REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en Génie Civil

Thème
Influence du taux de substitution des sables naturel par des sables de démolition

---

Présenté par

SAID ATMANI IMED

BABA ALI AHMED FADHEL

Proposé et Dirigé par

Dr. ZEMIR Ismail

Promotion Juin 2023

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions ALLAH le Miséricordieux de nous avoir donné la force et la patience à achever ce travail. Sans l'aide D'ALLAH, nous n'aurions paspu terminer ce Mémoire…

Nous tenons à remercier et à exprimer nos gratitudes à notre encadreur :

Dr ZEMIR Ismail qui nous a orienté et nous a soutenu tout au long de ce travail de recherche, avec beaucoup de compétence, d'enthousiasme et de disponibilité. Qu'il trouveici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à remercier nos parents pour leur contribution, leursoutien et leur patience durant ces longues années d'études :

hadjadj moussa,youcef toumi , chahba mouna hamza

Enfin nous adressons nos sincères remerciements également à tous les enseignants du département de Génie civil option Matériaux en Génie Civil de l'université de Médéa, et à tous lesenseignants qui ont participé à notre formation.

DEDICACES

Tout d'abord je tiens à remercier **Dieu** le tout puissant de m'avoir donné la santé, la patience, la volonté et de m'avoir fourni sa bénédiction.

Je dédie ce travail aux plus proches à mon cœur.

A mes très chers parents, à qui je dois cette fierté et qui m'ont beaucoup soutenu et aidé.

Mon père **ALI** qui a été et sera toujours un exemple pour moi par ses qualités humaines, son honnêteté et sa responsabilité. Tes conseils m'ont suivi et m'ont permis d'atteindre le bout du chemin. Sois fier de moi aujourd'hui.

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, ma douce et tendre Maman **Rahal Naima**. Quoique je fasse, je ne pourrais te rendre ce que tu as fait pour moi. Si je suis arrivée là, c'est bien grâce à toi.

Merci pour votre soutien et pour amour que vous me portez, Merci de m'avoir supportée dans les moments particulièrement stressants que Dieu vous protège et vous donne longue vie.

A mes sœurs :**Siham, Iman ,Basma** , a mon frère : **wassim**

j'ai pitié de l'âme du mon cousin abdelraouf

Avec eux j'ai et je partagerai ma vie, et avec eux j'ai passé des moments agréables, ils m'ont encouragé pour réaliser mon rêve après des longues années d'étude en leurs souhaitons à toutes bonne réussite dans leur vie.

A tous mes amis qui me sont chers :**Ahmed** ,**Amine ,Abdel rahmane, Karim ,Sif el din,Mahfoud,abdou, ,fariel, nessrine,ines …….**

A tous les membres de la famille, **Said atmali , Rahal**

SAID ATMANI IMED

DEDICACE

Tout d'abord je tiens à remercier **Dieu** le tout puissant de m'avoir donné la santé, la patience, la volonté et de m'avoir fourni sa bénédiction.

Je dédie ce travail aux plus proches à mon cœur.

A mes très chers parents, à qui je dois cette fierté et qui m'ont beaucoup soutenu et aidé.

Mon père **Mohamed** qui a été et sera toujours un exemple pour moi par ses qualités humaines, son honnêteté et sa responsabilité. Tes conseils m'ont suivi et m'ont permis d'atteindre le bout du chemin. Sois fier de moi aujourd'hui.

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, ma douce et tendre ma grand-mère **Kallache Fatouma** et maman **kallache Nassima** . Quoique je fasse, je ne pourrais te rendre ce que tu as fait pour moi. Si je suis arrivée là, c'est bien grâce à toi.

Merci pour votre soutien et pour amour que vous me portez, Merci de m'avoir supportée dans les moments particulièrement stressants que Dieu vous protège et vous donne longue vie.

A mon frère : **Mohamed wail , Youcef Amir** a mes sœurs : **Amira , wissam**

Avec eux j'ai et je partagerai ma vie, et avec eux j'ai passé des moments agréables, ils m'ont encouragé pour réaliser mon rêve après des longues années d'étude en leurs souhaitons à toutes bonne réussite dans leur vie.

A tous mes amis qui me sont chers :**Imed , abderahmane , abdelwahab , houssame,hichame** , **souhil, zakaria , ……..**

A tous les membres de la famille, **Babaali , kallache**

BABA ALI AHMED FADHEL

مــلــخص :

تساهم هذه الدراسة في حماية البيئة من خلال إعادة تدوير مخلفات الأجر الأحمر. الهدف من هذا العمل هو البحث في تأثير معدل استبدال الرمل طبيعي برمل نفايات الأجر الأحمر في صناعة الملاط.

