico-mécanique du mortier.

Introduction Général

- Le troisième chapitre : traite les caractérisations des matériaux utilisés et Méthodes expérimentales.
- Tandis que le quatrième Chapitre : est dédié à l'analyse des résultats et l'interprétation finalement ce travail s'achève par une conclusion général rappelant les principaux résultats obtenus sur la faisabilité de taux des fines du sable concassé du MAP .

Chapitre I

Revu de littérature sur le Ciment et le
mortier auto plaçant (MAP)

Chapitre I : Revu de littérature sur le Ciment et le mortier auto plaçant (MAP)

I.1. Introduction

Avant de présenter notre travail, il est important de rappeler quelques définitions et notions de base de le ciment et les MAP tel que : la définition de ciment et leur principe de fabrication ainsi que les constitutions du ciment et ces classifications, et pour les mortiers en va présenter les différents types des mortiers, on se basons sur le MAP et ces caractéristiques principales à l'état frais.

I.2. ciment :

I.2.1.Définition :

Le ciment est un liant hydraulique, matériau inorganique finement broyé, lorsqu'il est mélangé avec de l'eau, il forme une pâte qui fait prise, durcit et conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. Le ciment ordinaire anhydre est constitué de clinker portland, de gypse et éventuellement d'additifs telles que les cendres volantes, le laitier granulé de haut fourneau, la fumée de silice, pouzzolanes naturelles. [1]

Une notation cimentière a été établie pour simplifier l'écriture des phases solides. Les équivalences sont les suivantes : $\text{CaO}=\text{C}$; $\text{SiO}_2=\text{S}$; $\text{Al}_2\text{O}_3=\text{A}$; $\text{Fe}_2\text{O}_3=\text{F}$; $\text{SO}_3=\text{S}$; $\text{H}_2\text{O}=\text{H}$. [2]



Fig. (I.1): le ciment.

I.2.2.Principe de fabrication ciment portland :

Le ciment Portland est une poudre fine ment moulue, constituée principalement de silicates de calcium et, dans une moindre mesure, d'aluminates de calcium. Mélangée à l'eau, elle forme une pâte qui prend et durcit à température ambiante.

Il est également appelé « ciment hydraulique » car il a la propriété de prendre et de durcir en présence d'eau, car il réagit chimiquement avec l'eau et forme un matériau ayant d'excellentes propriétés de liaison. [3]

La fabrication du ciment se distingue en six étapes principales :

- ❖ Extraction.
- ❖ L'homogénéisation.
- ❖ Le séchage et le broyage.
- ❖ La Cuisson.
- ❖ Le refroidissement.
- ❖ Le broyage.

La fabrication de ciment se réduit schématiquement aux trois opérations suivantes :

- ❖ Préparation du cru
- ❖ Cuisson.
- ❖ Broyage et conditionnement.

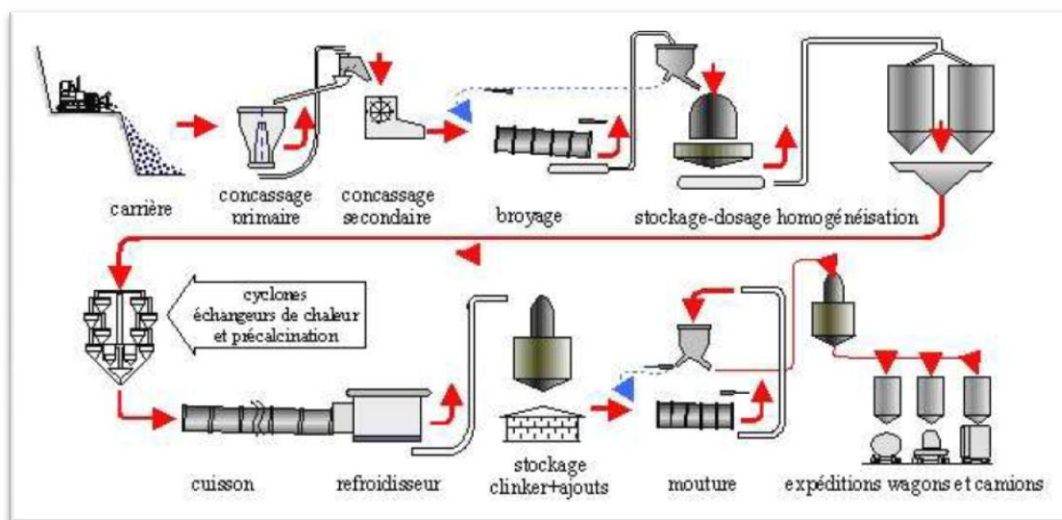


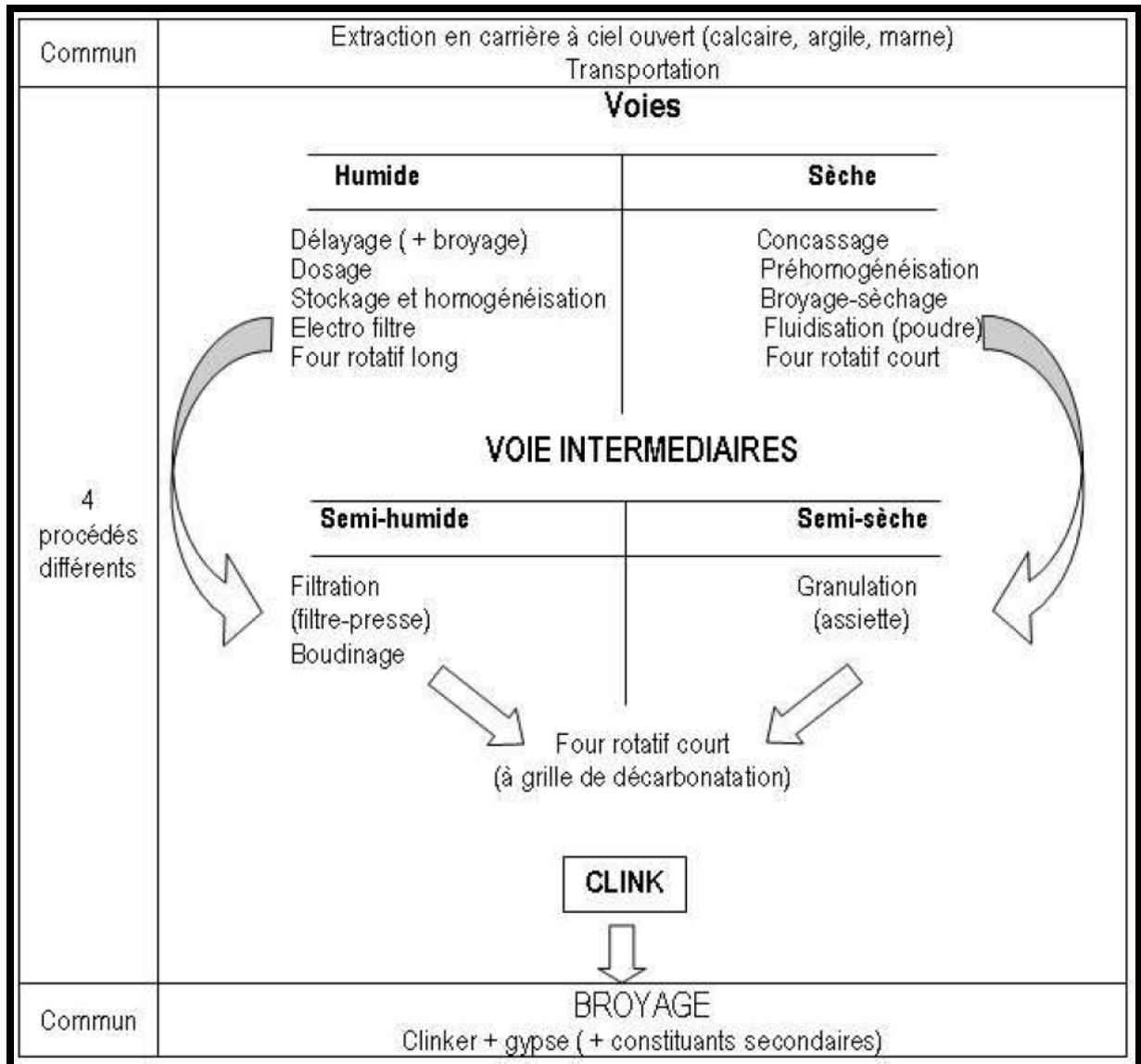
Fig. (I.2):Fabrication du ciment portland.

Il existe quatre méthodes de fabrication du ciment qui dépendent essentiellement des matériaux :

- Fabrication du ciment par voie humide (la plus ancienne).
- Fabrication du ciment par voie semi-humide (dérivée de la voie humide).
- Fabrication du ciment par voie sèche (la plus utilisée).

- Fabrication du ciment par voie semi-sèche (dérivée de la voie sèche).

La composition de base des ciments actuels est un mélange de silicates et d'aluminates de calcium, résultant de la combinaison de la chaux (CaO) avec de la silice (SiO), de l'alumine (AlO), et de l'oxyde de fer (FeO). La chaux nécessaire est fournie par des roches calcaires, l'alumine, la silice et l'oxyde de fer par des argiles. Ces matériaux se trouvent dans la nature sous forme de calcaire, argile ou marne et contiennent, en plus des oxydes déjà mentionnés, d'autres oxydes et en particulier FeO, l'oxyde ferrique. [4]



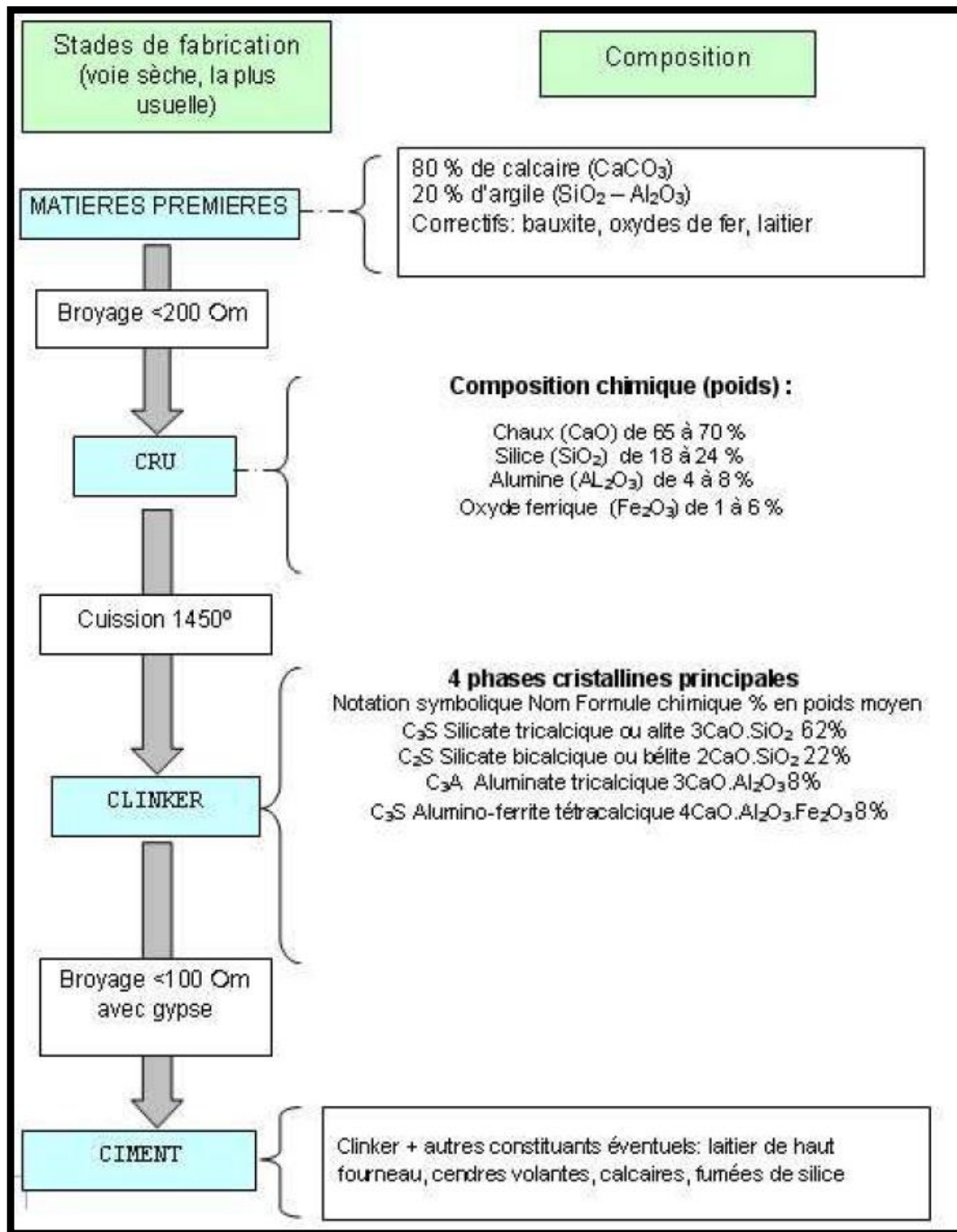


Fig. (I.3): Le schéma de la fabrication du ciment.

I.2.3. Les constitution des ciments :

Le constituant principal du ciment est le clinker qui est obtenu à partir de la cuisson d'un mélange approprié de calcaire et d'argile, en proportion moyenne 80 et 20%. [5]



Fig. (I.4): La constitution des ciments.

I.2.4. Clinker:

Constituant du ciment obtenu par calcination d'un mélange d'acide silicique d'alumine, d'oxyde de fer et de chaux. Moulu puis additive avec des laitiers de hauts-fourneaux par exemple, le clinker sert à fabriquer le ciment, entrant lui-même dans la liste des constituants du béton. [6]



Fig. (I.5): le clinker.

I.2.5. Le gypse (CaSO_4):

Forme naturelle hydratée du sulfate de calcium que l'on trouve généralement seul ou associé au sulfate anhydre ou anhydrite dans les séries sédimentaires lagunaires marines, à structure cristalline monoclinique. Différentes variétés de gypse existent: "fer de lance" ou "pied d'alouette", saccharoïde (à grains fins), fibreux (fines aiguilles accolées), "rose des sables", albâtre (gypse blanc pur). Le gypse chauffé permet d'obtenir du plâtre (sulfate de chaux) qui additionné de gélatine et de colorants donne le stuc (marbre artificiel). Le Gypse est communément appelé Plâtre. [7]



Fig. (I.6): le gypse.

I.2.6. Classification des ciments:

Les ciments peuvent être classés en fonction de leur composition et de leur résistance normale. Les ciments constitués de clinker et des constituants secondaires sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux par les normes NF P15-301 et ENV 197-1. Ils sont notés CEM et numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne (la notation française est indiquée entre parenthèse):

- ✓ **CEM I:** Ciment portland (CPA - dans la notation française),
- ✓ **CEM II:** Ciment portland composé (CPJ),
- ✓ **CEM III:** Ciment de haut fourneau (CHF),
- ✓ **CEM IV:** Ciment pouzzolanique (CPZ),
- ✓ **CEM V:** Ciment au laitier et aux cendres (CLC).

La proportion (en masse) des différents constituants est indiquée dans le tableau 2.2. Les constituants marqués d'une étoile (*) sont considérés comme des constituants secondaires pour le type de ciment concerné; leur total ne doit pas dépasser 5%. (Les fillers sont considérés comme des constituants secondaires). [8]

• Classification des ciments en fonction de leur résistance normale :

Trois classes sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours ; des sous classes "R" sont associées à ces 3 classes principales pour désigner des ciments dont les résistances au jeune âge sont élevées. Ces classes sont notées, classe 32,5, classe 42,5, classe 52,5. Elles doivent respecter les spécifications et valeurs garanties du tableau 2.3. Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs garanties lorsqu'elles peuvent être inférieures aux valeurs spécifiées. [9]

Tableau (I.1) : Classe de résistances des ciments.

Désignation de la classe de résistance	Résistance à la compression (en MPa)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	à 2 jours	à 7 jours	à 28 jours	
32,5 N	–	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 10	–		
42,5 N	≥ 10	–	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 R	≥ 20	–		
52,5 N	≥ 20	–	≥ 52,5	–
52,5 R	≥ 30	–		

Tableau(I.2): classification de ciment

	Cim. Portland	Ciment Portland composé		Ciment de haut fourneau			Ciment pozzolanique		Ciment au laitier et aux cendres	
	CPA-CEM I	CPJ-CEM II/A	CPJ-CEM II/B	CHF-CEM III/A	CHF-CEM III/B	CLK-CEM III/C	CPZ-CEM IV/A	CPZ-CEM IV/B	CLC-CEM V/A	CLC-CEM V/B
Clinker (K)	/95%	/80% ≤94%	/65% ≤79%	/35% ≤64%	/20% ≤34%	/5% ≤19%	/65% ≤90%	/45% ≤64%	/40% ≤64%	/20% ≤39%
Laitier (S)	*	6%≤	21%≤	/36% ≤65%	/66% ≤80%	/81% ≤95%	*	*	/18% ≤30%	/31% ≤50%
Pouzzolanes (Z)	*	total	total	*	*	*	10% ≤ total ≤35% (fumée ≤10%)	36% ≤ total ≤55% (fumée ≤10%)	18% ≤ total ≤30%	31% ≤ total ≤50%
Cendre siliceuses (V)	*	≤20%	≤35%	*	*	*				
Fumée de silice (D)	*	(fumée	(fumée	*	*	*			*	*
Cendres calciques (W)	*	de	de	*	*	*	*	*	*	*
Schistes (T)	*	silice	silice	*	*	*	*	*	*	*
Calcaires (L)	*	≤10%)	≤10%)	*	*	*	*	*	*	*
Fillers (F)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

I.3. Les ajouts:

I.3.1. Laitier granulé de haut fourneau (S):

Le laitier granulé de haut-fourneau est obtenu par refroidissement rapide de la scorie fondue Provenant de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau. C’est donc un coproduit de la Fabrication de la fonte. Il doit présenter des propriétés hydrauliques latentes (c’est-à-dire qui Se manifestent lorsqu’il a subi une activation) pour convenir à son emploi comme constituant Du ciment. Il est composé principalement d’oxydes de calcium de silice et d’alumine. [10]

I.3.2. Cendres volantes:

La cendre volante est une particule très fine, dépoussiérage des gaz des chaudières des centrales .Ils ont des compositions chimiques différentes et des compositions de phases

différentes. Celles-ci ne concernent que les types d'impuretés présentes dans le charbon brûler dans une centrale thermique. Avec du charbon de même source, la mêmes centrale thermique produit des cendres volantes très similaires. [11]

I.3.3. Pouzzolanes naturelles ou naturelles calcinées :

Les pouzzolanes naturelles sont des produits essentiellement composés de silice d'alumine et d'oxyde de fer présentant, soit naturellement (lorsqu'elles sont d'origine volcanique) soit après activation thermique, des propriétés pouzzolaniques. Les pouzzolanes doivent leur nom Aux cendres volcaniques de la région de Pouzzoles, en Italie, qui étaient utilisées par les Romains pour la confection de leur liant hydraulique. Les pouzzolanes n'ont pas de propriétés Hydrauliques intrinsèques mais, en présence de la chaux libérée par le clinker au cours de son Hydratation, elles forment elles aussi des hydrates stables, semblables à ceux qui sont formés à la suite de l'hydratation du clinker. [10]

I.3.4. Schistes calcinés (T) :

Ce sont des schistes que l'on porte à une température d'environ 800 °C dans un four spécial. Finement broyés ils présentent de fortes propriétés hydrauliques et aussi pouzzolaniques. [12]

I.3.5. Fumée de silice (D) :

La fumée de silice est constituée de particules très fines (taille moyenne des particules d'environ 1 µm) teneur très élevée en silice amorphe. Ils proviennent de la réduction de quartz de haute pureté avec charbon de four à arc électrique utilisé pour la production alliages de silicium et de Ferro silicium. [13]

I.3.6. fillers calcaires:

L'intérêt est maintenant focalisé sur le rôle joué par l'addition minérale dans le matériau auto plaçant. La suite de l'étude bibliographique va donc s'évertuer à mettre en avant les relations existantes entre les propriétés des fillers calcaires et leurs comportements dans une matrice cimentaire en se focalisant principalement sur les propriétés à l'état frais. [14]

I.3.6.1. propriétés requises du filler calcaire:

Un filler calcaire est une fine minérale obtenue par broyage d'une roche calcaire de manière à répondre aux critères de conformité de la norme sur les additions minérales calcaires (NFP18-508). L'appellation de filler calcaire vient du fait que cette addition, si elle est broyée assez finement, s'insère dans les que lette granulaire du ciment et permet donc de combler les vides entre les autres particules de dimensions plus importantes du béton (ciment, granulats). L'effet, appelé effet filler, se traduit par une compacité plus importante du squelette granulaire et va donc avoir des effets sur aussi bien à l'état frais qu'à l'état durci.

Les additifs calcaires sont des additifs de type 1 qui sont classés comme essentiellement inertes. Les critères définis dans la norme NF P18-508 [NF P18-508] expriment des propriétés physiquement et chimiquement.

Si l'additif calcaire répond aux critères de conformité de la norme NF P18-508, ensuite, lors du malaxage du béton, le dosage prescrit par norme NFEN 206-1 [NF NE 206-1]. A cet égard, certains fillers calcaires sont utilisés pour calculer le liant équivalent compte tenu de la limite.

Liant équivalent = $L_e q = C + KA$

Avec:

C: dosage en ciment en kg/m^3

A: quantité de l'addition en Kg/m^3

K: coefficient de prise en compte de l'addition à condition que l'indice d'activité de l'addition calcaire soit supérieur à 0.71. [15]

I.3.6.2.L'utilisation des fillers calcaires:

L'utilisation des fillers calcaires dans l'industrie du ciment et du béton est assez récente. Ils sont soit récupérés lors du concassage des granulats calcaires et peuvent alors contenir des résidus argileux et des matières organiques, soit obtenus par broyage du matériau cru. Leur composition chimique est celle du carbonate de calcium ($CaCO_3$). Un filler est dit calcaire s'il contient au moins 90% de carbonate de calcium. Dans les autres cas, le filler est désigné par le nom de sa roche d'origine. [16]

I.3.6.3.les rôles de filler calcaire:

- Un rôle de remplissage en substitution du ciment dans les éléments fins de la courbe granulométrique (bétons ouvrables retenant mieux l'eau).
- Un rôle rhéologique par leur pouvoir fluidifiant sur la pâte interstitielle.
- Un rôle chimique et physique conduisant à l'accélération de l'hydratation du C3S et du C3A et à la formation de carbone aluminat: germes de cristallisation et point d'ancrage des hydrates.
- Un rôle physique en permettant un arrangement initial différent ce qui réduit l'épaisseur entre la pâte et le granulat. [17]

I.4.Le sable:**I.4.1.Définition:**

C'est une matière minérale siliceuse ou calcaire présente dans le sol sous forme de granulés ou de poudre selon qu'il s'agit de sable grossier ou fin. Le sable est le résultat de l'effondrement des roches qui composent la croûte terrestre.

Après vous la composition est blanche, jaune, grise ou rougeâtre. Les sables peuvent également être classés selon leur origine et distinguer les sables de carrière, les sables de mer et les sables de rivière. [18]

I.4.2.Choix du sable :

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

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

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

Les sables gros sont également favorables à la micro texture des revêtements et donc à leur rugosité. En revanche, une certaine quantité de sable fin peut permettre d'améliorer la continuité de la granularité du squelette d'un mortier qui ne serait composé que d'un sable gros manquant de fines. Il faut dans ce cas trouver le meilleur compromis. L'ajout d'une proportion limitée de sable moyen ou fin est donc parfois conseillé; il améliorera la cohésion du mélange frais sans influencer défavorablement les propriétés finales du mortier. [19]

I.4.3.Caractéristiques Des Sables:

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

En général, les dosages du mortier sont exprimés en poids de liant par m³ de sable sec. Or, le plus souvent, sur le chantier, le sable renferme un certain pourcentage d'eau (pouvant varier de 0 à 20 %) et il suffit de très peu d'eau pour que le poids du m³ de sable soit modifié c'est le phénomène bien connu du « foisonnement » du sable. Pour éviter des surdosages en liant pouvant conduire à des enduits plus fissurés, il est utile de déterminer la teneur en eau du sable par un essai facile à pratiquer sur chantier (séchage et pesée du sable). À défaut, on prendra un coefficient de foisonnement forfaitaire de 25 %. [20]

I.4.4. Classification Des Sables:

a. Selon son origine:

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

- ❖ **Naturel:** d'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions des fleuves ou des rivières), de roches massives (sédimentaire, éruptives, métamorphique, etc.) ou de dunes. Le sable naturel n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).
- ❖ **Artificiel:** d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres.
- ❖ **Recyclé:** obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition.

b. Selon sa composition :

En fonction de sa composition minéralogique (teneurs en silice, alumine et chaux). Le sable peut être classé en quatre catégories.

Tableau (I.3): Classification de sables en fonction de sa composition (teneurs en % massique).

Composition	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)
Siliceux	70 à 90	0.1 à 1	1 à 10
Silico-alumineux	50 à 70	1 à 5	10 à 25
Silico-calcaires	15 à 20	15 à 30	3 à 10
Calcaires	2 à 10	30 à 50	0.5 à 2

C. Selon Sa Densité :

Selon la densité de sable, on distingue trois types :

- Léger : de masse volumique comprise entre 1200 et 2000 kg/m³, et le plus usuel est à base d'argile expansée, de schiste expansés ou de laitier expansé.
- Courant : de masse volumique entre 2000 et 3000 kg/m³, et il est généralement les basaltes, quartzites, grès, porphyre, diorite, granites, schistes, laitier.
- Lourd : de masse volumique varie de 4000 à 8000 kg/m³, et le plus utilisé est la barytine (d'une densité absolue de 4,2 à 4,7), la magnétite (d'une densité absolue de 4,5 à 5,1), les riblons (d'une densité absolue de 7,6 à 7,8) et la grenaille (d'une densité absolue de 7,6 à 7,8).

D. Selon Sa Forme :

Selon la forme de sable, on peut désigner deux grands types :

- Roulé : dont la forme a été acquise par l'érosion de roches meubles (alluvions des fleuves ou des rivières) ou des dunes.
- Angulaire ou Concassé : dont la forme a été obtenue par abattage et concassage de roches massives et dures. [21]

I.4.5. Les types des sables:**❖ Sable Alluvionnaire:**

Appelé sable roulant. Il provient de dépôts rocheux alluviaux trouvés dans le lit des rivières et des ruisseaux. Différentes roches peuvent être observées selon la zone de production, mais la plupart du sable utilisé pour les bétons est siliceux.

Ce sable, recommandé pour la fabrication du béton, doit avoir une granulométrie ne contenant ni trop ni trop peu d'éléments fins. Trop de fines nécessitent plus d'eau dans le béton, et un sable trop grossier rendra le mélange peu plastique et difficile à mettre en place. Cette granulométrie est caractérisée par le module de poudre (MF).

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

1.8 < MF < 2.2: Le sable est adapté pour obtenir une bonne usinabilité et une durabilité suffisante.

2.2 < MF < 2.8: Le sable est adapté pour une bonne maniabilité et une bonne résistance tout en réduisant le risque de ségrégation.

2.8 < MF < 3.2: Le sable est peu usiné et permet d'atteindre des résistances élevées avec risque de ségrégation. [22]

❖ Le sable concassé:

Aussi connu sous le nom de sable concassé, il est obtenu par concassage de calcaire, d'andésite, de granite, de dolomite et de basalte. Ses dimensions sont de 0 à 6 mm Le sable broyé diffère du sable naturel par la taille, la forme et les propriétés des particules en raison du processus de broyage et contient généralement 10% à 20% de particules fines (les particules passent à travers une couche de tamis de 80 μ m). Les fines sont très probablement la plus petite portion d'agrégat de pierre concassée dans le sable concassé en général et pourcentage de fines doit être limité. Tandis que dans le sable naturel, les fines peuvent être de l'argile ou d'autres particules nocives. [23].

❖ Le sable de dune:

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

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

Le sable de dune qui s'impose du fait de son abondance dans la nature (Sahara), de son coût d'extraction presque nul, et de sa propreté apparente, former la solution au problème d'épuisement des ressources naturelles et se présente comme un matériau d'avenir. [24]

I.4.6. Rôle de sable dans le mortier:

L'introduction de sable permet de réduire le retrait du liant (cadre de mortier), d'améliorer sa résistance mécanique, sa disponibilité et son aspect esthétique (couleur). Un bon sable doit contenir des grains fins, moyens et grossiers. Les fines particules sont placées dans les espaces entre les plus grosses particules, remplissant les vides. Ils jouent un rôle important. Ils réduisent les fluctuations de volume, le dégagement de chaleur et même le prix. Comme c'est souvent le cas, le dosage se fait en poids plutôt qu'en volume pour éviter les erreurs de dosage dues à l'augmentation de la masse de sable humide. [22]

I.5.Le Mortier:

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. Les caractéristiques souhaitées dictent le dosage. [25]

I.5.1.Les différents types des mortiers:

Les mortiers sont divisés en différents types:

➤ Mortier de ciment:

Mortier de ciment, très résistant et durcit rapidement. Le rapport de dosage entre le ciment et le sable est généralement de 1:3 en volume. Le rapport eau/ ciment est d'environ 0.35. De plus, avec une quantité suffisante de ciment, il devient pratiquement imperméable.

➤ Mortier de chaux:

Le mortier de chaux est gras. Durcissement plus lent et moins résistant que le mortier de ciment.

➤ Mortier Bâtards:

Un mélange de ciment et de chaux donne les propriétés de ces deux liants ensemble. La chaux et le ciment sont généralement utilisés en quantités égales, mais selon l'application et la qualité souhaitée, plus ou moins d'un peut être utilisé.

- Plus de plasticité→ plus de chaux
- Résistance plus élevée→ plus de ciment. [26]

➤ Mortier fabriquée sur chantier:

Ils sont préparés avec du ciment et du sable provenant de chantiers. Le ciment peut être un ciment CPA ou CPJ courant, ou un ciment de spécialité tel qu'un ciment d'alumine fondue. De la chaux hydraulique et parfois des liants de maçonnerie sont également utilisés. Le sable est le plus souvent dégringolé (caractéristique du calcaire silico- calcaire), parfois broyé, et le malaxage se fait à la pelle ou à la petite bétonnière. Ces mortiers ne sont donc pas très réguliers et le sable peut varier d'une livraison à l'autre, mais dans tous les cas il doit être propre et bien poncé. Le sable est généralement dosé en poids (de préférence) ou en volume (pour les petits sites). Dans ce dernier cas, il est très important de considérer le phénomène d'expansion du sable.

➤ Mortier industriel:

Ce sont des mortiers fabriqués à partir d'ingrédients secs, triés sur le volet, ensachés, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de coulis, il suffit d'ajouter

la quantité d'eau désirée et de mélanger. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits pour tous les besoins:

- Mortier de gypse dans une variété de couleurs et d'aspects.
- Mortier de scellement.
- Mortier isolant.
- Mortier de nivellement.
- Mortier de scellement mortier pour chapes.
- Mortier colle pour carrelage à base de plâtre ou de ciment.
- Mortier de réparation. [27]

I.5.2.Mortier auto- plaçant:

I.5.2.1.Définition:

Les mortiers auto plaçant sont des mortiers très fluides, qui se mettent en place sans vibration. Lors du coulage dans un coffrage, le serrage d'un MAP est assuré sous le simple effet de la gravité, grâce à leur formulation, et homogènes et stables, Il épouse ainsi des formes de coffrage les plus complexes.

En général, les MAP possèdent les mêmes constituants que les MO, à savoir, le ciment, l'eau, le sable. À ces quatre constituants viennent s'ajouter les fines et les adjuvants selon la propriété demandée. Les proportions exactes de chaque constituant dépendent bien sûr de la méthode de formulation choisie.

Les MAP se développent aujourd'hui partout dans le monde. Cependant, les données disponibles à leur sujet montrent que leur formulation est encore différente d'un pays à un autre. Par ailleurs, les chercheurs se trouvent confrontés à une autre difficulté lorsqu'ils s'intéressent à ce sujet. En effet, il n'existe pas à l'heure actuelle de méthode de formulation généralisée permettant d'arranger les divers constituants de MAP, au nombre minimal de six, en fonction d'un cahier des charges donné. Par conséquent, les formateurs ont actuellement conçu leurs BAP de manière empirique.

En effet, la manière de formulation formulée de ce matériau composite, béton, a une incidence directe sur ces propriétés intrinsèques. À ce titre, une bonne composition est conditionné par plusieurs paramètres et notamment par le choix judicieux de la phase inerte car elle occupe plus de 70% du volume total du béton ce qui constitue par conséquent le squelette résistant de ce matériau. [28]

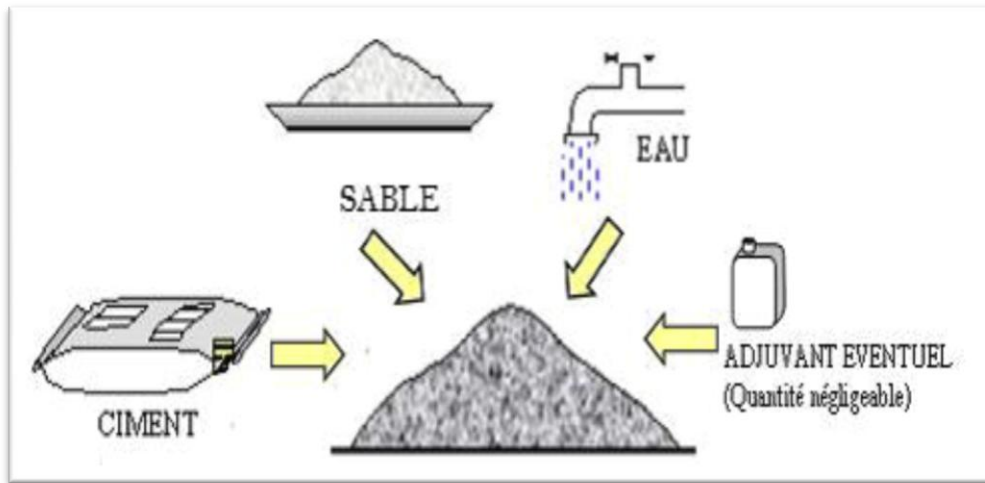


Fig. (I.7):composition de mortier

I.5.2.2. Structure de MAP:

La formulation d'une pâte et mortier cimentaire auto plaçant qui offrira un comportement optimal vis-à-vis de la stabilité et de l'écoulement en utilisant les matériaux de notre région avec les pourcentages adéquats de chaque constituant. Nous mettrons en œuvre un programme expérimental où nous étudierons le rôle de chaque paramètre sur le comportement de la pâte cimentaire et nous délimiterons par la suite un domaine expérimental qui offrira un ensemble de mélanges homogènes et stables, aux propriétés d'écoulement mesurables. Cependant, pour avoir le mélange de constituants possédant les réponses optimales, nous élaborerons un plan de mélanges qui permet d'avoir un nombre important d'informations (rôle des constituants, interactivité) avec un minimum d'essais.

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

La pâte de ciment est confectionnée à partir des quatre composantes (ciment, filler, plastifiant, eau). [29]

- **Un volume de pâte élevé:**

Les frottements entre les gravillons limitent l'écoulement des bétons. C'est pourquoi, le MAP contient un volume de pâte important dont le rôle est d'écarter les gravillons les uns des autres. [30]

- **Une quantité importante de fines :**

Pour leur assurer une maniabilité suffisante tout en limitant les risques de ségrégation et de ressasse, les MAP contiennent une quantité de fines supérieures à celle des mortiers. Toutefois, pour éviter des problèmes d'élévation excessive de la température lors de l'hydratation ainsi

que pour abaisser leur coût global, le liant est souvent un composé binaire [31], voire ternaire [32] ; ciment portland mélangé avec cendres volantes, laitier, fillers calcaires, pouzzolanes naturelles, ou fumée de silice.

a) Un fort dosage de super plastifiant :

L'introduction de dosage relativement important de super plastifiant dans le BAP et le MAP permet en premier lieu de réduire la teneur en eau tout en conservant leur grande maniabilité. Toutefois, un dosage trop élevé (proche ou supérieur au dosage de saturation peut augmenter la sensibilité du béton à des variations de teneur en eau vis-à-vis du problème de la ségrégation et du ressuage. [33]

b) Une utilisation éventuelle d'agent colloïdal :

Bien que ce ne soit pas systématique, le MAP contiennent la plus part du temps un agent colloïdal [34]. Ce produit, comme les fines, a pour rôle d'empêcher le ressuage et de limiter les risques de ségrégation des granulats en rendant la pâte plus épaisse. De façons schématiques l'utilisation de ce produit semble se justifier dans le cas des bétons ayant des rapports eau/liant élevés car les fines ne sont pas toujours suffisantes pour fixer l'eau dans le béton.

Il semble par contre inutile dans le cas de MAP ayant des rapports massique eau/liant faible qui donne des résistances supérieures à 50 MPA. Pour la gamme des bétons intermédiaire, leur utilité est à étudier au cas par cas. L'agent colloïdal a la réputation de rendre les BAP moins sensibles à des variations d'eau vis-à-vis aux problèmes ségrégation et ressuage. [35][36]

I.5.2.3.Méthodes de formulation:

1-Méthode Japonaise

La formulation des MAP par l'approche développée à l'université de Köchi au Japon se fait de manière sécuritaire, en privilégiant le volume de pâte au détriment des granulats. Cette méthode de formulation est à la fois forfaitaire pour les dosages des granulats et expérimentale pour le dosage en eau et en adjuvant. Pour formuler un BAP par cette méthode baptisée.

« Méthode japonaise », on doit passer par les étapes suivantes :

a- Choix du dosage en ciment : La quantité du ciment dépend du cahier des charges et des Performances désirées (résistance, durabilité, etc.).

b- Désignation du volume d'air : Le volume d'air occlus est pris égal à 2%.

c- Détermination du dosage du sable : Le volume de sable est posé forfaitaire ment égal à 40% du volume du mortier.

d- Détermination du dosage minimal en eau : La demande en eau passe par la conception de la Composition de la pâte. En effet des essais d'étalement au mini cône sont réalisés en faisant Varier le rapport Eau/Liant avec le dosage choisi en liant.

En traçant la courbe d'Eau/Liant en fonction de l'étalement relatif R_m (équation.1), on détermine le point d'intersection avec l'axe des ordonnées « βP » qui permet de déterminer le besoin en eau minimale nécessaire pour le ciment et les additions minérales ;

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

Avec « R_m » l'étalement relatif et « d » le diamètre d'étalement moyen de la galette de pâte. [37]

2- Méthode Suédoise:

La méthode de formulation suédoise est développée par CBI (Ciment Béton Institute) [38], [39], [40] et se caractérise par la prise en compte des conditions des chantiers. En effet, cette approche est basée sur l'évaluation des risques de blocage des granulats dans les milieux ferraillés. Elle permet d'optimiser la taille maximale des granulats par rapport à l'espacement entre les armatures, et le volume des granulats dans le béton. Le principe de cette méthode s'appuie sur des tests effectués par différents auteurs [41], [42], [43] sur des mélanges de pâte de ciment et de granulats de différentes tailles, passant à travers différents espacements d'armatures. Pour chaque taille de granulats, ils ont montré qu'il existe une teneur volumique critique de granulats en deçà de laquelle le risque de blocage est nul et au-dessus de laquelle le blocage est systématique. Cette teneur volumique critique est fonction de l'espacement entre les armatures (par rapport à la taille des granulats), et de la forme des granulats (roulés ou concassés). Cette méthode suppose que le phénomène de blocage est indépendant de la nature de la pâte, pourvu que celle-ci soit suffisamment fluide. Les principales modifications et extensions de la méthode CBI sont apportées par autre auteur, qui a proposé un critère supplémentaire pour obtenir un béton auto plaçant. Il s'agit d'ajouter un volume de pâte pour assurer un espacement minimal suffisant entre les granulats afin de réduire les frictions et les Frottements entre les granulats.

3- Méthode Française LCPC :

L'approche développée en France au LCPC par de Larrard et Sedran est basée sur le modèle d'empilement compressible [44], [45] qui passe par l'optimisation de la porosité du système

formé par les grains solides. D'après les auteurs, un arrangement optimal du squelette granulaire permet d'obtenir une meilleure résistance et une plus grande ouvrabilité.

Le modèle permet de prévoir la compacité du squelette granulaire à partir des caractéristiques des constituants telles que la densité apparente, les proportions du mélange, les distributions granulaires et la compacité propre. Les auteurs ont modélisé le comportement à l'état frais du béton à partir de la compacité de son squelette granulaire. Cette approche, basée sur la synthèse d'une quinzaine d'années de recherches est simplifiée par la mise en œuvre d'un logiciel (Béton lab. Pro 2) prenant en compte tous les paramètres de calcul de cette démarche [46], et permettant de déterminer des formulations de différents types de bétons (Bétons à haute performance, bétons ordinaires, bétons secs pour démoulage immédiat, bétons auto plaçant).

Des extensions de cette méthode de formulation sont effectuées par les mêmes auteurs [45] afin de prendre en compte plus de paramètres tels que les propriétés des bétons à l'état durci (retrait, fluage, module d'élasticité, résistance à la traction et à la compression).

I.5.2.4. Autres méthodes

- Méthode de Nan Su et al. (Dénommée méthode chinoise),
- Méthode de Brouwers et Radix (dénommée méthode hollandaise),
- Méthode de Khayat et al. (Dénommée méthode canadienne),

I.5.2.5 Caractérisation de MAP à l'état frais:

A- Fluidité et déformabilité de MAP:

La déformabilité du mortier est définie comme étant la capacité de mortier de subir un changement de forme sous son propre poids. La déformabilité élevée est exigée de sorte que le mortier.

Afin d'obtenir une déformabilité adéquate, il est important de réduire au minimum le frottement inter sable du mélange. La réduction de la quantité du gros sable et l'augmentation du volume de pâte sont exigées pour obtenir la déformabilité désirée des MAP. Une autre manière de réduire le frottement inter sable est obtenue avec l'incorporation d'additions minérales telles que les fillers.

La déformabilité du béton est directement liée à la déformabilité de la pâte.