يتكون البروتوكول التجريبي من إدخال وتنوع الملدن الفائق 0.6٪ ، 0.8٪ ، 1٪ ، 1.2٪ ، 1.3٪ ، 2٪ ، 3٪ ، اعتمادًا على معدل استبدال نفايات الأجر الاحمر 10٪ ، 20٪ ، 30٪ ، 40٪ ، 50٪ ، 60٪ على التوالي. أظهرت النتائج تحسناً في الخواص الميكانيكية والفيزيائية بما في ذلك مقاومة الانضغاط وقوة الشد والمسامية وامتصاص الماء ومتانة الملاط.

الكلمات المفتاحية : الأجر الأحمر ، نفايات ، إعادة تدوير ، ملاط ، استدامة

Résumé :

Cette étude contribue dans la protection de l'environnement par recyclage des déchets de briques. L'objectif de ce travail est de rechercher l'influence du taux de substitution d'un sable naturel par des sables de déchets de briques dans la confection des mortiers.

Le protocole expérimental consiste à l'introduction et variation du superplastifiant 0.6%, 0.8%, 1%, 1.2%, 1.3%, 2%, 3%, en fonction du taux de substitution des déchets de briques 10%, 20% , 30% , 40%., 50% , 60% respectivement. Les résultats ont montré une amélioration des propriétés mécaniques et physiques dont les résistances à la compression, à la traction, porosité et absorption d'eau et durabilité des mortiers.

Mots clés : briques, déchets, recyclage, Mortier, durabilité.

ABSTRACT:

This study contributes to the protection of the environment by recycling brick waste. The objective of this work is to research the influence of the rate of substitution of natural sand by waste brick sands in the manufacture of mortars.

The experimental protocol consists of the introduction and variation of the super plasticizer 0.6%, 0.8%, 1%, 1.2%, 1.3%, 2%, 3%, depending on the substitution rate of brick waste 10%, 20%, 30 %, 40%, 50%, 60% respectively. The results showed an improvement in mechanical and physical properties including compressive strength, tensile strength, porosity and water absorption and mortar durability.

Keywords: bricks, waste, recycling, Mortar, sustainability.

TABLE DE MATIERE

TABLE DE MATIERE i
LISTES DES FIGURES vi
LISTE DES TABLEAUX viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS ix

Partie 1 : Recherche Bibliographique

Chapitre I : Les Mortiers

I.1. Introduction 5
I. 2. Composition de mortier 5
I.2.1. Sable 5
I.2.2. Liants 6
I.2.3. L'eau de gâchage 6
I.2.4. Les adjuvants 6
I.3. Classification de mortier 8
I.3.1. Leur domaine d'utilisation 8
I.3.2. La nature du liant 8
I.3.2.1. Le mortier-ciment 8
I.3.2.2. Le mortier industriel 8
I.3.2.3. Le mortier-colle ou ciment-colle 9
I.3.2.4. Le mortier bâtard 9
I.3.2.5. Mortier à base de ciment de maçonnerie 9
I.3.2.6. Le mortier de chaux 9
I.3.2.7. Le Mortier réfractaire 9
I.3.2.8. Le Mortier rapide 10
I.3.2.9. Mortier de ragréage 10

I.3.2.10. Mortier d'imperméabilisation 10
I.3.2.11. Mortier de montage 10
I.4. Caractéristique et propriété de mortier 10
I.4.1. Masse volumique apparente 10
I.4.2. Masse volumique absolue 11
I.4.3. Ouvrabilité 11
I.4.3.1. Table à secousses 12
I.4.3.2. Maniabilité du LCPC 12
I.4.3.3. Le cône 12
I.4.4. Prise 12
I.4.5. Résistances mécaniques 13
I.4.6. Retrait et gonflements 13
I.5. Préparation de Mortier 14
I.5.1. Préparation manuelle 14
I.5.2. Préparation mécanique 15
I.6. Le rôle de mortier 16
I.7. Conclusion 16

CHAPITRE II : Valorisation et recerclage de déchet

II.1. Introduction 19
II.2. Généralité sur les déchets 19
II.2.1. Définition de déchets 19
II.2.2. Différents types de déchets 20
II.2.3. LES IMPACTS DES DECHETS SUR L'ENVIRONNEMENT 21
II.2.3.1. L'impact sur la pollution du l'air (Pollution atmosphérique) 21
II.2.3.2. L'impact sur la pollution du sol 22
II.2.3.3. L'impact sur la pollution du l'eau 22
II.3. Gestion des déchets 22
II.3.1. Mode de gestion 22

II.3.1.1. Pré-Collecte 22
II.3.1.2. Collecte des Déchets 22
II.3.1.3. Transport 23
II.3.1.4. Installation: 23
II.3.1. 4.1. Stockage 23
II.3.1.4.2. Déchetteries 23
II.3.1.4.3. Centre de tri 24
II.3.1.5. Traitement et valorisation des déchets 24
II.3.1.5.1. Traitement physico chimique 24
II.3.1.5.2. Enfouissement 24
II.4. Recyclage des déchets 24
II.4.1. Historique 24
II.4.2. Définitions 25
II.4.3. La chaîne du recyclage 26
II.4.4. Technique de recyclage 27
II.4.5. Impacts du recyclage sur l'environnement 27
II.5. Les Déchets dans Génie Civil 28
II.5.1. Sources de déchets utilisés en Génie Civil 29
II.5.1.1. Déchets de construction et de démolition 29
II.5.1.1.1. Production 29
II.5.1.1.2. Répartition 30
II.5.1.2. Sous-produits de l'industrie 31
II.5.2. Recyclage des déchets de chantier 32
II.5.2.1. Déchets de construction et de démolition 33
II.5.2.1.1. Déblais de terrains naturels 33
II.5.2.1.2. Matériaux de démolition et déchets de construction 34
II.5.3 Déchets de briques 34
II.5.3.1. Introduction 34
II.5.3.2. Définition de brique 35
II.5.3.3 .Mode de fabrication 35
II.5.3.3.1. L'extraction 35
II.5.3.3.2. Façonnage 35
II.5.3.3.3. Séchage 36

II.5.3.3.4. Cuisson 36
II.5.4. Types de brique de terre cuite 37
II.5.4.1. Briques ordinaires 37
II.5.4.2. Brique pleine 37
II.5.4.3. Brique perforée 38
II.5.4.4. Briques creuses de terre cuite à perforation horizontale 38
II.5.4.5. Brique de terre cuite à perforation verticales (blocs perforés) 39
II.5.5. Propriétés et caractéristiques des briques de terre cuite 39
II.6. Valorisation des déchets de briques 41
II.6.1. Le matériaux brique 41
II.6.1.1. La brique et le respect de l'environnement 41
II.6.2. Déchets de briques 42
II.6.3. Recyclage des déchets de brique 42
II.6.3.1. Principaux critères environnementaux pour la réutilisation des déchets 42
II.6.3.2. Différents technique pour l'utilisation de la brique recyclé 43
II.7. Conclusion 43

Parti 2 : Etude expérimentale

CHAPITRE III : Matériaux et essai

III.1. Introduction 44
III.2. Caractérisation des matériaux utilisés 44
III.2.1. Ciment 44
III.2.2. Sable 46
III.2.3 Eau de gâchage 47
III.2.4 Super plastifiant 47
III.2.5. Déchets de briques 47
III.2.5.1 Essais sur les déchets brique recyclés 49
III.3. La formulation du mortier 50

III.3.1. Mortier normal (Témoin) 50
III.3.2. Mortier renforcé 50
III.4. TECHNIQUES EXPERIMENTALES 51
III.4.1. Séquence de malaxage du mortier 51
III.4.2. Mortier à base de déchet de brique 51
III.4.3. Préparation et Conservation des Eprouvettes 52
III.4.4. Démoulage et conservation des éprouvettes 53
III.5. Les essais sur les mortiers 54
III.5.1. Etat frais 54
III.5.1.1. Maniabilité (NF P18-452et NF P18-437 54
III.5.1.1. 1. Essai LCPC (NF P18-452) 54
III.5.2. Etat durci : 55
III.5.2.1.Résistance à la traction par flexion 55
III.5.2.2 Résistance à la compression 56
III.5.2.3. Absorption d'eau par capillarité 56
III.5.2.4 Essai de Porosité 57
III.5.2.4.1. Imbibition des éprouvettes 57
III.5.2.4 .2. Détermination de la masse des éprouvettes immergées 58
III.5.2.4.3. Pesé dans l'air 58
III.5.2.4.4. Détermination de la masse du corps d'épreuve 58
.III.6. Conclusion 59

CHAPITRE IV : Analyses &Interprétations

IV.1. Introduction 61
IV.2 Première étape 62
IV.2 .1 L'effet sur les propriétés rhéologiques 62
IV.2.1.1. l'essai de maniabilimètre LCPC 62
IV.2.2 L'effet sur les propriétés mécaniques 63
IV.2.2.1 La résistance à la compression 63

IV.2.2.2 Résistance à la traction par flexion 64
IV.2.3 L'effet sur les propriétés physiques 65
IV.2.3.1 La porosité accessible à l'eau 65
IV.2.3.2 Evolution de la résistance de compression en fonction de la porosité 66
IV.2.3.3. L'absorption d'eau par capillarité 67
IV.3 Deuxième étape 68
IV.3.1. L'effet sur les propriétés rhéologiques 68
IV.3.2. L'effet sur les propriétés mécaniques 69
IV.3.2.1. Resistance à la compression 69
IV.3.2.2. Resistance à la traction par flexion 70
IV.3.3 L'effet sur les propriétés physiques 71
IV.3.3.1. La porosité accessible à l'eau 71
IV.3.3.2. Variation de la porosité sur la résistance de compression à 28j 71
IV.3.3.3. Absorption d'eau par capillarité 72
IV.4. Conclusion 73