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

Un mortier frottement fluide peut être obtenu sans réduction significative de sa cohésion en améliorant sa résistance à la ségrégation. En général, le critère de fluidité-stabilité est assez difficile à résoudre, mais, au moyen d'agents colloïdaux, de teneurs élevées en ajouts minéraux ou de teneurs appropriés en sable, la stabilité et la déformabilité peuvent être assurées. [25]

B- Étalement au Mini cône de pâte:

Dans la méthode japonaise et hollandaise la demande en eau passe par des essais d'étalement au mini cône sur pâte en faisant varier le rapport Eau/ poudre. La poudre étant le ciment ou 'addition minérale (filler...) mesurer l'étalement relatif << équation Rp>> (équation détermine les paramètres correspondant aux droites obtenus pour chaque liant (ciment et filler calcaire).[47]

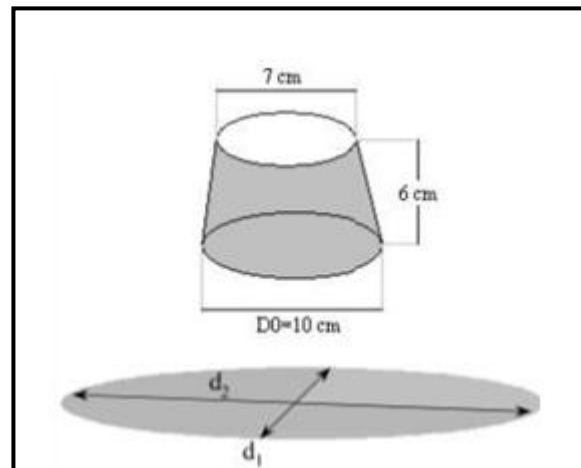


Fig. (I.8) : Essai d'étalement au Mini cône de mortier.

C- La déformabilité de l'Entonnoir en V [V- Fennel]:

L'essai d'écoulement à l'entonnoir {ou V-Fennell test} est utilisé pour évaluer la fluidité et la viscosité des MAP.

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

Bien que l'essai soit conçu pour mesurer la fluidité, le résultat est affecté par d'autres propriétés du MAP que celle de l'écoulement. La forme de cône inversée fera bloquer l'écoulement du mortier si, par exemple, il y a trop gros granulat. Par contre un temps élevé

d'écoulement peut-être associé à une faible déformabilité due à une viscosité élevée de la pâte et ou un frottement inter granulaire élevé.

LA FNARC {NRC 2005} définit deux classes de viscosité selon le temps d'écoulement mesuré à l'entonnoir (V-funnel): $TV < 6$ secondes, pour une bonne capacité de remplissage même avec des renforts denses et $9 < TV < 25$ pour les autres cas. [28]

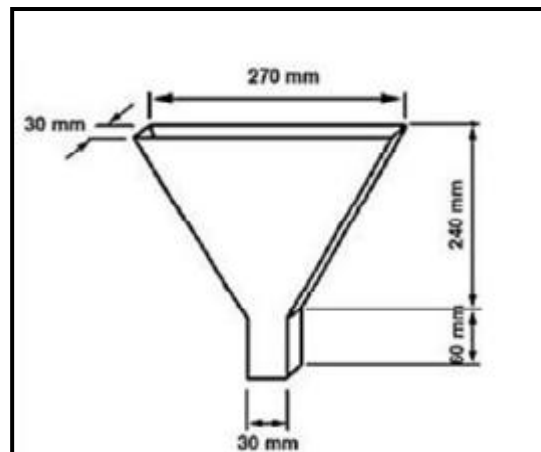


Fig. (I.9): l'Entonnoir En V (V-Funnel) pour MAP.

I.6.Conclusion :

Les principales qualités des matières premières sont généralement essentielles pour mettre en évidence l'effet des propriétés mécaniques et de la durabilité. A travers la présentation bibliographique nous avons touché :

- 1- Définition de ciment en général et le principe fabrication.
- 2- La définition du mortier auto plaçant, leur structure, les méthodes de formulation et la caractérisation à l'état frais.

Chapitre II

Effets de sable concassé dans
le mortier auto plaçant

Chapitre II: Effets des fines de sable concassé sur le mortier auto plaçant

II.1. Introduction

La source de sable concassé est une carrière. Il est fabriqué par concassage de roches. [48]
L'utilisation de sable de carrière est déterminée par sa granulométrie et ses caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques. En générale, il s'utilise pour des applications liées au ciment, par exemple du béton. [25]

II.2. Eléments sur l'élaboration des sables concassé :

a)- Les principales opérations effectuées : L'élaboration de sables concassé à partir de roches meubles ou massives nécessite un certain nombre d'opérations .Les caractéristiques géométriques (granularité, forme) et de propreté des granulats dépendent du processus d'élaboration dans les installations de traitement.

b)-L'extraction : L'ensemble des opérations d'extraction de la roche dans le gisement peut être défini dans un plan d'exploitation qui traite:

- de la reconnaissance du gisement.
- de l'enlèvement de la découverte.
- des méthodes d'extraction.
- de l'organisation des fronts.
- de l'homogénéisation des produits extraits et, s'il y a lieu, de la dilution (opération qui consiste à diluer de façon contrôlée un faciès altéré ou réactif vis-à-vis des alcalins par mélange avec une extraction de matériaux sains, de façon que les produits élaborés soient conformes aux spécifications des normes, non réactifs et homogènes).

Dans les roches massives, l'extraction se fait par minage suivant des plans de tir définis permettant d'obtenir un produit de bolomètre de l'ordre de 0/1000 mm(Voir schéma d'extraction et élaboration des granulats).

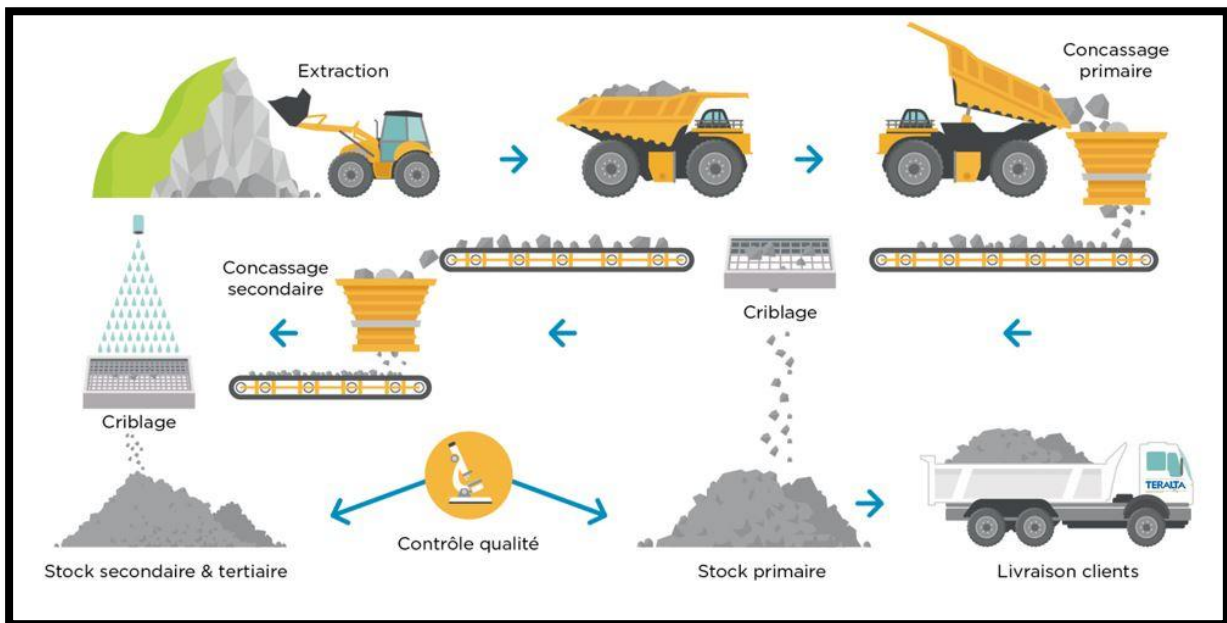


Fig. (II.1) : Schéma d'extraction et élaboration des granulats.

c)- Le concassage : La fragmentation des matériaux (comminution) se fait par concassage et Broyage, la distinction entre les deux termes relevant de l'usage. Les producteurs appellent Concassage la fragmentation grossière et broyage l'élaboration de sables, petits gravillons et Fillers. Les appareils utilisés se divisent en trois grandes catégories :

- les appareils travaillant par écrasement lent.
- les appareils travaillant par chocs.
- les appareils à effets multiples, travaillant éventuellement par gravité.

L'ouverture d'entrée (largeur et prise) conditionne la taille des plus gros éléments admis à L'alimentation et l'ouverture de sortie (appelée quelquefois réglage) la granularité du produit sortant.

d)- Le criblage : C'est l'opération qui permet de séparer et de classer un ensemble de grains $0/D_n$ provenant de l'extraction et/ou du concassage en sous-ensembles $0/D_i$ ou d_i/D_i . Elle se fait au moyen de cribles vibrants inclinés, constitués par un caisson équipé de grilles mis-en vibration, le plus souvent, par un arbre balourdé, le tout étant supporté par une suspension Souple (ressorts, tampons en caoutchouc). Les grilles subissent un mouvement vibratoire (dont l'amplitude dépend du balourd) imposé aux matériaux qui sont ainsi secoués et avancent par gravité. L'intensité du secouage (couple vitesse amplitude) varie en fonction du type de criblage. [48]



Fig. (II.2):station de concassage

II.3. Les types de sable concassé :

II.3.1. sable concassé naturel :

Le sable concassé naturel est concassage des roches naturelles.

II.3.1.1. Types de sable concassé naturel :

- Maërl
- Sable de mer Tracez
- Sable Granit
- Sable de Grés
- Sable Pouzzolane
- Sable Quartz
- Sable Schiste
- Amphibolite
- Sable primaire déclassé. [49]

II.3.2. Sable concassé artificiel :

Ce type est comme le recyclage des déchets de béton d'une brique ou d'un bâtiment détruit etc., et utilisé à nouveau pour la construction.

II.4. Caractéristiques de sable de concassage :

Les sables concassés, connu aussi sous l'appellation des sables des carrières, résultant du concassage des calcaires, granodiorite, andésite, granite, dolomie et basalte, sont des granulats concassés anguleux. Ils diffèrent des sables naturels dans la granulométrie, la forme, la texture

des particules ; et la quantité de fines, à préjugé entre 10 et 20 % de fines. Le sable de concassage est un agrégat de coins cassés. Souvent reconnu leur utilisation dans le béton permet d'obtenir une résistance mécanique plus élevée. Cependant, l'utilisation montre qu'ils nécessitent plus d'eau (efficace) que les granulats roulés.

De plus, l'emploi de ce type de sable montre qu'ils demandent une quantité d'eau plus élevée qu'avec des granulats roulés, à cause de la baisse de compacité associée à leur forme, leur angularité et à leur rugosité.

Dans le sable de concassage les fines sont généralement probablement la plus petite fraction granulométrique de granulats concassés, alors que dans les sables naturels, les fines peuvent être argile aux autres particules nocives.

L'utilisation des fillers calcaires dans la fabrication des bétons ordinaires reste limitée de 16% parce qu'ils augmentent la demande en eau et réduisent concomitamment la résistance. [50]

II.5. Applications de sable concassé :

Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0 et 6 mm. Le taux de particules inférieures à 63 microns présentes dans les sables est fonction du processus de fabrication. Des taux particulièrement bas conviennent mieux à certaines applications alors que d'autres demandent un minimum de fines particules. Les sables de concassage sont disponibles dans les carrières (calcaire, gré et porphyre). L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques intrinsèques (mécaniques et chimiques) de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils s'utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des applications liées au ciment, par exemple du béton. [51]

II.6. Avantages et inconvénient de sable de concassage

L'effet de différent teneur des fines calcaire des sables de concassage sur les propriétés du béton à l'état frais et durci ont fait l'objet de plusieurs recherches ces dernières décennies. Il a été déterminé qu'une quantité de 10 à 15% de calcaire peut être utilisée dans le sable de concassage sans effets nocifs sur les propriétés physico-mécanique du béton. [52]

Les fines calcaires améliorent l'hydratation des grains de ciment et réduire le temps de prise dans le mortier ; aussi élimine la poussière et le gaspillage des ressources naturelles. Des chercheurs ont constaté que les fines calcaires contenant dans le sable de concassage réduisent le dosage en super plastifiant et augmente la maniabilité des MAP. En outre, ces fines réduisent le coût des MAP et diminuer les problèmes de stockage et

d'environnement. Cependant, les fines provenant du concassage des granulats ont une influence positive sur les propriétés des MAP à l'état frais et durci.

II.7. Paramètres influents :

II.7.1. Effet de la source minéralogique du sable de concassage :

Il a étudié l'influence de la source minéralogique de trois différents types de sable concassé sur le comportement des bétons (même rapport (E/C)). En effet la texture et la forme des particules de sable concassé ont une grande influence sur l'association de la pâte et des granulats. Les résultats de leurs recherches ont montré que le sable concassé issu de granit apparaissait comme étant le plus avantageux (résistance à la compression, ouvrabilité). ce comportement a été attribué à la morphologie des particules du sable de granit.[53] L'étude menée par [54] est orientée sur plusieurs paramètres rhéologiques, parmi ces paramètres c'est l'effet du type de sable sur la fluidité du mortier. La recherche a montré que la maniabilité des mortiers se différencie selon l'origine minéralogique. À titre d'exemple les mortiers à base de sable de calcaire, se propagent plus facilement que ceux avec de la dolomie ou du granit. Cela a été associé aux caractéristiques physiques des particules: la forme et la texture des particules (angularité), finesse et la teneur en fines du sable concassé.

II.7.2. Effet de la teneur en fines :

L'un des paramètres les plus importants dans les sables issus de concassage les sables avec une teneur élevée en silice sont peu disponibles. De ce fait, les normes se sont adaptées dans la nécessité d'utiliser les sables concassés en augmentant la limite des fines permise dans le sable concassé.

- La norme européenne EN- 206 par exemple autorise jusqu'à 16 % de fines,
- La norme britannique (BS 882) permet à 15 % des fines dans les sables,
- Tandis que l'ASTM C33 fixe la limite à moins de 7 %. [49]
- Le ministère de l'habitat Algérien recommande de ne pas dépasser un taux de fines de 15 % pour des bétons de classe comprise entre 20 et 35 MPA et ne pas dépasser 12 % pour un béton de classe supérieure à 35MPa.

Se sont orientés vers la prévision de la teneur en fines des sables de concassage, en faisant une estimation du pourcentage de fines, produit dans une machine Los Angeles et dans une installation de concassage. Les résultats ont abouti au fait que le pourcentage de fines obtenu par la machine Los Angeles est supérieur de 6 à 7 % celui obtenu dans une installation de Concassage classique. Un autre paramètre a aussi été étudié, c'est la quantité de roche concassé et son influence sur la teneur en fines des sables. Les résultats ont montré que la quantité concassé est un paramètre secondaire. De ce fait il a été établi que la teneur en fines

d'un sable dépend de la structure pétrographique de la taille des grains et de la qualité de la roche et en Pelte, de la nature du concassage.[55]

II.7.3. Influence du lavage du sable :

Afin de s'opposer aux différents problèmes rencontrés à cause de la teneur en fines des sables, des chercheurs ont suggéré le lavage du sable afin de réduire ce pourcentage de fine. Selon [56] le procédé de lavage permet d'éliminer des particules inférieures à (40 μ m). D'autre part, cela permet aussi, d'enlever les argiles d'autres substances qui pourraient être nocifs pour le béton et améliorer la viscosité. préconisent le lavage des sables, car les propriétés des bétons à base de sable lavé sont améliorées. Cette amélioration était liée au fait que les sables non lavés contiennent une quantité d'argile qui peut affecter le comportement du béton.[57]

II.8.L'effet de différent teneur des fines calcaire S/C sur les propriétés du MAP

Les résultats obtenus par des études antérieures :

- **La résistance à la flexion et la compression :**

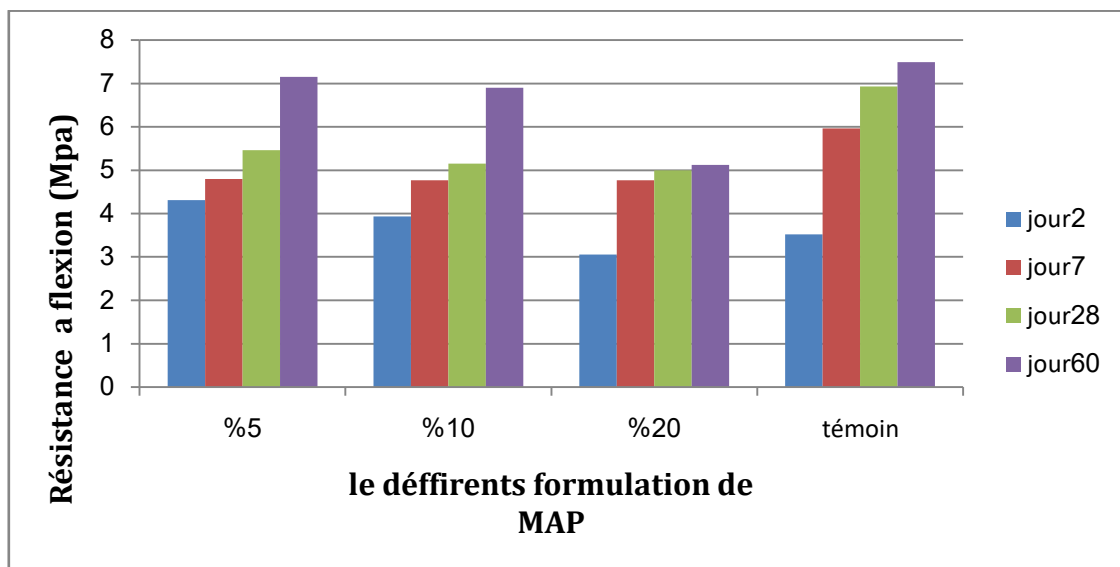


Fig. (II.3) : résistance à la flexion.

- **Pour 2jour :** pour une durée de 2jour, la résistance à la flexion pour les éprouvettes de témoin et le mortier avec fillers calcaire est faible par rapport à celle de (5% fillers). Les taux de diminution sont estimés à l'ordre de (29.13%,18.27%,8.75%) pour les compositions 10% fillers et 20% fillers et témoin.
- **Pour 7jour :** pour l'effet de fillers calcaire sur la flexion du mortier après 7jour, ils remarquent que la résistance à la flexion pour tous les éprouvettes est faible par rapport à celle de témoin .Les taux de diminution sont estimés à (19.46%,19.96%,19.96%) pour les compositions 5% fillers et 10%fillers 20% fillers.

- **Pour 28 jour :** Après 28 jours, la résistance à la flexion pour les éprouvettes de mortier de fillers calcaire est faible dans les compositions (5%f, 10%f ,20%f) par rapport à celle de témoin ; et les taux de diminution sont respectivement. (21.21%,25.68%,27.84%)
- **Pour 60jour :** pour une durée de 60jour, la résistance à la flexion pour les éprouvettes de témoin forte, par rapport le mortier avec fillers calcaire (5% f, 10% f). Et pour il20%f qui a obtenu une valeur très faible, et les taux de diminution sont respectivement (31.64%,7.87%,4.53%). [58]

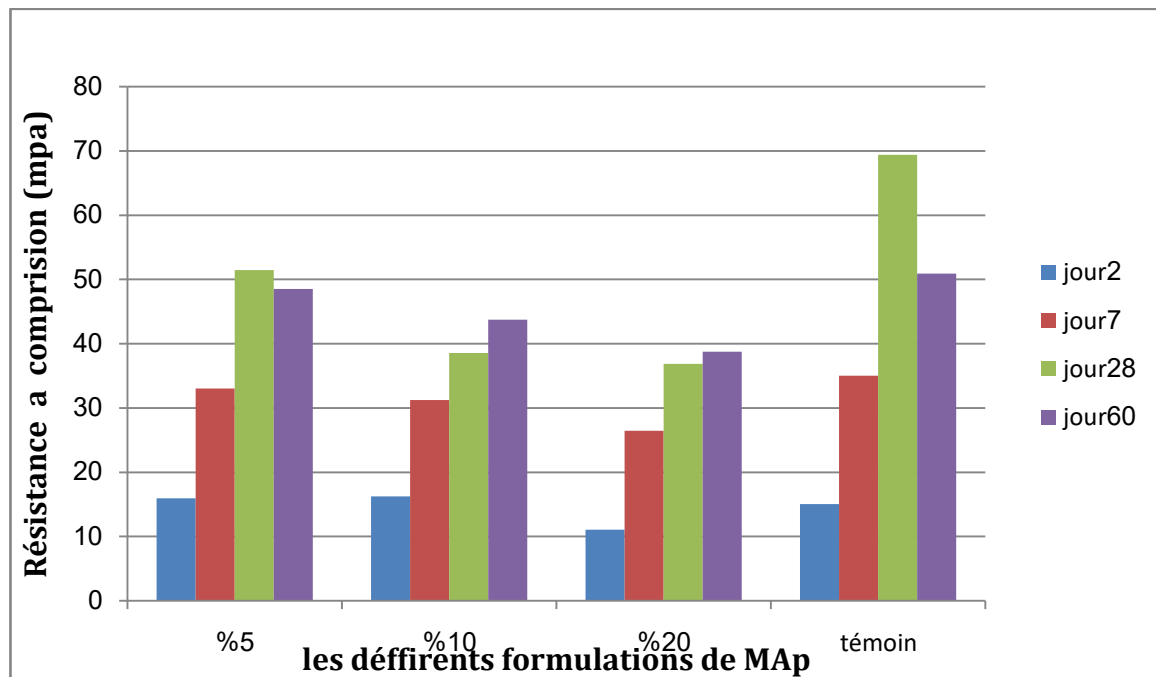


Fig. (II.4) : résistance de compression.