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGARAPHIQUES

ANNEXES

LISTES DES FIGURES

Chapitre I : Les Mortiers

Figure I.1 Les constituants de mortier 8
Figure I .2 Table à secousses. 11
Figure I.3 Le maniabilimètre 12
Figure I.4 Appareil de Vicat manuel 13
Figure I.5 appareil Réfractomètre digital 14

Figure I.6 Préparation de mortier manuelle 16
Figure I .7 Malaxage du mortier par bétonnière 16

CHAPITRE II : Valorisation et recerclage de déchet

Figure II.1 Recyclage des déchets 27
Figure II.2 Répartition des déchets par Secteurs Sources 29
Figure II.3 Répartition des Quantités de Déchets de Chantiers ou deDémolition par Type 31
Figure II.5 Brique pleine 38
Figure II .6 Briques perforées 39
Figure II.7 Briques creuses de terre cuite à perforation horizontale 39
Figure II.8 Briques creuses de terre cuite à perforation verticale type G 40

Parti 2 : Etude expérimentale

CHAPITRE III : Matériaux et essai

Figure III. 1. Ciment utilisé 46
Figure III. 2. Courbe granulométrique de sable corrigé 47
Figure III.3 Déchet de brique 48
Figure III.4. Protocole de concassage des déchets de briques 49
Figure III.5. Courbe granulométrique de brique 50
Figure III.6. Séquence de malaxage du mortier ordinaire 51
Figure III .7. Malaxeur à mortier 52
Figure III .8. Moulage et conservation des d'éprouvettes prismatiques 53
Figure III.9. Éprouvettes après décoffrage 54
Figure III.10. Protocole de l'essai LCPC 55
Figure III.11. Essai de traction par flexion sur mortier 56
Figure III.12. Essai de compression sur mortier 57
Figure III.13. Essai d'absorption d'eau par capillarité sur mortier 58
Figure III.14. Imbibition des éprouvettes 58

Figure III.15. Essai de porosité sur mortier 60

CHAPITRE IV
Analyses &Interprétations

Figure. IV.1. Temps d'écoulement en fonction de substitution du sable par 62
déchet de briques (E/C=0.5 et SP=0.6%)..... 62
Figure. IV . 2 Variation de la résistance à la compression des mortiers 63
à base de déchet de brique..... 63
Figure IV. 3. Variation de la résistance à la traction par flexion des mortiers..... 64
à base de déchet de brique..... 64
Figure. IV.4. Evolution de la porosité des mortiers à base de déchet de brique..... 65
Figure. IV.5. Evolution de la résistance de compression en fonction de la porosité..... 66
Figure IV.6 Absorption capillaire pour les mortiers de sable de brique 67
Figure IV.7. Variation de la résistance à la compression des mortiers composés..... 70
Figure IV.8. Variation de la résistance à la traction des mortiers composés 71
Figure. V.9. la variation de la porosité d'un mortier de sable de brique..... 72
Figure IV.10. Variation de la porosité sur la résistance de compression à 28j..... 72
Figure. IV.11 Absorption d'eau par capillarité des mortiers à base de déchets de brique.…..73

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Les Mortiers

Tableau I.1 Dosage des mortiers 14

CHAPITRE II : Valorisation et recerclage de déchet

Tableau II. 1. Répartition de la Production des déchets de Chantier au Pays-Bas 30
(en Milliers de Tonnes) 30
Tableau II.2. Propriétés des briques pleines et perforées 40
Tableau II.3. Propriétés des briques creuses 40
Tableau II.4. Les résistances thermiques des briques pleines, perforées et Creuses 41

Parti 2 : Etude expérimentale

CHAPITRE III : Matériaux et essai

Tableau III.1. Caractéristiques techniques de ciment CEM I 42.5 R 45
Tableau III. 2. Propriétés physiques du Sable utilisés 46
Tableau III.3. Caractéristiques du super plastifiant Sika ViscoCrete Tempo-10 47
Tableau III. 4. Propriétés physiques de déchet de Briques 49
Tableau III.5. Composition des différents mortiers réalisés 50

CHAPITRE IV
Analyses &Interprétations

Tableau IV.1. Besoin en adjuvant des mortiers de déchet de brique 67

Tableau IV.2. Compositions des mortiers de déchets de brique en fonction du pourcentage du super plastifiant 68

LISTE DES ABRÉVIATIONS

M : Mortier

MT : Mortier témoin

M10% à M60% : taux de Substitution de déchets de briques

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

E/C : Rapport eau sur ciment

CEM I 42,5R : ciment Portland à pris rapide

NE: Norme Européenne

NF : Norme française

Rtf : La résistance a la traction par flexion

Rc : La résistance a compression

fc : Résistance souhaitée du béton a 28jours

NA : Norme Algérienne

Introduction générale

1. Contexte :

En Algérie, des millions de tonnes de granulats sont consommés dans le domaine de la construction et des travaux publics. Cette consommation est particulièrement importante dans les grands travaux publics, les infrastructures et les réseaux routiers de toute sorte. Cependant, lorsqu'il est mal géré, le mortier peut devenir un déchet problématique, contribuant à la pollution de l'environnement. [1]