- **Pour 2jour :** Dans le cas de 2 jours, la résistance à la compression du mortier avec fillers calcaire est faible dans les compositions (5%F, 20%F, témoin) par rapport à celle de 10%F avec des taux de (1.75%,32.06%,6.43%). respectivement
- **Pour 7jour :** Après7jours la résistance à la compression du mortier avec fillers calcaire pour différentes proportions diminue pour toutes les compositions 5%F et 10%F et 20%F par rapport au témoin et les taux de diminution sont respectivement (5.65%,10.74%,24.42%).
- **Pour 28jour :** Pour l'effet de fillers calcaire sur la compression du mortier après28 jours, Ils remarquons que la résistance à la compression pour toutes les éprouvettes est faible par rapport à celle de témoin. Les taux de diminution sont estimés à(25.83% ,44.44%,46.85%) pour les compositions 5%f et 10%f et 20%f.

- **Pour 60jour :** Dans le cas de 60 jours, la résistance à la compression du mortier avec fillers calcaire est faible dans les compositions (5%F, 20%F, 10%F) par rapport à celle de témoin, Les taux de diminution sont estimés à (23.91% ,14.09%,4.69%). Respectivement. [58]
- **Les ajouts minéraux et les attaques chimique**

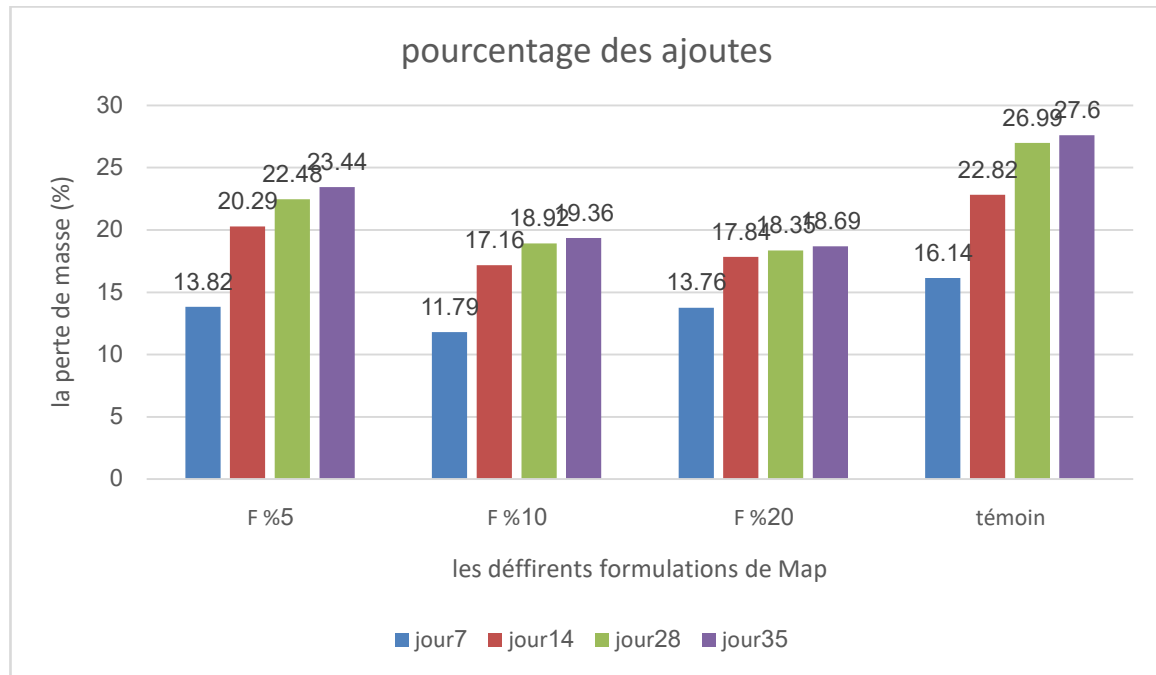


Fig. (II.5) : variation de la masse dans la solution 5% d'acide sulfurique H₂SO₄.

- **Pour 7 jours :** Ils remarquent que toutes les formulations de mortier étudié pour 7 jours présentent une perte de masse, et le mortier de témoin présente une perte de masse maximal de **(16.14%)** de son poids, au contraire mortier (10%F) l présente une perte de masse minimale **(11.79%)** de son poids.
- **Pour 14 jours :** Pour une durée de 14 jours marqués une perte de masse, et le mortier témoin présente une perte de masse maximale de **(22.82%)**, de son poids, au contraire le mortier (10% F),l présenté une perte de masse minimale **(17.16%)** de son poids.
- **Pour 28 jours :** Ils remarque que les échantillons ont continué à perdre du poids pour toutes les compositions, avec une perte maximale pour le mortier de témoin de **(27%)** et une perte minimale pour le mortier (20% F) de son poids.de **(18.35%)**.
- **Pour 35 jours :** Pour une durée de 35 jours marqués une perte de masse, et le mortier témoin présente une perte de masse maximale de **(27.60%)**, de son poids, au contraire le mortier (20% F), lprésente une perte de masse minimale **(18.69%)** de son poids.[58]

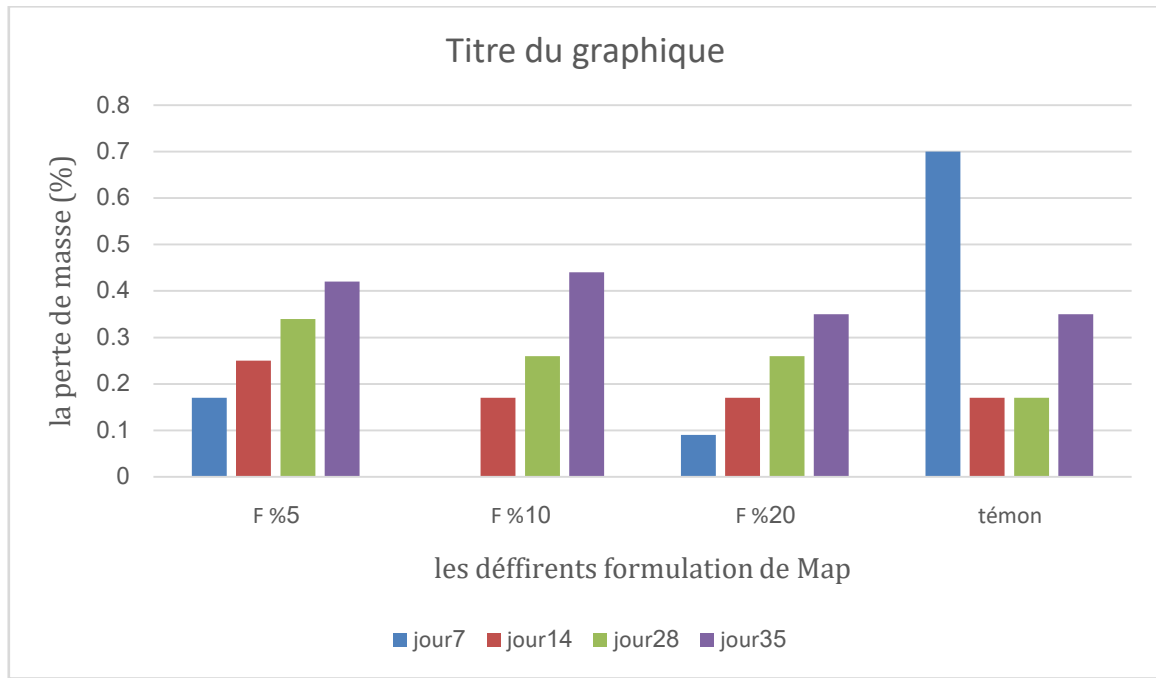


Fig. (II.6) : variation de la masse dans l'eau.

Ils remarquent que toutes les formulations de mortier étudié pour 7 jours, et 14jour, 28jour, 35jour présentent un gain de masse, ce gain traduit un début de gonflement des mortiers parce qu'avant d'immersion les mortiers dans l'eau, les mortiers étaient très sec et absorbés une quantité de l'eau.

Ils note aussi que les compositions de mortier immergé dans l'eau Pour une durée de 7jours marqués une 10% Fillers n'a pas changé son poids, tandis que 5% fillers est celui qui a changé de (0.17%), Ce qui considéré la valeur la plus grand, sur 14jours 5% fillers avait la plus forte augmentation avec une pourcentage de (0.25%), autant que les trois formulations restantes (10% fillers, 20% fillers et témoin) fillers ont enregistré des augmentations égaux de (0.17%), et sur 28jours nous avons enregistré une augmentation en 5% fillers de (0.34%), et un pourcentage faible dans le mortier de témoin. [58]

- La résistance à la flexion et la compression:

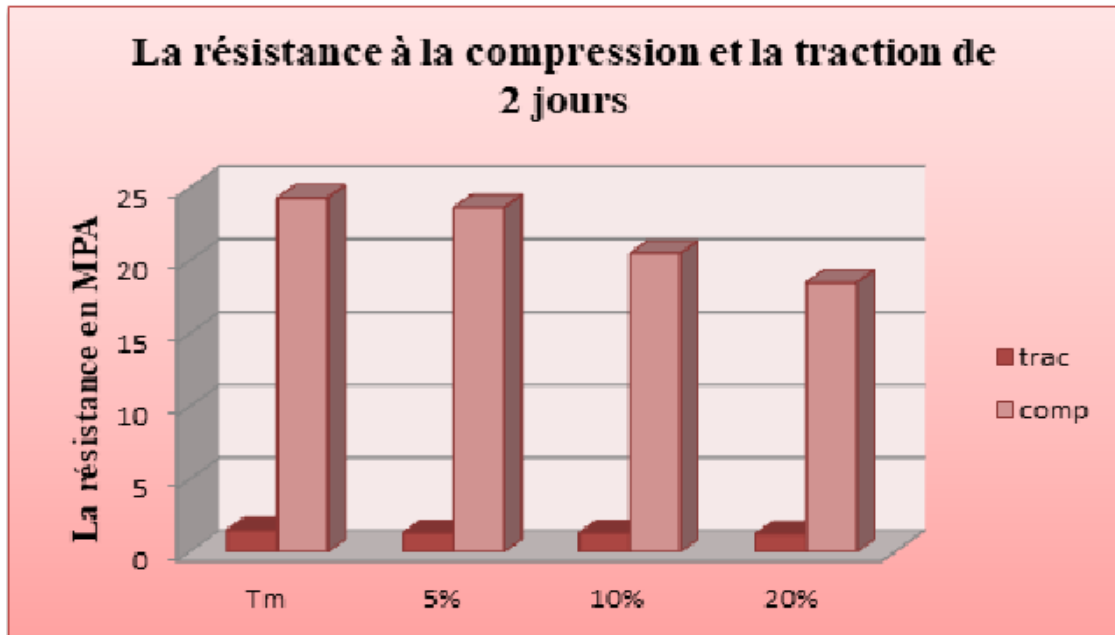


Fig. (II.7) : Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 2 jours.

Ils remarquent que la résistance des mortiers diminue avec l'augmentation de dosage de substitution de ciment par le filler de gravier roulé.

Ils observé pour la résistance à la compression une diminution par rapport au mortier témoin avec un petit pourcentage de 2.7% pour la substitution de MAP 5% mais pour MAP 10% et MAP 20% une diminution de 15,74% et 23,96% respectivement ainsi que la résistance à la traction est diminué avec un pourcentage de 13,33% pour les deux mortiers à savoir le MAP 5% et le MAP 10% pour le MAP 20% une diminution de 17,33 % a été enregistrée.

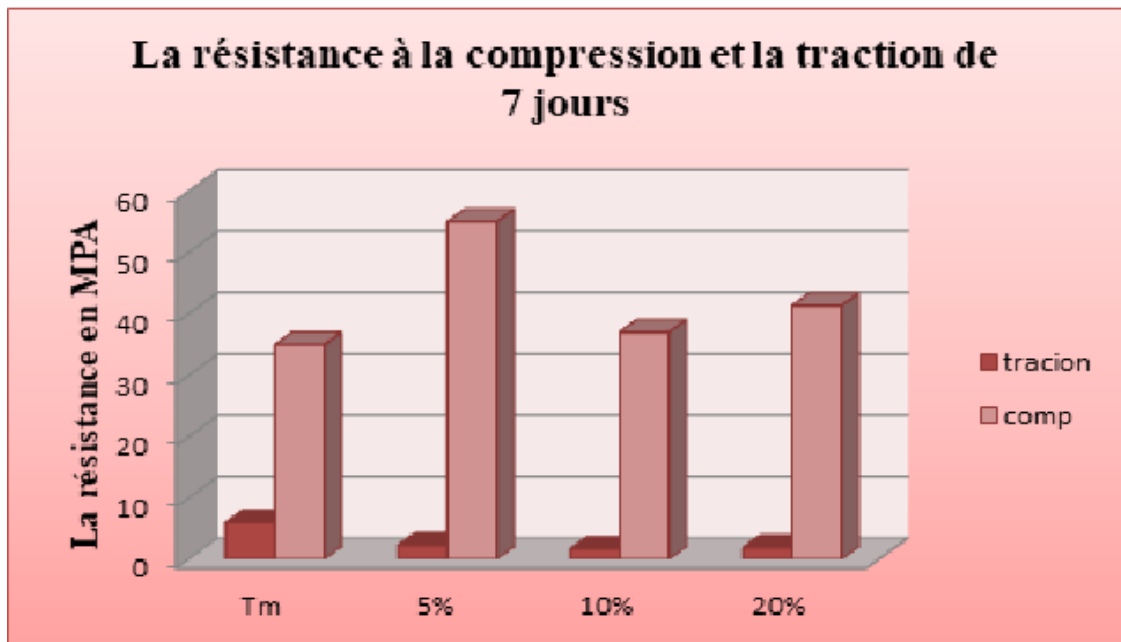


Fig. (II.8) : Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 7 jours.

Ils remarquent que la résistance a enregistré une augmentation pour toutes les formulations par rapport au mortier témoin, où ils ont enregistré une augmentation de 36.41% pour le MAP 5% et 15.74% pour le MAP 10% et 23.96% pour le MAP 20% au contraire la résistance à la traction a enregistré une diminution importante pour le MAP 5%, MAP 10% et MAP 20% par rapport au mortier témoin. [59]

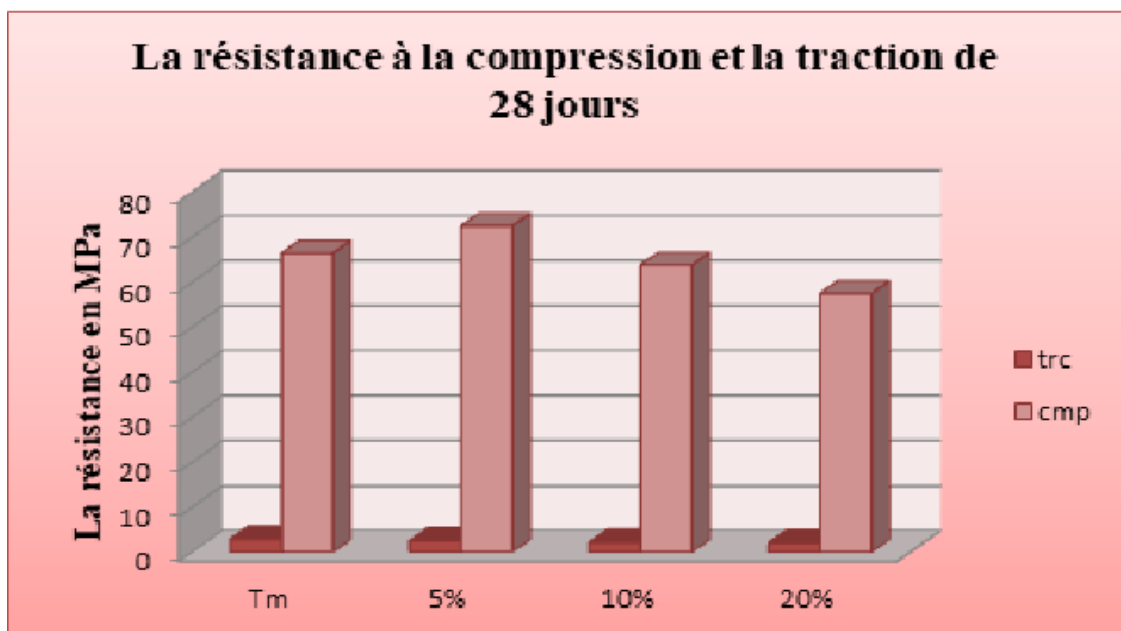


Fig. (II.9) : Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 28 jours.

Ils remarquent que la résistance à la compression des mortiers a enregistré une augmentation de 9,02% pour le MAP 5% et une diminution de 4,01% et 13,53% pour le MAP 10% et le

MAP 20% respectivement par rapport au mortier témoin. Pour la résistance à la traction une diminution de la résistance de 12,83%; 24,32% et 27,02% pour le MAP 5%; MAP 10% et le MAP 20% respectivement.

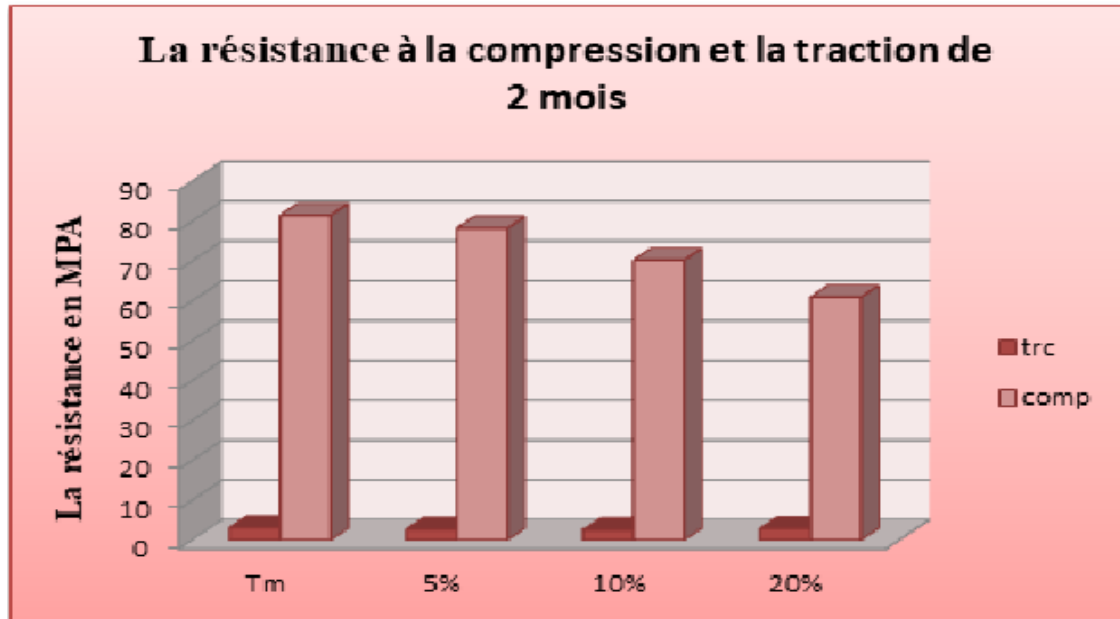


Fig. (II.10) : Les résultats de la résistance à la compression et la traction de 2 mois.

Ils observé que la résistance à la compression des mortiers a enregistré une diminution de 3.9 % ; 13.74% et 25.15% pour le MAP 5% ; le MAP 10% et le MAP 20% respectivement aussi pour la résistance à la traction une diminution de 13,14 % ; 18,26% et 7,69 % pour le MAP 5% ; le MAP 10% et le MAP 20% respectivement par rapport au mortier témoin.

- l'attaque chimique (Acide H₂SO₄):

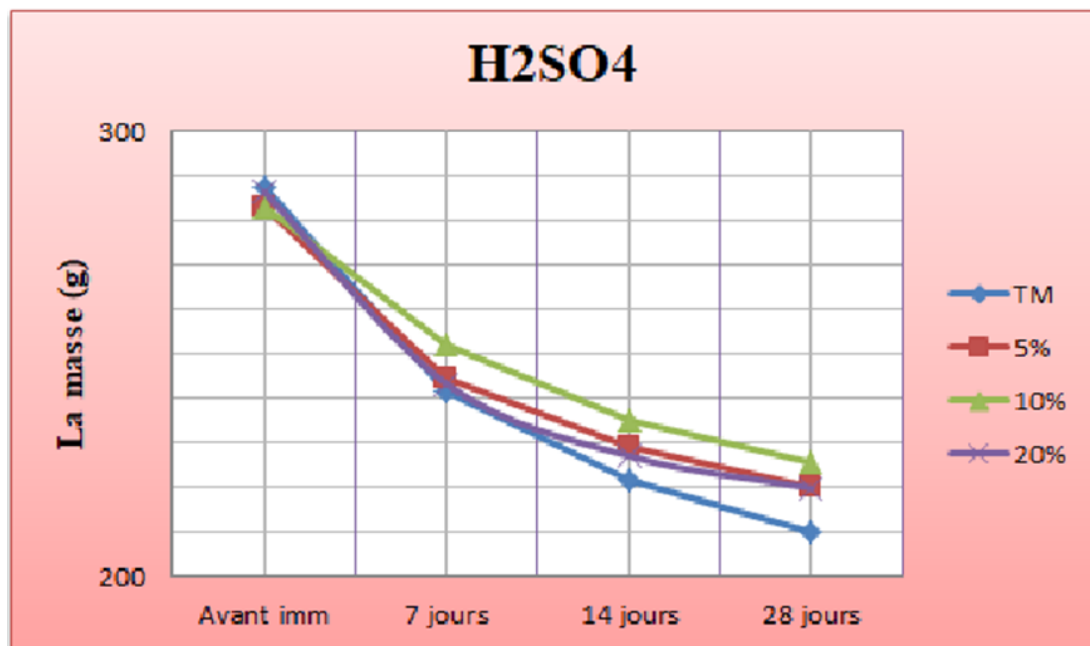


Fig. (II.11) : la perte de masse à l'attaque chimique (Acide H₂SO₄).

Ils remarquent que la perte de masse pour les mortiers Témoin; le MAP 5%; le MAP 10% et le MAP 20% diminue continuellement par rapport le temps. [59]

- la résistance à la compression et traction:

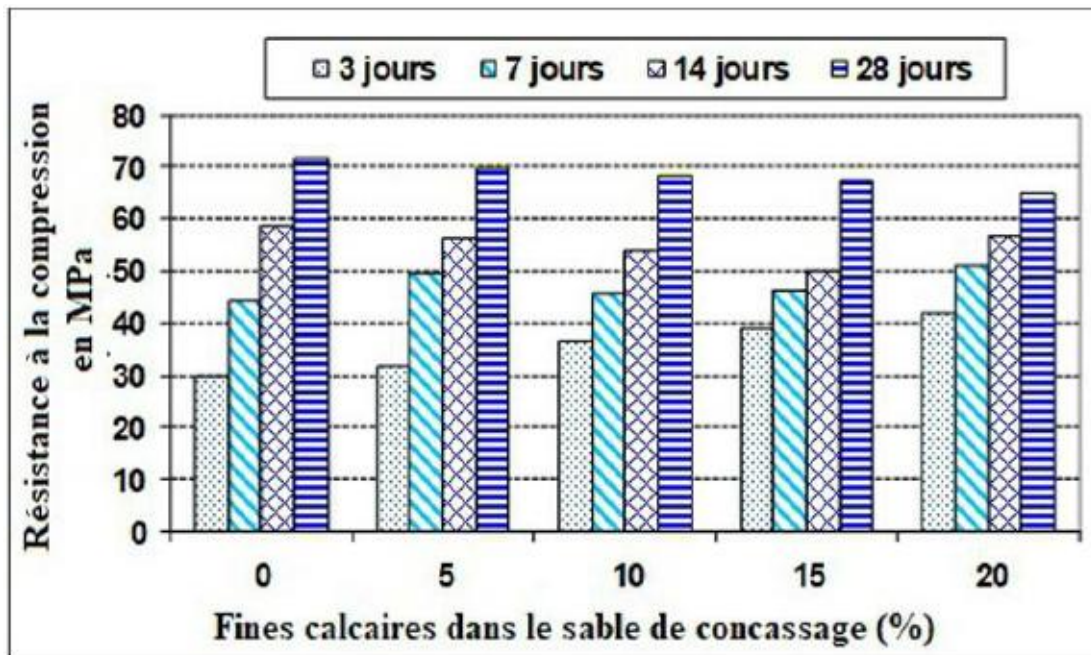


Fig. (II.12): Relation entre la résistance à la compression et la teneur en fine de calcaire. [46]

Des recherches ont été menées par [60] sur l'effet des fines calcaires sur l'évolution de la résistance à la compression des MAP et des bétons ordinaires, les résultats trouvés montrent que l'évolution de la résistance mécanique est similaire à Celles des bétons ordinaires.

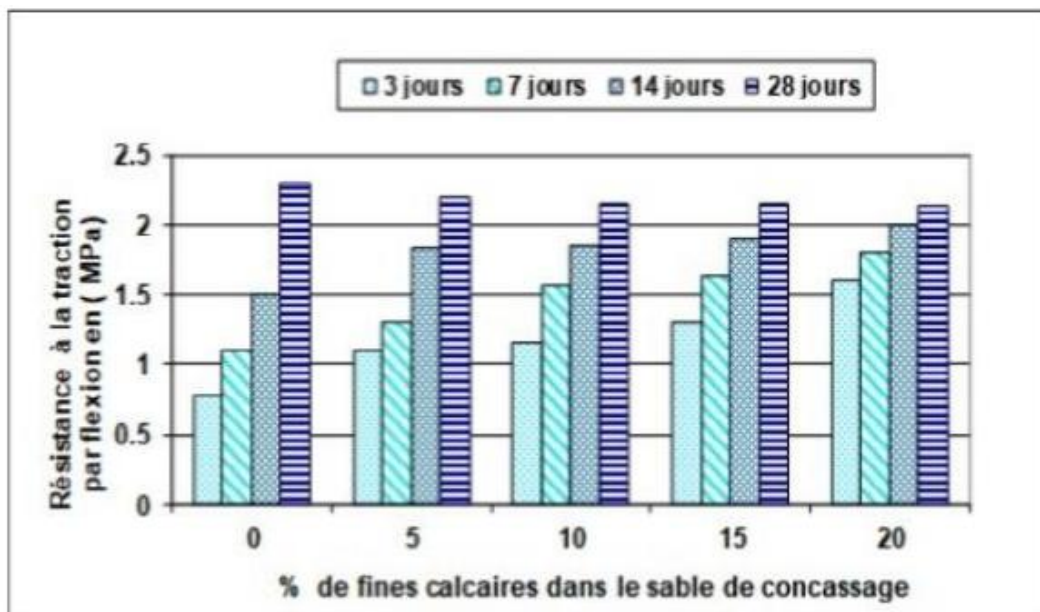


Fig. (II.13) : Relation entre la résistance à traction et la teneur en fine de calcaire. [46]

Des recherches [61] ont été mené sur l'évolution de la résistance à la flexion des trois types de

mortier, les résultats trouvés montrent que les résistances à la flexion des mortiers auto plaçant diminue avec l'augmentation du dosage des fillers calcaires, cette diminution est due à la substitution d'une partie du liant par les fines calcaires. [51]

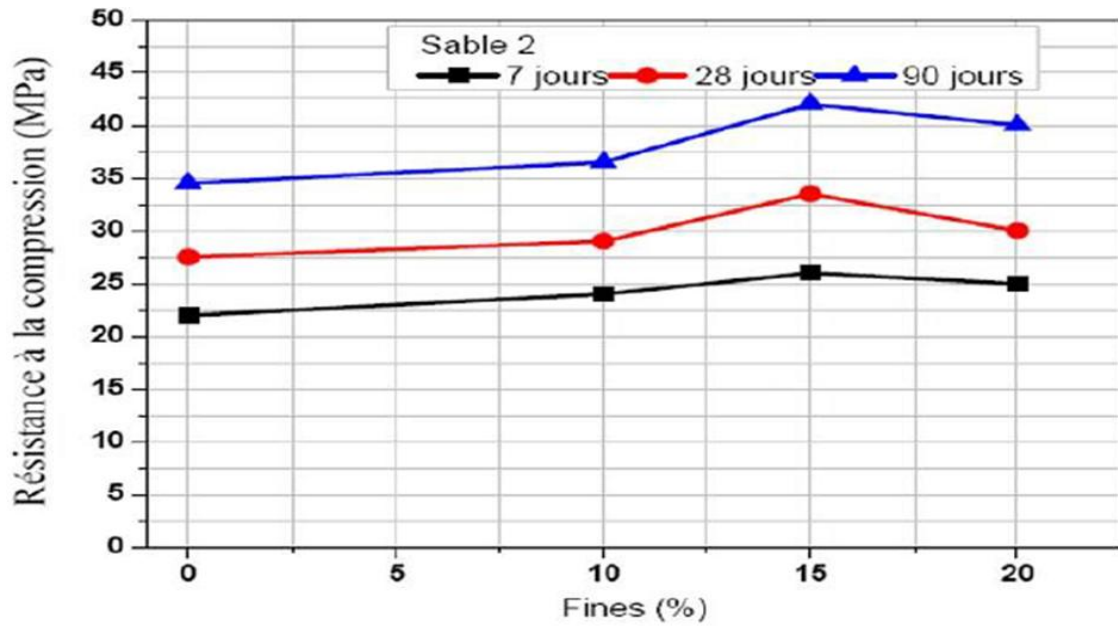


Fig. (II.14) : Développement de la résistance à la compression en fonction du pourcentage de fines calcaires. [62]

Ils étudié la résistance à la compression des bétons ordinaires avec des âges différents âges en fonction de taux de calcaire, ils constatent que la résistance à la compression augmente avec l'âge our les taux de fine de 0 % à 10 % et au-delà de 10 % la résistance diminue. [63]

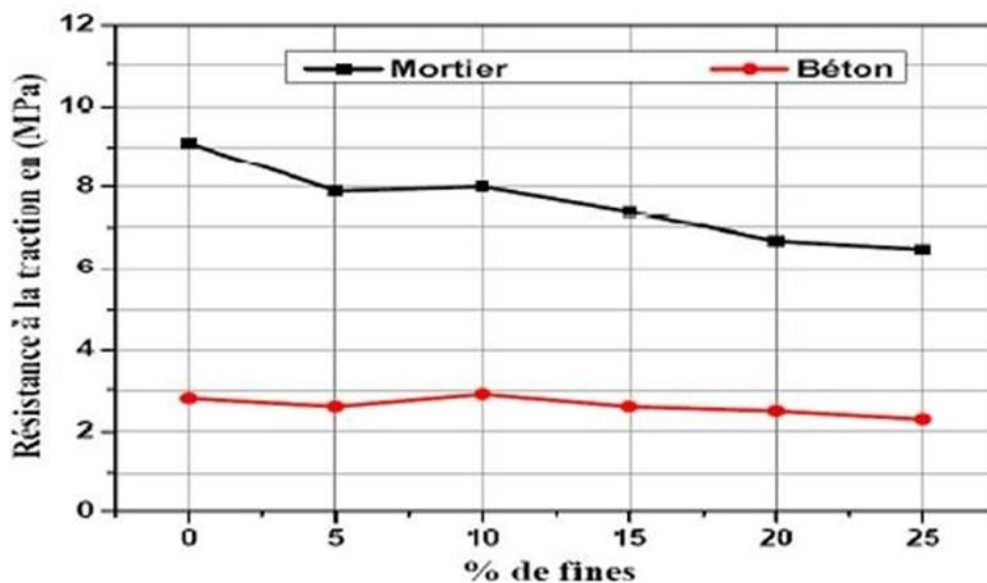


Fig. (II.15):Résistance à la traction par flexion des mortiers et bétons en fonction de pourcentage de fines (benna). [46]

D'autres [64] ont montré que l'ajout des fines calcaires aux mortiers et aux bétons crée une chute de résistance à la flexion.[51]

II.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait une recherche sur des études antérieure sur les effets du sable de concassage sur les propriétés du MAP et du BAP, que ce soit à l'état frais ou à l'état durci, en présentant quelques résultats de ces recherches antérieures sur la valorisation de ce sable. Comme alternative au sable alluvial dans la fabrication du béton et du mortier auto-plaçant, et nous cherchons dans cette étude de recherche à confirmer ces résultats

Chapitre III

Les caractérisations des matériaux utilisés
et Méthodes expérimentales

Chapitre III: Caractérisations des matériaux utilisés et Méthodes expérimentales

III.1. Introduction:

Dans ce chapitre nous allons présenter les résultats d'analyses sur les matériaux utilisés dans la réalisation de divers tests expérimentaux et vous familiarise avec les propriétés de ces matériaux. Parce qu'ils ont une grande influence sur les résultats de la recherche.

III.2. Objectif du travail :

Notre objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la teneur en fines du sable calcaire concassé sur les propriétés mécaniques et la durabilité du mortier de réparation auto-plaçant.

Les fines de sable sont des particules de petite taille qui peuvent être présentes dans le sable calcaire utilisé dans la production de mortier de réparation auto-plaçant.

Les propriétés mécaniques du mortier tel que la résistance à la traction, ainsi que la durabilité du mortier, qui peut être influencée par des facteurs tels que la porosité et la perméabilité, seront mesurées en fonction de différentes teneurs en fines de sable calcaire concassé.

Les résultats de cette étude peuvent aider à déterminer la teneur optimale en fines de sable calcaire concassé pour améliorer les propriétés mécaniques et la durabilité du mortier de réparation auto-plaçant, ce qui peut être utile dans le développement de matériaux de construction plus résistants et durables.

III.3. Méthodologie du travail pratique :

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

III.3.1. Les essais sur les matériaux :

III.3.1.1. Ciment :

Le ciment utilisé dans ce travail, est un ciment composé CEM II /A-L de résistance 42.5, il provient de la cimenterie de AWTED. IL est un ciment gris conforme à la norme algérienne (1) ainsi que la norme européenne (2), convient parfaitement pour le coulage par temps chaud ainsi que le transport du béton prêt à l'emploi. AWTED est produit 100% algérien fabriqué exclusivement dans l'usine Amouda ciment sise à El Beida Laghouat.



Fig. (III.1):Le ciment AWTED.

▪ **Les caractéristiques techniques :**

Le ciment a passé à plusieurs essais pour découvrir les propriétés / caractéristiques chimiques et aussi physico-mécaniques qui sont comme suit :

▪ **Les caractéristiques chimiques :**

Tableau(III.1): Les caractéristiques chimiques de ciment AWTED.

Eléments	Unités en %	Norme
SO ₃	≤ 3.5	NA5042 (EN 196-2)
Chlorure	≤ 0.1	NA5042 (EN 196-2)

▪ Les caractéristiques physico-mécaniques:

Tableau(III.2): Les caractéristiques physico-mécaniques de ciment AWTED.

Caractéristiques	Résultats	Unités	Norme
Début de prise(DP)	Plus de 60	Mn	NA230 (EN 196-3)
Fin de prise (FP)	Plus de 240	Mn	NA230 (EN 196-3)
Surface spécifique (SSB)	3500	cm ² /g	NA231 (EN 196-6)
Résistance à la compression (2jours)	Plus de 42.5	MPA	NA234 (EN 196-1)
Résistance à la compression(28 jours)	Plus de 42.5	MPA	NA234 (EN 196-1)

AWTED est destiné à la réalisation de bétons de structure selon la (NA 16002 et de la EN 206-1) en milieux non agressifs pour :

- Ouvrages en béton armé ou non.
- Bétons auto-plaçant.
- Dallages, sols industriels, chapes.
- Fondations ou travaux souterrains.
- Voirie et chaussée en béton.

III.3.1.2 Sable :

Le sable utiliser dans cette étude est un sable concassé remmené du concasseur de Ben Hammouda sis à la commune de Métlili wilaya Ghardaïa.

Le sable a été lavé dans un tamis de 0,08 mm avant utilisation.

Lavage du sable

Préparation du sable lavé, on a procédé par les étapes suivantes:

- lavage: Nous avons lavé une quantité de sable concassée dans un tamis de 0.08mm.
- séchage: Cette quantité de sable concassée a été séchée pendant 24h dans une étuve à 105°.



Fig. (III.2):Lavage du sable.



Fig. (III.3):Sable utilisé.

III.3.1.2.1. Les essais sur sable :

III.3.2.1.1. Analyse granulométrique par tamisage: (NFP 18-560)

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis. Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous ainsi que la courbe obtenue.



Fig. (III.4):Analyse granulométrique par tamisage.

Tableau(III.3): les résultats obtenus de l'analyse granulométrique du sable concassé élavé.

Tamis (mm)	refus partiel(g)	Refus cumulé(g)	Pourcentage refus (%)	Pourcentage passant(%)
5	0,0	0,0	0,0	100
2	75,0	76,0	12,7	87
1	118,0	194,0	32,4	68
0,500	82,0	276,0	46,1	54
0,250	86,0	362,0	60,4	40
0,125	85,0	447,0	74,6	25
0,063	31,0	478,0	79,8	20,2

Tableau(III.4):Les résultats obtenus de l'analyse granulométrique du sable avant lavage.

Tamis (mm)	refus partiel(g)	Refus cumulé(g)	Pourcentage refus (%)	Pourcentage passant(%)
5	—	—	—	100
2	922	922	9.22	90.78
1	2608	3530	35.30	64.70
0,500	2396	5926	59.26	40.74
0,250	885	6811	68.11	31.89
0,125	978	7789	77.89	22.11
0.16	707	8496	84.96	15.04
0,08	1220	9716	97.16	2.84

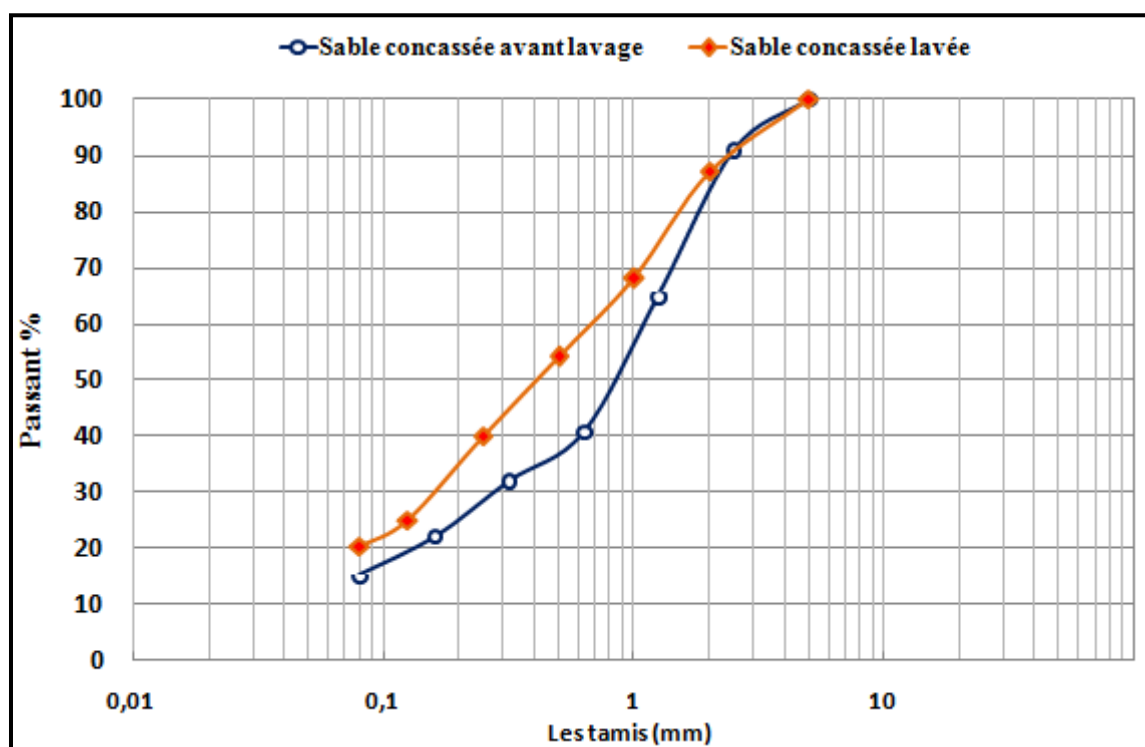


Fig. (III.5):Courbe analyse granulométrique par tamisage.

III.3.2.1.2. La masse volumique absolue: NFP 18-555

Cet essai est régi par la norme (4), elle est définie comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains.



Fig. (III.6):La masse volumique absolue.

Tableau(III.5):Les résultats de la masse volumique absolue.

Poids des agrégats secs	P1	501,0	G
Poids du récipient plein d'eau	P2	2184,6	G
P1 + P2	P3	2685,1	G
Poids récipient + agrégats + eau	P4	2494,2	G
Volume des agrégats P3 – P4	V	191,0	G
Masse volumique absolue	P1/V	2.62	g/cm

III.3.2.1.3 La masse volumique apparente : NF P 18-554

Cet essai est réalisé selon la norme (5), elle est définie comme étant la masse de l'unité de volume apparente du corps, c'est-à-dire celle du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient.



Fig. (III.7): La masse volumique apparente.

Tableau(III.6): Les résultats de la masse volumique apparente.

	P1	P2	P3	P4
Ph +T	4874	4865	4855	4861
Poids P0 (g)		1810		
Ph (g)	3064	3055	3045	3051
Volume du récipient V (g)		2000		
Poids moyen M (g)		3054		
Masse volumique apparente P/V (g/cm)		1.53		

III.3.2.1.4. Essai de bleu méthylène : NF EN 933-9

L'essai au bleu de méthylène, également appelé « essai au bleu », est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat .



Fig. (III.8) : Agitateur bleu méthylène.

Tableau(III.7): Les résultats de bleu méthylène.

PRISE D'ESSAI Mh=200grs			VOLUME DE BLUE INJECTE DANS LA PRISE D'ESSAI V=05cm ³
CALCUL DE LA TENEUR EN EAU			
TARE N°	G02	Z47	VALEUR AU BLUE DE LA PRISE D'ESSAI PASSANT A : VB=V/MS =05/199,22 =0,03
PT	410,08	422,29	
Ph+T	408,96	421,12	
Ps+T	119,33	119,74	
Ps+T	1,12	1,17	
w(%)	0,39	0,39	
Wmoy(%)	0,39		
CALCUL DE LA MASSE SECHE DE LA PRISE D'ESSAI Ms: W%=Ph-Ps.100 =0,39% Ps=Phx100/100+w% =199,2grs			$VBt = Vb \times \%t / 100$

III.3.2.1.5. Equivalent de sable : NF P 18-598

Il est défini par la norme NF P 18-598 (6); cet essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent. L'essai est effectué sur la fraction 0/5 mm du matériau à étudier.

On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes, on mesure les éléments suivants :

ES : l'équivalent de sable

H1 : Hauteur totale (sable propre +éléments fins).

H2 : Hauteur de sable (sable propre seulement).

$$ES\% = \frac{H1}{H2} \times 100$$



Fig. (III.9):Equivalent de sable.

Tableau(III.8):Les résultats de l'Equivalent de sable.