Il est donc essentiel de mettre en place des politiques et des pratiques efficaces de gestion des déchets de construction. Cela comprend la mise en œuvre de méthodes de tri, de collecte sélective et de recyclage, ainsi que la sensibilisation des acteurs du secteur de la construction à l'importance de réduire, réutiliser et recycler les matériaux de construction autant que possible. Parmi ces derniers, la brique rouge qui peut être broyée et utilisés comme une addition cimentaire pour la fabrication du mortier.

L'utilisation de déchets de brique dans le mortier présente plusieurs avantages. Tout d'abord, cela réduit la quantité de déchets de construction envoyés dans les décharges, ce qui contribue à la préservation de l'environnement. De plus, cela permet d'économiser les ressources naturelles qui seraient autrement nécessaires pour produire les matériaux de construction traditionnels. En utilisant des déchets de brique, on donne une seconde vie à ces matériaux et on réduit la demande de nouvelles briques [2].

Le mortier à base de déchets de brique peut également offrir de bonnes performances mécaniques. Les briques étant déjà des matériaux résistants et durables, leur incorporation dans le mortier peut améliorer la résistance et la stabilité de la structure. De plus, en fonction de la composition du mortier, il est possible d'ajuster ses propriétés pour répondre à des exigences spécifiques telles que l'isolation thermique, la résistance aux intempéries, etc

Le taux de substitution des sables de carrière par des déchets de brique dans le mortier peut avoir plusieurs influences sur les propriétés et les performances du matériau. Voici quelques-unes des influences possibles [3] :

- Résistance mécanique
- Adhérence
- Durabilité

- Caractéristiques physiques
- Aspect esthétique

2. Objectif et intérêt scientifique du sujet :

L'objectif de l'étude consiste à rechercher l'influence du taux de substitution de sable naturel dans la confection des mortiers par des sables de déchets de briques dans le mélange. L'étude du nouveau mortier consiste à tester les propriétés à l'état frais et à l'état durci. Cela permet d'évaluer différentes caractéristiques clés du mortier.

3. Structure de mémoire

Le travail est divisé en quatre chapitres :

Chapitre I : Une revue bibliographique sur les mortiers.

Chapitre II : Valorisation et recyclage de déchet pour contribuer à la protection de l'environnement.

Chapitre III : Consiste à étudier les différentes caractéristiques des matériaux utilisés dans cette étude et le protocole des essais.

Chapitre IV est consacrée à l'étude expérimentale avec une analyse et discussion des résultats des différents essais réalisés.

En fin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale qui recouvrera les principaux résultats dégagés et perspectives envisageables pour futur travaux proposées dans ce cadre.

.

Recherche Bibliographique

Chapitre I : Les Mortiers

I.1 Introduction :

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

Des compositions multiples de mortiers peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables ; leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement. [4] Les mortiers peuvent être :

Préparés sur le chantier en dosant et en mélangeant les différents constituants y compris les adjuvants.

Préparés sur le chantier à partir de mortiers industriels secs préposés et avant l'utilisation, il suffit d'ajouter la quantité d'eau nécessaire.

Livrés par une centrale : ce sont des mortiers prêts à l'emploi, dont les dernières années, les mortiers retardés stabilisés, ont un temps d'emploi supérieur à 24 heures.

Les mortiers industriels se sont beaucoup développés ces dernières années, permettant d'éviter le stockage et le mélange des constituants sur des chantiers parfois exigus et difficiles d'accès : rénovation, travaux souterrains. [5]

I. 2 Composition de mortier

I.2.1 Sable :

C'est une matière minérale siliceuse ou calcaire qui se présente dans le sol sous la forme de grains ou de poudre, suivant qu'il s'agit de sable grossier ou de sable fin. Les sables proviennent de la désagrégation des roches qui constituent l'écorce terrestre ; suivant leur composition, ils sont blancs, jaunes, gris ou rougeâtres. On peut encore classer les sables d'après leur origine et distinguer les sables de carrière, les sables de mer .

Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important : Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le

cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide. [6]

I.2.2 Liants :

Le liant hydraulique est un matériau finement broyé qui réagit avec l'eau pour former une pâte sous l'eau et durcit, ce dernier est à base de silicate et d'aluminate, et de la chaux obtenue par la cuisson [7]

En général, on peut utiliser :

- Les ciments normalisés (gris ou blanc).
- Les ciments spéciaux (alumineux fondu, prompt,...).
- Les liants à maçonner.
- Les chaux hydrauliques naturelles**.**

I.2.3 L'eau de gâchage

L'eau joue un rôle important, elle sert à hydrater le ciment, elle facilite aussi la mise en œuvre du béton ou du mortier, ainsi elle contribue à son ouvrabilité. L'eau doit être propre et ne pas contenir d'impuretés nuisibles (matières organiques, alcalis). Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers sont précisées dans la norme NA-442.