Echantillon	Essai 1	Essai 2
Hauteur totale H1 (mm)	119	118
Hauteur de sable H2 (mm)	88	86
ES= H2/H1*100	73.95	72.88
ES moyen (%)	73,41	

Après avoir testé des sables comparables et leurs résultats, nous avons constaté qu'il s'agissait bien d'un sable propre et très bien adapté à la construction de mortier auto-plaçant

III.3.1.3.Le Filler :

Dans tous les mélanges de nos recherches. Un filler calcaire de la région de Metlili Wilaya de Ghardaïa a été utilisé.



Fig. (III.10): Le filler de calcaire.

- Taux de filler de sable concassé (0/3) :

Tableau(III.9):Le résultat de taux de filler de sable concassé (0/3).

Sable concassé (0/3)		
Poids humide échantillon P1 (g)	Poids sec échantillon P2 (g)	$P(\%) = \left[\frac{P1-P2}{P2} \right] \times 100$
1000	776,34	28.80%

La composition chimique de sable concassé (0/3) (%) est présentée dans le tableau suivant

Tableau(III.10): La composition chimique de sable (0/3).

Echantillon	Sable concassé(0/3)	
NFP 15-461INSOULUBLES	Creuset précipité	29.959
	creuset vide	29.935
	poids du résidu	0.024
	Insolubles %	2.4
BS 1377SULFATES	Creuset précipité	
	creuset vide	19.675
	poids du résidu	
	SO ₃ %	
NFP 15-461CARBONATES	V NaOH	
	CACO ₃ %	90

III.3.1.4 L'eau de gâchage :

L'eau utilisée pour le gâchage de mortier est une eau potable du réseau publique de la ville de Ghardaïa.

III.3.1.5 Super plastifiants :

Un seul type d'adjuvant a été employé durant notre étude, un super plastifiant SIKA VISCOCRETE TEMPO 12, qui est un super plastifiant haut réducteur d'eau polyvalent de nouvelle génération non chloré à base de copolymère acrylique, conforme à la norme (3). Il se caractérise par sa grande durée de rhéologie et de sa résistance à la ségrégation.



Fig. (III.11):SIKA ® de type VISCOCRETE TEMPO 12.

On présent la description de super plastifiant dans le tableau suivant :

Tableau(III.11): la description de super plastifiant.

Conditionnement	<ul style="list-style-type: none">▪ Fût de 217 L▪ CP de 1000 L▪ Vrac
Aspect / Couleur	<ul style="list-style-type: none">▪ Liquide brun clair
Durée de Conservation	<ul style="list-style-type: none">▪ 12 mois dans son emballage d'origine intact.
Conditions de Stockage	<ul style="list-style-type: none">▪ A l'abri du gel.▪ En cas de gel accidentel, le produit retrouve ses qualités d'origine une fois dégelé lentement et ré homogénéisé.
Densité	<ul style="list-style-type: none">▪ $1,060 \pm 0,020$
Valeur Ph	<ul style="list-style-type: none">▪ $5,5 \pm 1,0$
Extrait Sec	<ul style="list-style-type: none">▪ $29,5 \pm 1,4\%$ (méthode halogène selon NF 085)▪ $29,5 \pm 1,4\%$ (NF EN 480-8)

III.4. Formulation des mortiers auto plaçant :

Deux types de mortier ont été formulés qui sont les suivants :

- Mortiers auto plaçant témoin sable alluvionnaire.
- Mortiers auto plaçant avec une substitution d'une partie du sable concassé par des fillers sable concassé à des dosages de 10% ,15% ,20% ,25% ,30%.

Tableau(III.12) : Compositions du mortier auto plaçant témoin

Les Types	Sable alluvionnaire (g)	Eau (g)	Ciment (g)	Super plastifiant(g)
Témoin	1300	260	650	7.15

Tableau(III.13): Représente les compositions différentes types des mortiers auto plaçant.

Les types	Sable concassé (0/3) (g)	Eau (g)	Ciment (g)	Filler 0/3 (g)	Super plastifiant(g)
10%	1170	260	650	130	13.0
15%	1105	260	650	195	14.3
20%	1040	260	650	260	15.6
25%	975	260	650	325	16.9
30%	910	260	650	390	18.2

III.5. Malaxage du mortier :

Le mode opératoire de malaxage est le suivant :

- On utilise des moules prismatique de dimension (40×40×160) mm pour les essais de compression et traction.
- On doit nettoyer les moules à l'aide d'une brosse métallique puis étaler un lubrifiant (huile) pour faciliter le démoulage.
- Peser les constituants au moyen de la balance.
- Malaxer le ciment et le filler très bien pendant 10 secondes, puis mettre le ciment - filler et le sable dans le bol en prenant soin d'éviter toute perte de ciment, de filler ou de sable.
- Mettre immédiatement le malaxeur en marche à petite vitesse pendant 30 secondes.

Introduire 2/3 d'eau à 30 secondes pendant 2 min et 30 secondes.

- Arrêter le malaxeur pendant les premières 30s et enlever au moyen d'une raclette en caoutchouc ou en plastique tout le mortier adhérent aux parois et au fond du bol et le placer au milieu du bol.
- A la fin reprendre le malaxage et mettre 1/3d'eau + l'adjuvant à grande vitesse pendant 120s.
- Après 24 heures, on procède au démoulage et conservation des éprouvettes.



Fig. (III.12) : Un malaxeur.

III.6.Essai à l'état frais :

III.6.1. Essai de mini cône :

L'essai d'étalement consiste à remplir le mini cône placé sur une surface horizontale lisse, une fois le cône est soulevé, le diamètre d'étalement du mortier est mesuré suivant deux directions perpendiculaire pour retenir la moyenne.

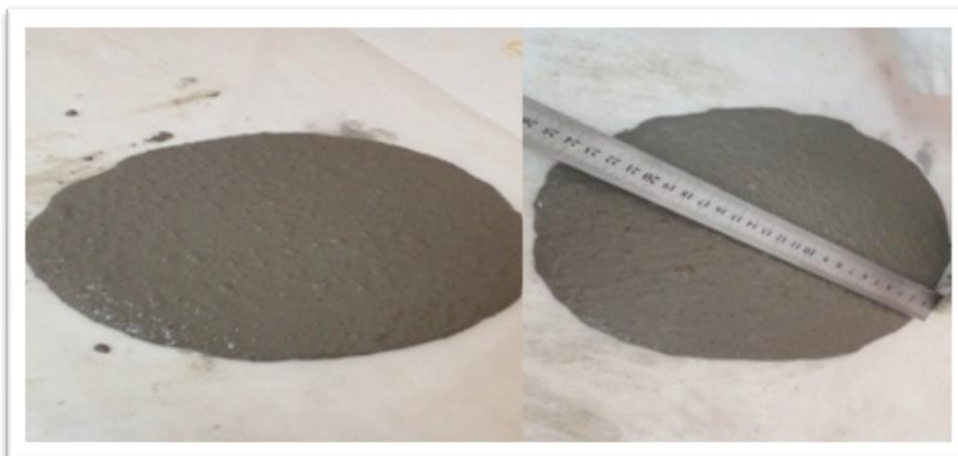


Fig. (III.13):Essais de mini cône.

III.6.2. Essai au V-Fennell :

L'objectif de cet essai est de mesurer le temps d'écoulement entre l'instant de l'ouverture de l'orifice de l'entonnoir et l'instant de l'apparition de la première lumière en regardant verticalement vers le bas de l'entonnoir. (Fig.III.13).montre le dispositif de l'essai à l'Entonnoir en V pour mortier.



Fig. (III.14):Essais de V-Fennell.

III.7.Conservation des éprouvettes (selon la norme NF P18 438) :

- Les éprouvettes doivent rester dans le moule et doivent être protégées contre les vibrations, les chocs, et la dessiccation pendant un minimum de 16h et un maximum 3 jour à la température de $20^{\circ}\text{C}\pm 5\text{C}$.
- Ces éprouvettes sont conservées dans une chambre humide à $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et d'humidité relative au moins égale à 95 %, pendant 3 jours et 7 jours et 28 jours et 60 jours.



Fig. (III.15) : Epreuves.

III.8. Essai à l'état Durci :

III.8.1. La résistance à la traction par flexion (NF P 15-471) :

Des mortiers a été évaluée par des essais de flexion trois points effectués sur des éprouvettes prismatique (4x4x16) cm³.

$$R_f = \frac{1.5PL}{a}$$

R_f: la résistance en flexion en MAP.

a : le côté de la section carrée de prisme en millimètres (mm).

P : la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture en newtons (N).

L : la distance entre les appuis en millimètres (mm).



Fig. (III.16): Essai de la résistance à la flexion.

III.8.2. Essai de compression:

L'essai de la compression s'effectue après avoir l'essai de traction par flexion cette dernièrement de l'éprouvette en deux parties.

$$\sigma = \frac{P_c}{S}$$

σ: Contrainte de compression

P_c: la charge de rupture à la compression.

S : Section transversale de l'éprouvette.



Fig. (III.17):Appareil de la résistance mécanique (à la flexion et à la compression).



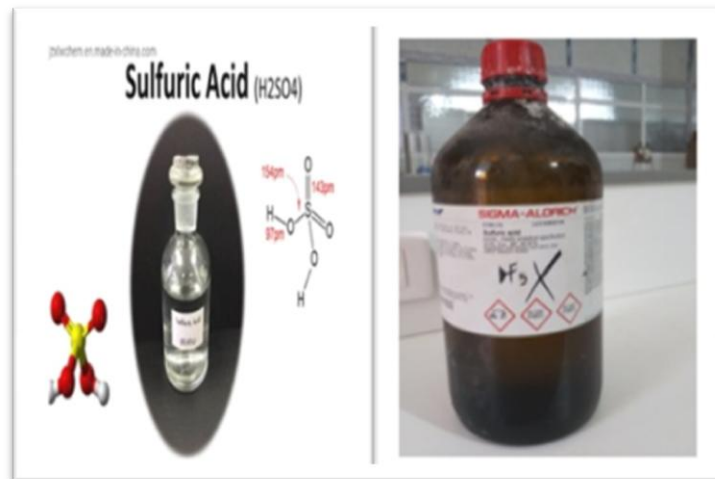
Fig. (III.18):Essai de la résistance à la compression.

III.9.Essai de Réaction chimique avec l'acide :

✚ Les étapes de l'essai :

- Nous coupons les échantillons aux dimensions de 4 x 4 x 6 cm.
- Nous avons préparons les bassins désignés pour les acides.
- Ajusté l'acide dans les proportions requises et les ai versés dans les bassins.
- Nous avons un type d'acide plus témoin (eau sèche)et mettons le même type d'échantillonsdans des bassins différents. Et chaque semaine nous pesons les échantillonset chaque 15 jour nous changeons l'acide.

✚ Le type d'acide utilisé :



Fig(III.19):Acide H₂SO₄.

- ✓ Les pourcentages utilisés sont: Acide H₂SO₄ (5%) dans 6L d'eau distillé
- ✓ Les pourcentages utilisés sont: Acide H₂SO₄(2%) dans 6 L d'eau distillée.

❖ Eau:

$$4 \times 4 \times 6 = 96 \text{ cm}^3.$$

$$96 \times 18 = 1728 \text{ cm}^3.$$

$$1728 \times 3.5 = 6000 \text{ cm}^3 = 6 \text{ L}$$

- Le volume total pour les trois solutions est 3500 cm³.

❖ Acid :H₂SO₄

✚ pourcentage 5% :

L'acide utilisé est de concentration 98 % (suivant la fiche technique):

$$98 \% \rightarrow 100 \%$$

$$05 \% \rightarrow x \%$$

$$\Rightarrow X = 5.1\%$$

$$6000 \rightarrow 100 \%$$

$$Y \rightarrow 5 \%$$

$$\Rightarrow Y = 300 \text{ gr}$$

$$05 \% \rightarrow 5.1 \%$$

$$300 \rightarrow X$$

$$\Rightarrow X = 306 \text{ gr.}$$

*Volume d'acide= 306 gr.

*Volume d'eau = 6000–306 = 5,694L

pourcentage 2%

98 % → 100 %

02 % → x %

$$\text{➤ } X = 2.04\%$$

6000 → 100 %

Y → 2 %

$$\text{➤ } Y = 120 \text{ gr.}$$

02 % → 2.04 %

120 → X

$$\text{➤ } X = 122.4 \text{ gr}$$

*Volume d'acide = 122.4 gr.

*Volume d'eau = 6000 - 122.4 = 5877.6g.



Fig. (III.20):Échantillons du mortier avant l'immerge dans les solutions acides.

Les phases de l'attaque d'échantillons :

➤ **Le premier jour: la préparation**

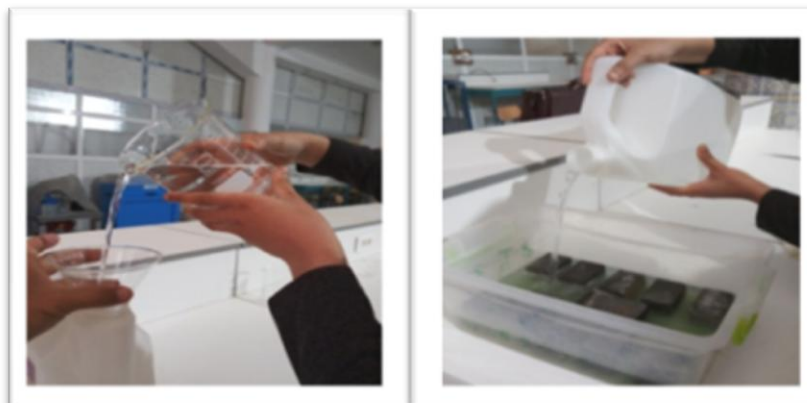


Fig. (III.21):La préparation des échantillons.

III.10. Les dégradations des échantillons :

➤ Après 7 jours:



Fig. (III.22): Échantillons du mortier avant l'immersion dans les solutions acides.

➤ Après 15 jours:

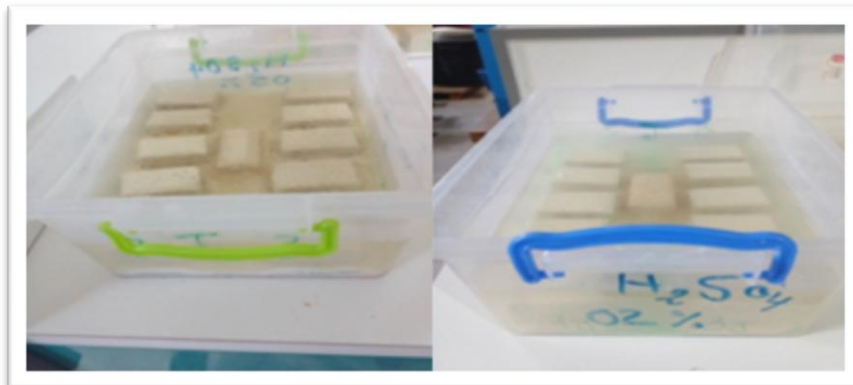


Fig. (III.23): Les échantillons après 15 jours.

➤ Après 21 jours:



Fig. (III.24): Les échantillons après 21 jours.

III.11 Le degré d'attaque



Fig. (III.25):Le degré d'attaque.

III.12. Conclusion :

Dans ce chapitre on a étudié les caractéristiques physico-mécaniques des matériaux utilisée tel que le ciment, le sable concassé, l'adjuvant, et aussi on a cité les étapes de préparation des échantillons avec les différents taux de fines ainsi que les différents essais à l'état frais tel que l'essai d'étalement et l'essai de V-funnel, et les essais à l'état durci comme la résistance à la compression et à la flexion on finalisons par les essais de durabilité.

Chapitre VI

Résultats et discussions

Chapitre VI: Résultats et discussions

VI.1 Introduction :

Ce chapitre présente les résultats des essais effectués au niveau du laboratoire LTPS et le laboratoire de Génie civil de l'Université, il se compose de deux parties, comme suit:

- La première partie présente les résultats à l'état frais (l'essai de mini cône et V-Funnel).
- La deuxième partie présente les résultats à l'état durci (les caractéristiques mécaniques (la résistance à la compression et à la flexion) et les résultats de la durabilité (l'attaque chimique après l'immersion dans l'acide sulfurique (H_2SO_4) à deux concentrations à savoir 2% et 5%.

IV.2 Les résultats des essais à l'état frais:

IV.2.1 les essais de mini cône :

(Tableau IV.1) : Résultats de Etalement au Mini cône.

Mortier Essais	Témoin	MAP 10%f	MAP 15%f	MAP 20%f	MAP 25%f	MAP 30%f
Mini-cône (mm)	250	258	244	245	241	230

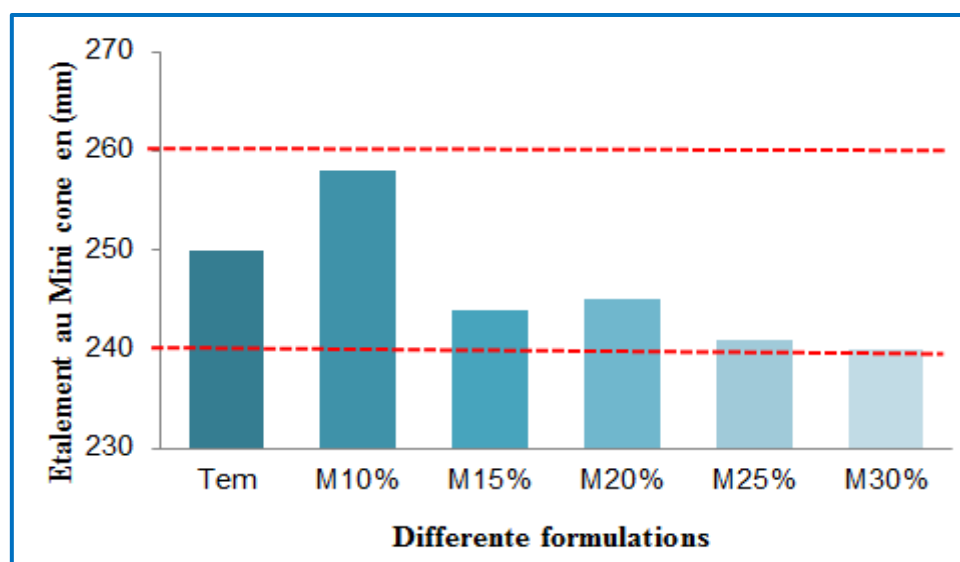


Fig. (IV.1) :Histogramme des diagrammes d'étalement au Mini cône.

D'après le tableau (IV.1) et la figure (IV.1), on remarque que le diamètre de diffusion pour les différentes formulations de mortiers produits étaient dans la période MAP spécifiée par l'EFNARC et sont entre (240 et 260) mm, L'augmentation du diamètre d'écoulement des

mortiers augmente avec l'augmentation du taux de filler (sable concassé), qui réduit les frottements entre les grains, et augmente ainsi la fluidité.

IV.2.2 les essais de V-Funnel :

(Tableau IV.2) : Résultats de Etalement au V –funnel.

Mortier Essais	Témoin	MAP 10%f	MAP 15%f	MAP 20%f	MAP 25%f	MAP 30%f
V-Funnel (s)	13	11	15	14	17	18

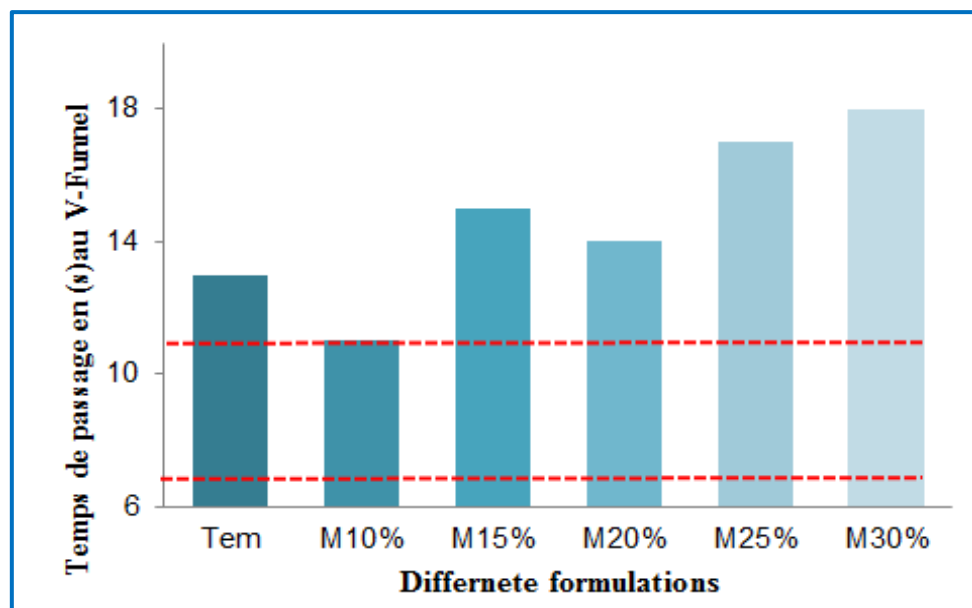


Fig. (IV.2) : Histogramme de diagramme d'étalement au V-funnel

D'après le tableau (IV.2) et la figure (IV.2), on remarque que les mesures de l'étalement utilisant l'entonnoir en V-funnel- montre tous les mortiers de différentes formulations d'écoulement supérieur à 11 seconds .C'est-à-dire que l'ajout utilisé (filler calcaire) augmente la viscosité du mortier.

IV.3 Les résultats des essais à l'état durci :

IV.3.1 la résistance mécanique des MAP à la flexion:

Tableau (IV.3) : Les résultats de la résistance à la flexion.

<i>Rf/J</i> <i>Taux de Filler</i>	Rf pour 3jours (Mpa)	Rf pour (7jours) (Mpa)	Rf pour 28 jours (Mpa)	Rf pour 56 jours (Mpa)
Témoin	2,79	3,75	4,63	5,04
10% fillers	3,94	4,53	4,93	5,11
15% fillers	3,77	4,98	5,60	5,66
20% fillers	3,65	5,27	6,08	6,38
25% fillers	3,51	5,06	5,96	6,19
30% fillers	3,67	4,89	5,85	6,06

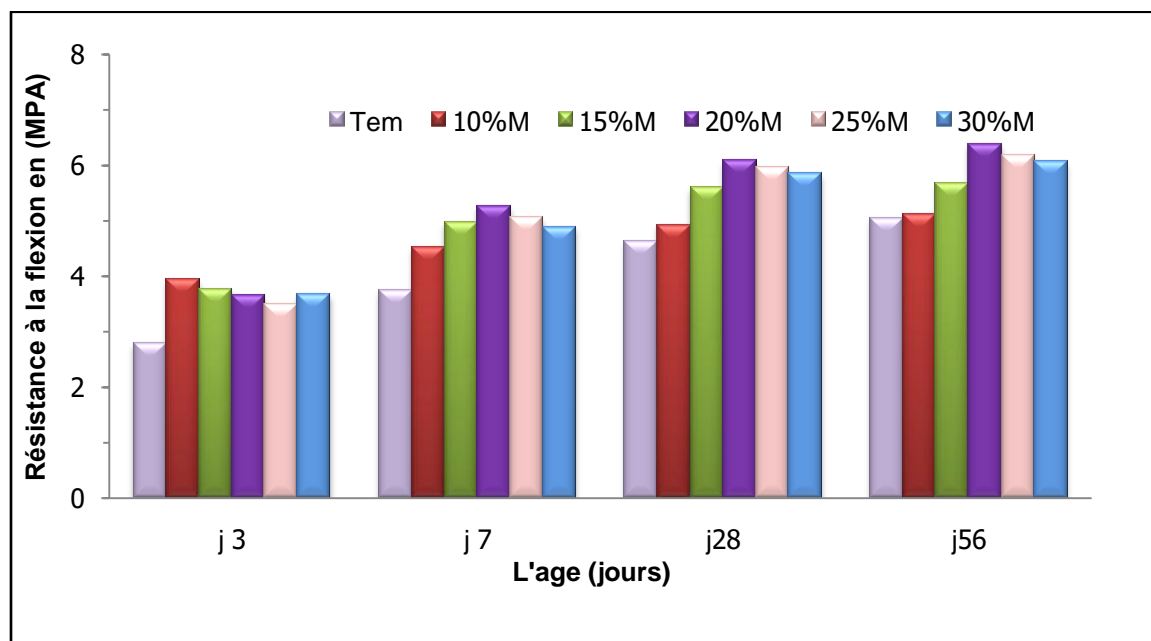


Fig. (IV.03) : Histogramme de diagramme de la résistance à la flexion.

D'après la figure IV.3 et le tableau IV.3, on remarque que :

- **Après 3 jours:** La résistance à la flexion entre les différents types de fillers utilisés en MAP montre que le MAP avec 10% fillers calcaires est le plus résistant par rapport à celle de témoin, où il a enregistré une augmentation de 41,22%.

- **Après 7 jours** : pour l'effet de fillers calcaire sur la flexion du MAP après 7jour, nous remarquons que la résistance à la flexion pour M 20%de filler calcaire est la meilleur par rapport à celle de témoin avec une augmentation de 40.53 %.
- **Après 28jours** : Après 28 jours de cure, la résistance à la flexion pour les différents types de fillers à continuer l'augmentation avec la même tendance que 7 jours et le taux d'augmentation à été de 31.32%.
- **Après 56 jours** : les mêmes résultats sont obtenus pour la durée de cure de 56 jours, la seule remarque qu'on peut l'enregistrer c'est que la résistance pour M20% a été diminuée par rapport la précédente, enregistrant une augmentation estimée de26.59%par rapport au témoin.

IV.3.2 la résistance mécanique des MAP à la compression

Tableau (IV.4) : Les résultats de la résistance à la compression.

<i>Rf/J</i> <i>Taux de Filler</i>	Rf pour 3jours (Mpa)	Rf pour (7jours) (Mpa)	Rf pour 28 jours (Mpa)	Rf pour 56 jours (Mpa)
Témoin	14 ,33	20,98	32,29	38,65
10% fillers	15,76	22,79	38,66	41,66
15% fillers	15,80	23,02	39,28	42,28
20% fillers	17,84	25,30	45,21	48,21
25% fillers	16.20	24,20	41,38	44,38
30% fillers	14,17	22,16	37,45	40,45

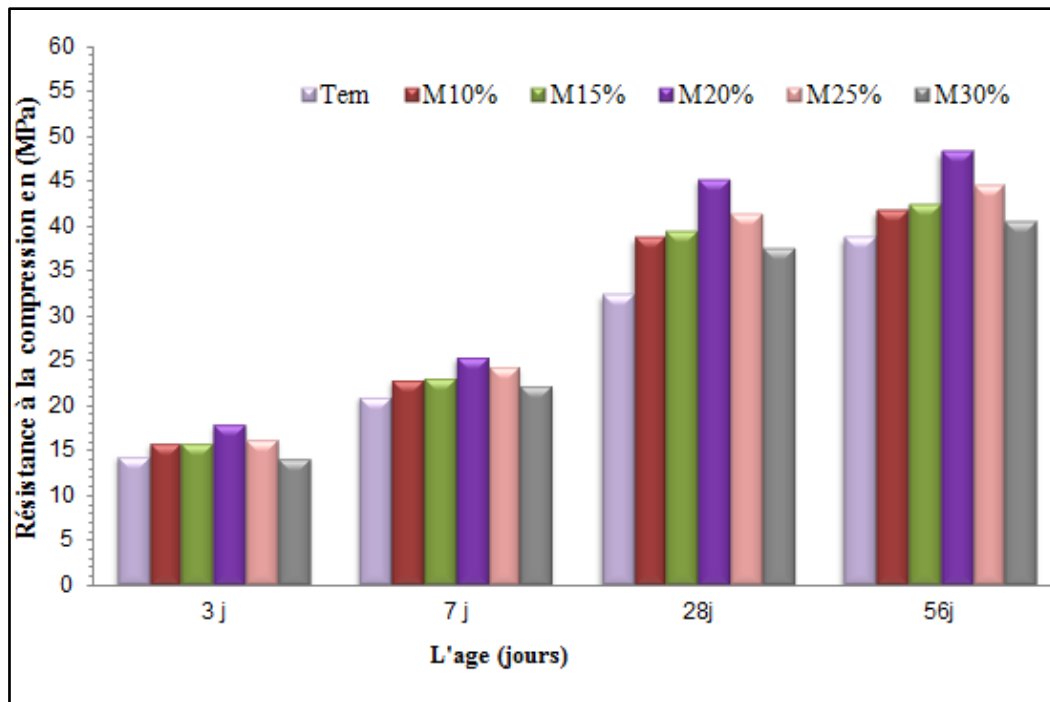


Fig. (IV.4) : Histogramme de diagramme de la résistance à la compression.

D'après la figure IV.4 et le tableau IV.4, on remarque que :

- **Après 3 jours:** La résistance à la compression entre les différents types de fillers utilisés montre que le MAP avec 20% fillers calcaires est le plus résistant par rapport à celle de témoin, où il a enregistré une augmentation de 24,49%.
- **Après 7 jours :** pour l'effet de fillers calcaire sur la résistance à la compression du MAP après 7jour, nous remarquons que le MAP avec 20% de filler calcaire est le meilleur par rapport à celle de témoin avec une augmentation de (20.59 %).
- **Après 28 jours :** Après 28 jours de cure, la résistance à la compression pour les différents types de fillers à continuer l'augmentation avec la même tendance et le taux d'augmentation estimés est(40.01%) pour le MAP 20% par rapport à celle de témoin.
- **Après 56 jours :** les mêmes résultats sont obtenus pour la durée de cure de 56 jours, la seule remarque qu'on peut l'enregistrer c'est que la résistance pour M20% a été diminuée par rapport la précédente, enregistrant une augmentation estimée de24,73%par rapport au témoin.

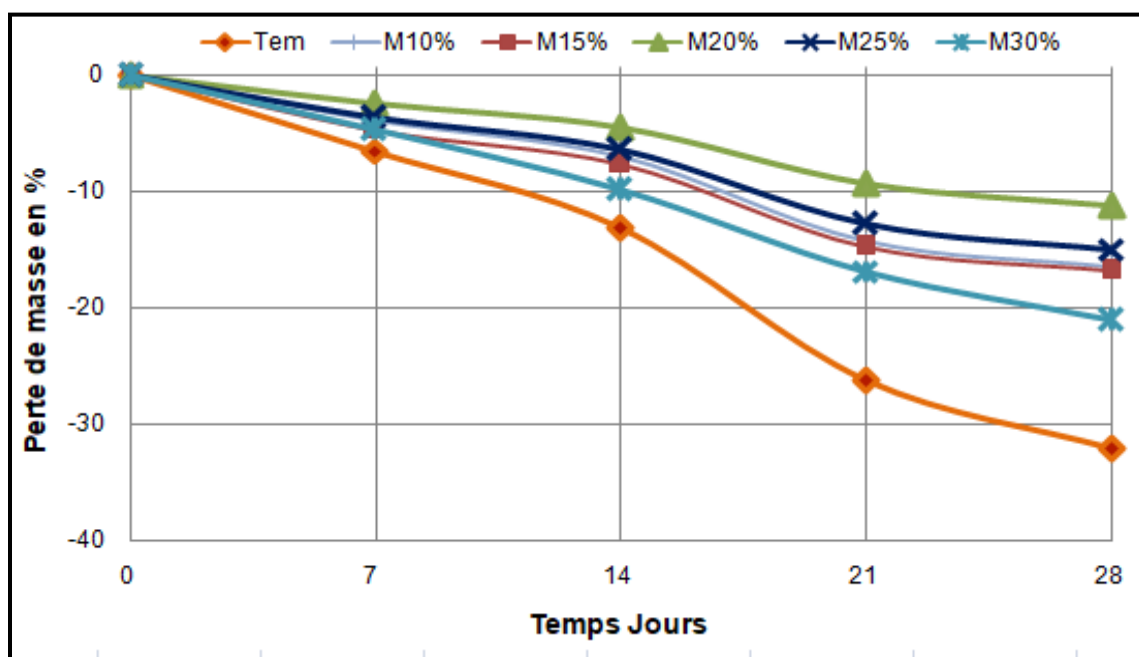
IV.4 Résultats de l'essai de variation de masse (durabilité)

IV.4.1 Variation de la masse dans la solution d'acide sulfurique :

❖ Pour pourcentage 5% d'acide sulfurique H_2SO_4 :

(Tableau IV.5) : Résultats de perte de masse dans la solution 5% d'acide sulfurique H_2SO_4 .

Pourcentage des ajouts	Perte de masse pour 7 jours (%)	Perte de masse pour 14 jours (%)	Perte de masse pour 21 jours (%)	Perte de masse pour 28 jours (%)
Témoin	6.25	13.12	26.31	32.18
10% F	3.86	7.04	14.26	16.45
15% F	4.72	7.68	14.75	16.81
20% F	2.41	4.49	9.35	11.27
25% F	3.63	6.49	12.86	14.99
30% F	4.76	9.83	16.88	21.11



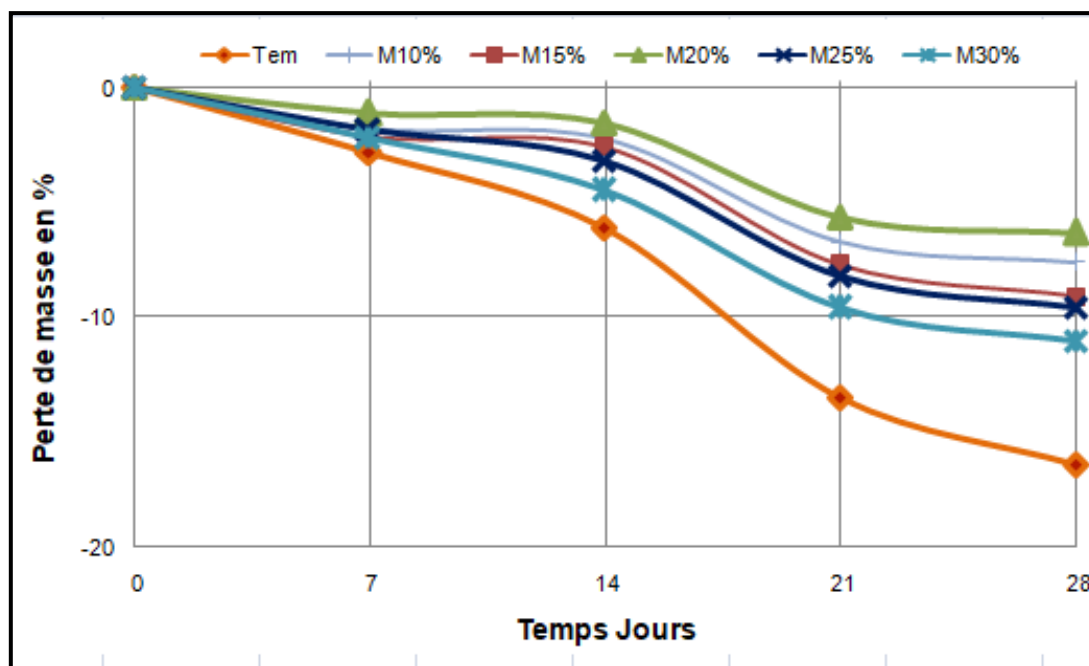
(Fig. IV.5) : Perte de masse après 28 jours d'immersion dans 5% de l'acide H_2SO_4 .

D'après la figure (IV.5) et le tableau (VI-5), on remarque que toutes les formulations de mortier étudié présentent une perte de masse, et le mortier de présent une perte de masse maximale, au contraire le mortier (20% filler) présente la une perte de masse minimale.

❖ Pour pourcentage 2% d'acide sulfurique H_2SO_4 :

Tableau (IV.6) : Résultats de perte de masse dans la solution 2% d'acide sulfurique H₂SO₄.

Pourcentage des ajouts	Perte de masse pour 7 jours (%)	Perte de masse pour 14 jours (%)	Perte de masse pour 21 jours (%)	Perte de masse pour 28 jours (%)
Témoin	2.15	6.15	13.48	16.42
10% F	1.77	2.22	6.73	7.63
15% F	2.12	2.85	7.71	9.11
20% F	1.13	1.58	5.67	6.34
25% F	1.83	3.20	8.23	9.60
30% F	2.18	4.51	9.64	11.03



(Fig. IV.6) : Perte de masse après 28 jours d'immersion dans 2% de l'acide H₂SO₄.

D'après la figure (VI-6) et le tableau (VI-6), on remarque que les pertes de masse pour tous les MAP avec les différents pourcentages de fillers ont gardé la même tendance de dégradation que la précédente mais avec moins d'effet.

VI.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'effet du filler sur la résistance à la compression et à la Flexion ainsi que sur la perte la masse (durabilité).

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que :

- Les propriétés mécaniques (Mini cône ; V funnel ; résistance à la compression ; résistance à la flexion) des mortiers testés a données des bonne résultats.
- Le dosage optimal du filler pour obtenir la force maximale est de 20% de FC, le meilleur résistant (optimal) par toutes les durées.

Il est clair que la résistance à la perméabilité aux chlorures du MAP avec du sable concassé est supérieure à celle du mortier avec du sable alluvionnaire. De plus, les mortiers MAP avec les différents taux de filler calcaire (fines) ont une meilleure résistance aux agressions des milieux d'acide sulfurique que le mélange témoin. C'est une preuve importante que l'ajout des fines à des différents taux à apporter une contribution significative à la durabilité du MAP et que le MAP avec 20% de filler a donné des résultats encourageants.

***Conclusion Générale et
Recommandations***

Conclusion Générale et Recommandations

Cette étude a été réalisée dans le but de mieux comprendre l'influence de la teneur en fines sur les performances de durabilité des MAP produit avec du sable calcaire concassé, pour cela on a effectué des essais mécanique sur le MAP à un rapport E/C constant et à taux de fillers (fines de calcaire) varier de 5 à 20 %, ces essais sont réalisées à l'état frais et durci et la durabilité.

D'après les résultats obtenus sur les différents essais nous pouvons tirer les principales conclusions suivantes :

- Tous les mélanges ont des propriétés auto plaçant satisfaisantes à l'état frais. L'ajout de Filler calcaire a eu des effets positifs sur la maniabilité. Lorsque les propriétés du MAP frais telles que l'essai de mini cône et V-Funnel, sont considérées comme un critère pour déterminer le meilleur mélange parmi MAP5%, MAP10%, MAP15%, MAP20% et M témoin, on peut dire que MAP20% est le plus approprié.
- Les résultats des propriétés durcies (Rc et Rt) des mélanges de MAP contenant différents taux de fines ont été étudiés ; tous les mélanges ont montré des différences de performances significatives et la résistance à la compression la plus élevée a été obtenue pour les mélanges MAP20%.
- En termes de perte de masse due à l'effet de l'acide H₂SO₄ à deux concentrations 2% et 5%, les mortiers contenant MAP20% de fines calcaire sont plus résistants à l'attaque par l'acide sulfurique que tous les autres mortiers tels que le témoin.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'influence de la teneur en fines sur les propriétés mécaniques et de durabilité, présente des avantages dans l'amélioration des performances mécaniques et de la durabilité des mortiers MAP. En fait, le mortier à 20% de fines calcaire est celui qui présente les meilleures performances de tous les mortiers, en termes de consistance, de résistance à la compression, de résistance à la flexion, de résistance à l'attaque par une solution d'acide sulfurique.

Recommandations :

Nous recommandons pour des futurs travaux l'étude d'étudier :

- L'effet binaire et ternaire d'autre déchets tel que : déchet de brique, déchet céramique, le bous des stations d'épuration... comme charge dans le MAP.
- L'influence des fines des déchets comme charge sur les caractéristiques mécaniques et de durabilité de MAP en utilisant d'autre ressource comme le sable des dunes...

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] SAHRI MOHAMED AMINE & ELAGOUNE MOUHAMED AKRAM, <<Caractérisation d'un liant hydraulique à base de la poudre de verre -Etat de l'art>>, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master.2019/2020
- [2] HOUICHE AMEL ET SOUCI SOUHILA,<<Etude expérimentale d'un mortier et d'un béton à base de ciment CRS (Performance, Caractérisation)>>, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master 2016/2017.
- [3] AHMED GMIRA,<<Etude texturale et thermodynamique d'hydrates modèles du ciment>>, THESE Présentée à l'université d'Orléans pour obtenir le grade de docteur.2003
- [4] SOFIANE MERABTI,<<Les étapes de la fabrication du ciment>>.2017
- [5] MR. GHOMARI FOUAD<<Cour de science des matériaux de construction>>,2005/2006.
- [6] DICTIONNAIRE ENVIRONNEMENT, ACTU-ENVIRONNEMENT.
<https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAMQw7AJahcKEwiY84fg29n-AhUAAAAAHQAAAAAQAg&url=https%3A%2F%2Fwww.actu-environnement.com%2F&psig=AOvVaw1cHTy58MgPe7amlesuss71&ust=1683222739526200>.
- [7] MEMENTO ROCHES ET MINERAUX INDUSTRIELS GYPSE ET ANHYDRITE, Etude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM juin 1993 R37722.
- [8] DAREM REKAIA,<<Substitution du filler calcaire par de la poudre de déchets de céramique et de brique dans le mortier auto plaçant : Propriétés et durabilité>>,Mémoire Master, Université Ghardaïa 2022.
- [9] HABOUL SAMIA,<<Etude de l'influence du gypse et de la pouzzolane sur les propriétés du ciment>>, Rapport de soutenance En vue de l'obtention du diplôme de Licence professionnalisant, 2017/2018.
- [10] CIMBÉTON,<<Les constituants des bétons et des mortiers>>, Tome 1, chapitre 1, Paris. Disponible sur:<http://www.infociments.fr/telecharger/CT-G10.pdf>2005.
- [11] DAHMANI SALAH,<<Effet de l'association laitier-calcaire sur les caractéristiques physico-chimique et mécaniques de ciments >>, Mémoire Master, Université MOHAMED BOUDIAF – M'sila 2016.
- [12] GUNNING.J.G, Technologie du béton : niveau 4 Longman technicien sérient constat: génie civil, Angleterre 1983.
- [13] A. KERBOUCHE, << Influence de ajouts minéraux sur les propriétés mécaniques des bétons >>, Mémoire de Magister, UST Oran 2009.
- [14] PACO DIEDERICH,<<Contribution à l'étude de l'influence des propriétés des fillers

Références Bibliographiques

Calcaires sur le comportement auto plaçant du béton>>, Thèse doctorat de l'université de Toulouse 17/12/2010.

[15] **BENYAHIA NABIL & BENKHENNOUCHE NASREDDINE**, << Etude de l'influence des fillers calcaires, rapport (eau/ ciment) et taux d'adjuvant sur la résistance mécanique d'un mortier à base d'un sable de concassage >>, Mémoire Master, Université ABDERRAHMANE Mira – Bejaia 2016.

[16] **GIBBS J.C AND ZHU W**, <<Strength of hardened self-compacting concrete>>, Proceedings of First International RILEM Symposium on Self-Compacting (PRO 7), Stockholm, Suède, pp,199-209, 13-15 septembre 1999.