Les mortiers devraient contenir la quantité d'eau maximale compatible avec une ouvrabilité optimale. [8]

I.2.4 Les adjuvants :

Les matériaux cimentaires sont actuellement les matériaux les plus utilisés dans le monde [9]. Environ 25 milliards de tonnes de béton sont fabriquées chaque année. En France, 3,5 millions de tonnes de mortiers sont utilisées annuellement [10]. Avec le temps, ces matériaux subissent l'effet de divers facteurs comme le CO2 atmosphérique, soleil, cycles de gel/dégel, vent... [11]. Les matériaux cimentaires sont également sensibles à la colonisation biologique, qui provoque divers problèmes : esthétique, sanitaires… [12].

En outre, les micro-organismes tels que les bactéries, algues, lichens ou mousses peuvent conduire à la biodégradation ou la bio détérioration des matériaux cimentaires [13]. La plupart des bétons et mortier sont adjuvants afin d'optimiser leur performances d'ouvrabilité,

mécaniques et de durabilité. L'utilisation d'adjuvants peut permettre d'améliorer certaines propriétés dans le volume (porosité…), ou au niveau de la surface (rugosité, composition chimique…) des matériaux cimentaires [14].

Sont additionnés en faible quantité (0,5 litre pour 35 kg de ciment utilisé) dans le mélange eau, sable et liant.

Les différents types d'adjuvants que nous pouvons rencontrer sont :

- Les plastifiants qui permettent d'accroître l'homogénéité et l'élasticité du mortier.
- Les fluidifiants qui favorisent l'humidification des grains de ciment.
- Les colorants qui changent radicalement la couleur du mortier selon vos préférences.
- Les entraîneurs d'air qui permettent d'augmenter la résistance au gel, aux intempéries et aux eaux agressives.
- Les accélérateurs de prise qui entraînent l'hydratation rapide des grains de ciment. ils sont à utiliser en temps froid pour accélérer la prise et assurer le durcissement complet du mortier.
- Les retardateurs de prise ayant l'effet contraire que l'accélérateur de prise. Ils sont à utiliser durant les temps exceptionnellement chauds et secs. Notons que l'ajout d'adjuvant lors de la fabrication du mortier n'est pas indispensable [15].

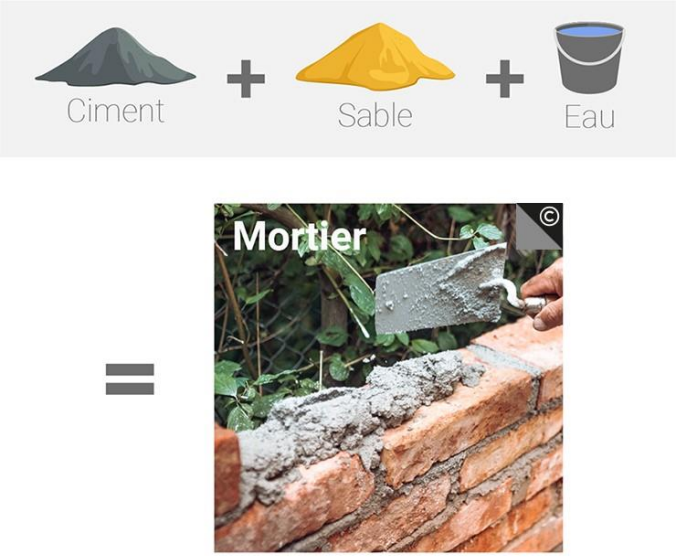


Figure I.1 : Les constituants de mortier [5]

I.3 Classification de mortier :

I.3.1 Leur domaine d'utilisation

Les mortiers peuvent être appliqués comme :

- mortiers composites (différents liants mélangés entre eux, par exemple du ciment et chaux)
- maçonnerie
- plâtrage
- enduit
- pavage
- travaux de réparation
- étanchéité
- chapes
- scellements et les calages [16]

I.3.2 La nature du liant :

On peut classer les mortiers selon la nature du liant :

I.3.2.1 Le mortier-ciment :

Ce matériau sera utile pour toutes les constructions classiques (murs, chapes, etc.), qui ne nécessitent pas l'usage d'un mortier spécifique. L'avantage du ciment est qu'il profite d'une excellente résistance à la compression. Il durcit également plus vite que la plupart des autres solutions. Les dosages courants sont de l'ordre de : 300 à 400 kg de ciment pour $1m^3$ de sable, et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus un dosage en ciment insuffisant les rend pratiquement imperméables. [17]

I.3.2.2 Le mortier industriel :