[17] **KARA-ALI R**, << influence des additions minérale sur le besoin en eau et les résistances mécaniques des mélanges cimentaires >>, Thèse de doctorat de l'université de Cergy-Pontoise 2002.

[18] **DUPAIN. R, LANCHON.R, J. C. SAINT ARROMAN**, << Granulat, sols, ciments et bétons-caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire>>, (Edition castilla- 25, ruerouge-75005 parais 1995.

[19] Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton. Edition centre de recherche routière. Edité par le Centre de recherche routière. Bruxelles, 2005, Disponible Sur <http://www.brcc.be/publications/r/r7505.pdf>.

[20] **CIMBETON. LES BETONS** : formulation, fabrication et mise en œuvre, tome II. Paris, éditeur:Cimbéton. Octobre 2006.disponible sur : www.infociments.fr/télécharger/CT-G11.pdf.

[21] **GHERZOULI ABDALLAH& RAHALI LAKHDAR**, <<Etude des caractéristiques Rhéologique Et mécanique d'un mortier auto-plaçantAbase de fillers calcaire >>, Mémoire Master, Université MOHAMED BOUDIEF-M 'sila 2019.

[22] **KHARBACHE AHMED AMINE**, <<Etude physico-mécanique d'un mortier à base de granulats recyclés >>, Mémoire Master, Université MOHAMED KHIDER – Biskra 2020.

[23] **BOUNEDJEMA, Y**, << évaluation des modifications mécaniques et rhéologiques apportées par le sable de concassage aux mortiers et bétons >>,doctoral dissertation, EZZIANE Karim, HALLAL Ahmed 2017.

[24] **BEN FETTACHA MOHAMED ABDOU**, De Compacité Des Bétons Autoplaçants Aux Différents Types De Sables Soutenu Le: 04/06/2016.

[25] **YAHIAOUI KHALIL & SADKI MOHAMED**, << Propriétés de mortier auto plaçant à base des différents types des sables >>, Mémoire Master Académique, Université ZIANE Achour- Djelfa 2017.

Références Bibliographiques

- [26] **TAOUNZA MAROUA & KESSAI FELLA**, << Effet des agents agressifs sur le comportement des mortiers auto plaçant à base de marbre recyclés >>, Mémoire de Master en Génie civil, Université SAAD DAHLAB -Blida1 2020.
- [27] **GROUPE DES INGENIEURS**, << Mortiers et bétons hydraulique, matériaux de construction >>, Edition Eyrolles, Paris1997.
- [28] **RMILI A**, << Étude De Formulation Et De Comportement Des BAP : Incorporation Du Sable De Concassage Et Du Sable Du Désert>>, Thèse De Doctorat, École Nationale d'Ingénieurs De Tunis. 13 Janvier 2010.
- [29] **MR GUELLIL MUSTAPHA KHADIR**, <<Formulation des bétons autoplaçants par la méthode de lapateenexce>>, et soutenu le2012.
- [30] **ASSOCIATION FRANÇAISE DE GÉNIE CIVIL AFGC**:Groupe de Travail - Recommandations pour l'emploi es bétons autoplaçants, Documents scientifiques et techniques. 2ème Édition, Janvier 2008.
- [31] **M. YURUGI, N. SAKATA, M. IWAI & G. SAKAI**: Mix proportion for highly workable concrete, Conference Concrete 2000, Dundee. 7-9 September 1993.
- [32] **S.TANGTERMSIRIKUL, J.SAKAMOTO, T.SHINDOH & Y.H. MATSUOKA**: <<Evaluation of resistance to segregation of super workable concrete and role of a new type of viscosity agent>>, Taisei Technical Research Report. N° 24, pp 369-376. Décembre 1991.
- [33]**F.DE LARRARD, F. BOSCH, C. CATHERINE & F. DE FLORENNE**: La nouvelle méthode des coulis de l'AFREM pour la formulation des bétons à hautes performances, Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, N°202, pp61-69. Mars-Avril 1996.
- [34] **Sedran T**, << Rhéologie et rhéométrie des bétons : Application à la formulation des bétons autonivelants>>, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France, Mars 1999.
- [35] **S.KUROIWA, Y. MATSUOKA, M. HAYAKAWA & T. SHINDOH**: Application of super workable concrete to construction of a 20-story building, American Concrete Institute SP140 (High Performance Concrete in Severe Environments), Detroit, Michigan. pp 147-161,1993.
- [36] **T. SHINDOH, Y. MATSUOKA, S. TANGTERMSIRIKUL & J. SAKAMOTO**: Effect of variation of material quality on properties of super workable concrete, Transactions of Japan Concrete Institute, V 14, pp 71-78, 1992.
- [37] **OKAMURA & AL: OKAMURA H., OZAWA K., OUCHI M**, Self-compacting concrete, Structural Concrete, V 1, pp, 3-17. March 2000.
- [38] **GIHOUDA PUBLISHING CO, TOKYO**, 1993.

Références Bibliographiques

- [39] **OKAMURA.H, MAEKAWA.K, OZAWA.K**, <<High performance concrete>>, First ed. Okamura.H, Ozawa.K, "Mix design method for self-compacting concrete", Proceedings Of Japan Society of Civil Engineers, 1995.
- [40] **OKAMURA.H, OUCHI.M**, <<Self-compacting high performance concrete>>, Progres in Structural Engineering and Materials, Vol1, 1998.
- [41] **PETERSSON.O, BILLBERG.P, VAN.B.K**, <<A model for self-compacting concrete>>, Proceedings of RILEM International Conference on Production Methods and Workability of Fresh Concrete, Paisley, Ecosse, 1996.
- [42] **PETERSSON.O, BILLBERG.P**, <<Investigation on blocking of self-compacting with Different maximum aggregate size and use of viscosity agent instead of filler>>, Proceedings of the First International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Stockholm, Suède, pp. 333-344, 1999.
- [43] **BILLBERG.P**, <<Self-compacting concrete for civil engineering structures – the Swedish experience>>, Report 2: 99, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1999.
- [44] **OZAWA.K, TANGTERMSIRIKUL.S, MAEKAWA. K**, <<Role of powder materials on the filling capacity of fresh concrete>>, Proceedings of the 4th CANMET/AI Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Istanbul, Turquie, pp. 121-137, 1992.
- [45] **VAN.B.K**, <<A method for the optimum proportioning of the aggregate phase of highly durable vibration-free concrete>>, MSc thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, 1994.
- [46] **BENYAMINA S**: Performance des bétons auto plaçant à base de sable de Concassage, Thèse de doctorat, Université Saad Dahleb – Blida 2020.
- [47] **SAIDANE WERIDA & BEN SEGHIR WAHIBA**, << effet du mélange de sable de différente nature (sable concassé et sable de dune) sur les caractéristique d'un béton auto plaçant>>, Mémoire Master, Université MOHAMED Boudiaf – M'sila 2020.
- [48] www.gharpedia.com.
- [49] **MENADI, B., KENAI, S., KHATIB, J., and al.** strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand. Construction and building materials, 2009, vol. 23, no2, p. 625-633.
- [50] www.biostart.eu.

Références Bibliographiques

- [51] **MENADIAICHA &KEBILENEIMANE**; Performance du Béton auto-plaçanta base de Sable de concassage de différentes sources revue bibliographique,MémoireMaster,U- Blida Sep 2020.
- [52] **A BDELBAKI.M.M**,<< Propriétés des micros bétons légers>>,Mémoire de master Génie civil, Université Mohamed Boudiaf- M'sila2016.
- [53] **AL - BAGHDADI, H.M., AL - AMEERI, A.S.** Using Different Types of FineAggregate To Produce High Strength Concrète, Université de Babylone Magazine desSciences Appliqués 2010, vol. 2, no 18, p. 713-724.
- [54] **CABRERA,O. A., TRAVERSA, L. P., ORTEGA, N. F.** Fluidéz de morteroscementice os con arénas machacadas. Matériels de construction, 2010, vol. 60, no 300, p. 115-130.
- [55] **CARDON, D., EVRARD, H., & GARNIER, J.** prévision de la teneur en fines des sables de concassage. bulletin of the international association of engineering géology – bulletin de l'association international de géologie de l'ingénieur, 1984, vol. 29. no 1, p. 343-348.
- [56] **WESTERHOLM. M**, gram, h. e, &lagerblad, b. crushed rock as sand in concrete: theswedish experience. In: 16th annual icar symposium. Austin, USA, may 12-14, 2008 2008.
- [57] **BAUM. II. & KATZ, A.** influence of fines on concrete mixes ' national buildingresearch institute, technic israel institute of technology, 2006.
- [58] **NAOUME MOHAMED AMINE & SAYEH AISSA KHALED**,<< Effet du filler calcaire sur la durabilité de mortier autoplaçant exposé aux attaque chimiques >>, Mémoire Master , Université- Ghardaïa 2021.
- [59] **OULAD MEBAREK IMANE & BOUKHARI CHOUROUK**,<<Effets de la poudre de gravier roulé sur la durabilité de mortier auto-plaçant exposé aux attaques chimiques>>, Mémoire Master , Université- Ghardaïa 2021.
- [60] **GIBBS J.C AND ZHU, W**, Strength of handmed self-compacting concrete proceeding first international pilem symposium on self-compacting concrete (pro7) Stockholm suede, pp- 199-209 1999.
- [61] **AZRAR T**, <<Influence du PH sur les propriétés physiques-mécaniques d'un mortier auto plaçant, Matériaux en Génie Civil>> diplôme master2, Université AKLI MouhndOulhadje-Bouira 2018.
- [62] **BENACHOUR Y, DAVY CA, SKOCZYLAS F, HOUARI H**<<Effect of a high calcite filler addition upon micro structural, mechanical, shrinkage and transport properties of a mortar, cement and concrete research 38,727-736,2008.

Références Bibliographiques

[63] **ZAITRI R, BEDRINA M , DIF F, GUETAF Y**, <<Etude de l'influence des fines calcaires sur le comportement du béton formulé à base granulats recyclés>>, Rencontres Universités de Génie Civil 2015.

[64] **GHEMOUTI .Y**, <<Effet des ajouts cimentaires ultrafines sur les propriétés physico-mécaniques et la durabilité du béton>>, Mémoire de Magister, Université Boumerdes 2002.

Les normes :

[NF P15-301]:(Juin 1994) liants hydrauliques- ciments courants – composition, spécifications et critères de conformité.

[ENV197-1]:(Avril 2012) ciment- composition spécifications et critères de conformité des ciments courants (indice de classement P15-101-1).

[NF P18-508]:(Janvier 2012). Norme En vigueur. Additions pour béton hydraulique - Additions calcaires - Spécifications et critères de conformité.

[NF NE 206-1]:Béton-partie1:Spécification, performance, production et conformité.

[NF EN 12-620]: granulats pour béton.

[NF EN 13-139]:Granulats pour mortiers: Le présent document spécifie le caractéristiques des granulats et des fillers élaborés à partir de matériaux naturels, artificiels ou recyclés et de mélanges de ces granulats utilisés dans les mortiers.

LA FNARC [NRC 2005]:National Research Council of the National Academies, The National Academies Presse, Washington D.C.

[EN- 206]:La norme européenne.

[BS 882]: La norme britannique.

[NA 16002]: Béton prêt à l'emploi, classes d'exposition, constituants du béton.

[NFP 18-560]:Granulats. Analyse granulométrique par tamisage.

[NFP 18-555]:La teneur en l'eau.

[NF P 18-554]:(oct.1990). granulats- mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de teneur en eau de gravillons et cailloux.

[NF EN 933-9]:Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Partie 9 : qualification des fines - Essais au bleu de méthylène.

NF P18 438:norme européenne.

[NF P 15-471]:Résistance à la traction par flexion mortier.

ANNEXS



AWTED

CIMENT AUX PERFORMANCES ÉLEVÉES
(SUPER STRUCTURES)
NA 442-CEM II/A-L 42.5 N

CONFORMITÉ PRODUIT

NA442 : 2013 – EN 197-1 : 2012.

DESIGNATION NORMALISEE

NA 442-CEM II/A-L 42.5 N.

OUVRAGES EN MILIEUX NON AGRESSIFS

Coulage par temps chaud.

TRANSPORT DU BÉTON PRÊT À L'EMPLOI

FABRICATION

-PRODUIT 100% ALGERIEN

-Fabrication exclusive à l'usine Amouda Ciment sise à El Beida Laghouat.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

PROPRIETES CHIMIQUES

NA 5042 (EN 196-2) : S03 ≤ 3.5%

NA 5042 (EN 196-2) : chlorure ≤ 0.1%

PROPRIETES PHYSICO-MECANIKES

NA 230 (EN 196-3) : DP > 60 mn

NA 234 (EN 196-1) :

-Résistance à la compression 2 jours > 10 Mpa

-Résistance à la compression 28 jours > 42.5 Mpa

EMPLOIS ET USAGES CONFORME À VOS PROJETS

- Ouvrages en béton armé.
- Bétons autoplaçants.
- Dallages.
- sols industriels , chapes.
- Fondations.
- Travaux souterrains.
- Voiries et chaussées en béton.



NOS PRODUITS AUSSI



AL ESSES

NA 442-CEM I 42.5 N-LH/SR 5.

Ciment Résistant aux Sulffaes.



AL IMRAN

NA 442-CEM II / B-L 32.5 R.

Ciment pour les professionnels de la construction

POUR PLUS D'INFORMATION VEUILLEZ CONSULTER NOTRE SITE WEB :

www.amoudaciment.com

Email : service.clients@amoudaciment.com

Direction commerciale

Lotissement 202, Section 4, Zone d'activité Amara,
Cheraga, Alger.
Tel. : 023 305 515 Région Nord : 0655 521 235
Fax : 023 30 55 14 Région Sud : 0658 363 463



Coordonnées usine

Commune El-Beldha, Gueltet Sidi Saad,
Wilaya de LAGHOUAT
Tel. : 029 173 490 Spécialiste Qualité : 0656 403 772
Fax : 029 17 34 91



AMOUDA
CIMENT

أوتاد

إسمنت ذو كفاءة عالية،
(المنشآت الضخمة)

NA 442-CEM II/A-L 42.5 N



التطبيقات و الإستعمالات حسب مشاريعكم

- منشآت بالإسمنت المسلح.
- خرسانة ذاتية التسوية.
- التبليط.
- أرضيات صناعية، أرضيات إسمنتية.
- أساسات.
- منشآت تحت أرضية.
- أشغال الطرق والطرق الإسمنتية.

منتجاتنا الأخرى



العمران

NA 442-CEM II / B-L 32.5 R
إسمنت لمحترفي البناء



الأساس

NA 442-CEM I 42.5 N-LH/SR 5
إسمنت مقاوم للكبريتات

للمزيد من المعلومات، يرجى زيارة موقعنا على الإنترنت :

www.amoudaciment.com

البريد الإلكتروني : service.clients@amoudaciment.com

مطابقة المنتج

.NA442 : 2013 – EN 197-1 : 2012

الصفة المعيارية

.NA 442-CEM II/A-L 42.5 N

المنشآت في الأوساط غير العدوانية

الأشغال في الأجواء الحارة.

نقل الخرسانة الجاهزة للإستعمال،

الإنتاج

- منتج 100% جزائري.
- منتج حصريا في مصنع امودا للإسمنت بمنطقة البيضاء - الأغواط.

المميزات

الخصائص الكيميائية

NA 5042 (EN 196-2) : S03 ≤ 3.5%

NA 5042 (EN 196-2) : chlorure ≤ 0.1%

الخصائص الفيزيائية الميكانيكية

NA 230 (EN 196-3) : DP > 60 mm

NA 234 (EN 196-1) :

- مقاومة الضغط (يوميين) < 10 MPa

- مقاومة الضغط (28 يوم) < 42,5 MPa



المصنع :

بلدية البيضاء، قنطرة سيدي سعد
ولاية الأغواط
الهاتف : 029 173 490
مختص النوعية : 0656 403 772
الفاكس : 029 17 34 91



المديرية التجارية:

المنطقة الصناعية مجموعة ملكية رقم 202 قسم 04،
شراكة الجزائر
الهاتف : 023 305 515 المنطقة الشمالية : 0655 521 235
الفاكس : 023 30 55 14 المنطقة الجنوبية : 0658 363 463

NOTICE PRODUIT

Sika® ViscoCrete® TEMPO-12

SUPERPLASTIFIANT / HAUT RÉDUCTEUR D'EAU

**INFORMATIONS SUR LE PRODUIT**

Sika® ViscoCrete® TEMPO-12 est un superplastifiant/haut réducteur d'eau polyvalent de nouvelle génération à base de polycarboxylates.

DOMAINES D'APPLICATION

Sika® ViscoCrete® TEMPO-12 permet la fabrication de tout type de béton de consistance plastique à auto-plaçante.

- Béton autoplaçant ou autonivelant
- Béton à long maintien d'ouvrabilité sans effet retard de prise
- Béton à faible rapport E_{eff}/C
- Béton à haute ou très haute performance
- Béton pompé sur de très longues distances
- Bétonnage par temps chaud

- Béton pour ouvrages fortement ferrailés
- Chapes autonivelantes

CARACTÉRISTIQUES / AVANTAGES

De part sa formulation spécifique, Sika® ViscoCrete® TEMPO-12 est particulièrement recommandé pour les ciments à faible ou moyenne teneur en sulfates alcalins. Sa capacité à conférer un long maintien d'ouvrabilité lui permet de s'adapter facilement à des ciments faiblement demandeurs en adjuvants.

Son caractère polyvalent permet de s'adapter à tout type de matériaux et à une large gamme de ciments.

AGRÉMENTS / NORMES

Marquage CE et NF selon la norme NF EN 934-2 tab 3.1 et 3.2.

DESCRIPTION DU PRODUIT

Conditionnement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fût de 217 L ▪ CP de 1000 L ▪ Vrac
Aspect / Couleur	Liquide brun clair
Durée de Conservation	12 mois dans son emballage d'origine intact.
Conditions de Stockage	A l'abri du gel. En cas de gel accidentel, le produit retrouve ses qualités d'origine une fois dégelé lentement et réhomogénéisé.
Densité	1,060 ± 0,020
Valeur pH	5,5 ± 1,0
Extrait Sec	29,5 ± 1,4% (méthode halogène selon NF 085) 29,5 ± 1,4% (NF EN 480-8)
Teneur Totale en Ions Chlorure	≤ 0,1 %

Notice Produit
Sika® ViscoCrete® TEMPO-12
Mars 2020, Version 01.02
021301011000000110

Équivalent Oxyde de Sodium $\leq 1 \%$

RENSEIGNEMENTS SUR L'APPLICATION

Dosage Plage de dosage : 0,1 à 5,0% du poids du liant ou du ciment selon la fluidité et les performances recherchées.

INSTRUCTIONS POUR L'APPLICATION

Sika® ViscoCrete® TEMPO-12 est ajouté, soit en même temps que l'eau de gâchage, soit en différé dans le béton préalablement mouillé avec une fraction de l'eau de gâchage.

VALEURS DE BASE

Toutes les valeurs indiquées dans cette Notice Produit sont basées sur des essais effectués en laboratoire. Les valeurs effectives mesurées peuvent varier du fait de circonstances indépendantes de notre contrôle.

RESTRICTIONS LOCALES

Veillez noter que du fait de réglementations locales spécifiques, les données déclarées pour ce produit peuvent varier d'un pays à l'autre. Veuillez consulter la Notice Produit locale pour les données exactes sur le produit.

ÉCOLOGIE, SANTÉ ET SÉCURITÉ

Pour obtenir des informations et des conseils sur la manipulation, le stockage et l'élimination en toute sécurité des produits chimiques, les utilisateurs doivent consulter la fiche de données de sécurité (FDS) la plus récente contenant les données physiques, écologiques, toxicologiques et autres données relatives à la sécurité. Nos FDS sont disponibles sur www.quickfds.com et sur le site www.sika.fr

INFORMATIONS LÉGALES

Les informations, et en particulier les recommandations concernant les modalités d'application et d'utilisation finale des produits Sika sont fournies en toute bonne foi et se fondent sur la connaissance et l'expérience que Sika a acquises à ce jour de ses produits lorsqu'ils ont été convenablement stockés, manipulés et appliqués dans des conditions normales, conformément aux recommandations de Sika. En pratique, les différences entre matériaux, substrats et conditions spécifiques sur site sont telles que ces informations ou recommandations écrites, ou autre conseil donné, n'impliquent aucune garantie de qualité marchande autre que la garantie légale contre les vices cachés, ni aucune garantie de conformité à un usage particulier, ni aucune responsabilité découlant de quelque relation juridique que ce soit. L'utilisateur du produit doit vérifier par un essai sur site l'adaptation du produit à l'application et à l'objectif envisagés. Sika se réserve le droit de modifier les propriétés de ses produits. Notre responsabilité ne saurait d'aucune manière être engagée dans l'hypothèse d'une application non conforme à nos renseignements. Les droits de propriété détenus par des tiers doivent impérativement être respectés. Toutes les commandes sont soumises à nos conditions générales de vente et de livraison en vigueur. Les utilisateurs doivent impérativement consulter la version la plus récente de la Notice Produit correspondant au produit concerné, accessible sur internet ou qui leur sera remise sur demande.

SIKA FRANCE S.A.S.
84 rue Edouard Vaillant
93350 LE BOURGET
FRANCE
Tél.: 01 49 92 80 00
Fax: 01 49 92 85 88
www.sika.fr



Notice Produit
Sika® ViscoCrete® TEMPO-12
Mars 2020, Version 01.02
02130101100000110

SikaViscoCreteTEMPO-12-fr-FR-(03-2020)-1-2.pdf