Mortiers industriels peut être divisé en mortier sec en silos, sec mortier en sacs et mortier humide en fonction de leur mode d'approvisionnement. Selon leur utilisation dans le bâtiment et la construction, fabrication, mortier industriel (fabriqué en usine type) est dosé et mélangé en usine ; le produit peut être sec, qui est prêt à l'emploi uniquement nécessitant l'ajout d'eau, et humide, ce qui est fourni prêt à l'emploi [16]

I.3.2.3 Le mortier-colle ou ciment-colle :

Il s'agit, comme son nom l'indique, d'un mortier adhésif, qui permet de coller un revêtement contre un mur ou un sol. Ce matériau est utilisé pour coller des plaquettes de parement, des carrelages muraux ou au sol, ou encore des dalles. Selon le mortier-colle choisi, l'utilisation peut se faire en intérieur et/ou en extérieur. [17]

I.3.2.4 Le mortier bâtard :

Le mortier dit "bâtard" est un mortier qui utilise à la fois deux types de liants différents (ciment + chaux ou deux ciments différents), généralement, à parts égales. Un mortier bâtard (à base de chaux) permet de tirer parti des avantages des deux liants. Plus adhérent et plastique que le ciment pur, il résiste mieux à la fissuration : le bon compromis pour la brique de terre cuite, la pierre mi-tendre. [17]

I.3.2.5 Mortier à base de ciment de maçonnerie :

C'est un produit déposé contenant du ciment portland et un filler minéral inerte (calcaire) et des adjuvants tels que des agents mouillants, des agents hydrofuges et des entraîneurs d'air, les adjuvants donnent la plasticité et le pouvoir de rétention d'eau que confère la chaux aux mortiers du ciment. Certains ciments de maçonnerie sont des mélanges de ciment portland et de chaux hydratée, avec des adjuvants [18]

I.3.2.6 Le mortier de chaux :

La chaux est l'un des liants les plus utilisés dans les anciennes constructions. À tel point que ' on utilise encore fréquemment des mortiers à la chaux. Il faut dire que ce type de mortier permet au mur de mieux respirer et dispose également de capacités hydrofuges (idéales pour les pièces humides). L'usage de chaux dans un mortier permet généralement une application plus facile, grâce à un temps de séchage un peu plus long. Ces mortiers sont cependant plus complexes à doser que le ciment. [17]

I.3.2.7 Le Mortier réfractaire :

Il est fabriqué avec du ciment fondu, qui résiste à des températures élevées. Il est utilisé pour la construction des cheminées et barbecues [18]

I.3.2.8 Le Mortier rapide :

Il est fabriqué avec du ciment prompt, il est rapide et résistant pour les scellements[18].

I.3.2.9 Mortier de ragréage :

Le mortier de ragréage est obtenu à partir d'un mélange de sable, ciment et eau auquel ,ou un adjuvant hydrofuge. Il sert à la finition et peut être employé pour du ragréage sol intérieur comme extérieur .[19].

I.3.2.10 Mortier d'imperméabilisation :

Les mortiers d'imperméabilisation sont utilisés dans le cadre de travaux situés dans des lieux humides comme la salle de bain, les abords de piscine. Ils ont une plus grande résistance l'humidité. Ils sont aussi utilisés pour tous les travaux de cuvelage, fondation et bassins. [20].

I.3.2.11 Mortier de montage :

Le mortier de montage se fabrique en mélangeant du sable, du ciment et de l'eau. Pour monter un mur et assembler des blocs de béton entre eux, c'est le mortier de montage qui est utilisé car il est d'une grande résistance et d'une prise rapide, Le sable à utiliser doit être plutôt fin : partir sur du 0/1 ou du 0/4. [20] .

I.4 Caractéristique et propriété de mortier :

I.4.1 Masse volumique apparente :

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel (y compris les vides et les capillaires). Elle est exprimée en (g/cm^3, kg/m^3 ou t/m^3) [21].

I.4.2 Masse volumique absolue :

C'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de matière seule sans tenir compte les vides et les pores). Elle est exprimée en (g/cm^3, kg/m^3 out/m^3) [21].

I.4.3 Ouvrabilité :

L'ouvrabilité d'un mortier se mesure à l'aide de divers appareils. Les plus connus sont :

I.4.3.1 Table à secousses :

Après le démoulage du mortier, ce dernier reçoit 15 chocs en 15 secondes. On mesure le diamètre de la galette ainsi obtenue. L'étalement en % est donné par la formule

$$E\% = 100\ \frac{D_r - D_i}{D_i}$$

Avec :

Dr : diamètre final

Di : diamètre initial

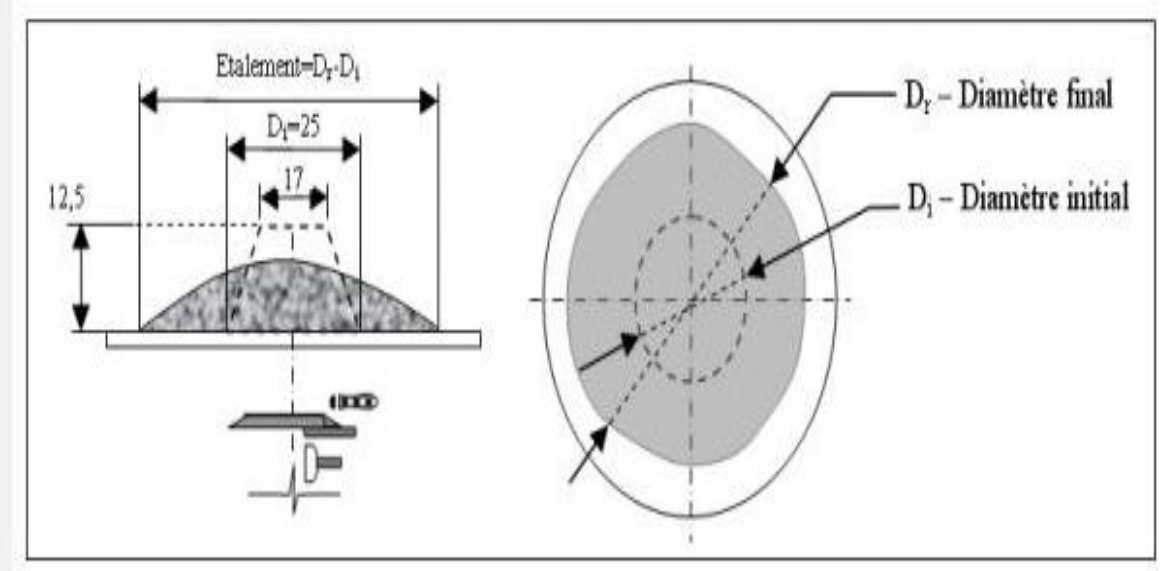


Figure I .2. Table à secousses. [24]

I.4.3.2 Maniabilité du LCPC :

Il est constitué d'un moule parallélépipédique comportant une paroi mobile et un vibrateur. Le principe de l'essai consiste, après avoir enlevé la paroi mobile, à mesurer le temps mis par le mortier sous vibrations pour atteindre un repère gravé sur la face intérieure du moule.

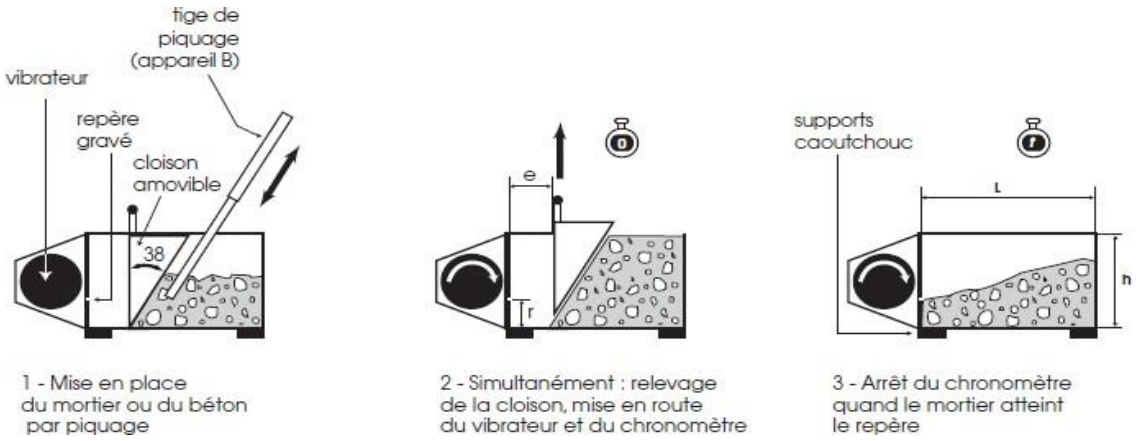


Figure I.3. Le maniabilimètre [27]

I.4.3.3 Le cône :

Dans le cas d'un mortier fluide, on peut mesurer le temps d'écoulement d'une certaine quantité de mortier au travers d'un ajustage calibré situé à la partie inférieure d'un cône. Le Cône peut aussi être muni d'un vibrateur. [21]

I.4.4 Prise :

Le temps de prise se mesure habituellement sur une pâte pure de ciment de consistance Normale (24 à30% d'eau) et conformément à la norme concernée (à l'aide de l'appareil de Vicat).

Il est possible d'obtenir (hors norme) le temps de prise d'un mortier avec le même appareillage mais en plaçant une surcharge de 700 grammes sur le plateau supérieur. Le poids de l'aiguille pénétrant dans le mortier est de 1000 grammes.

Le début de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du fond (taille des plus gros grains de sable) et la fin de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du niveau supérieur. [21]

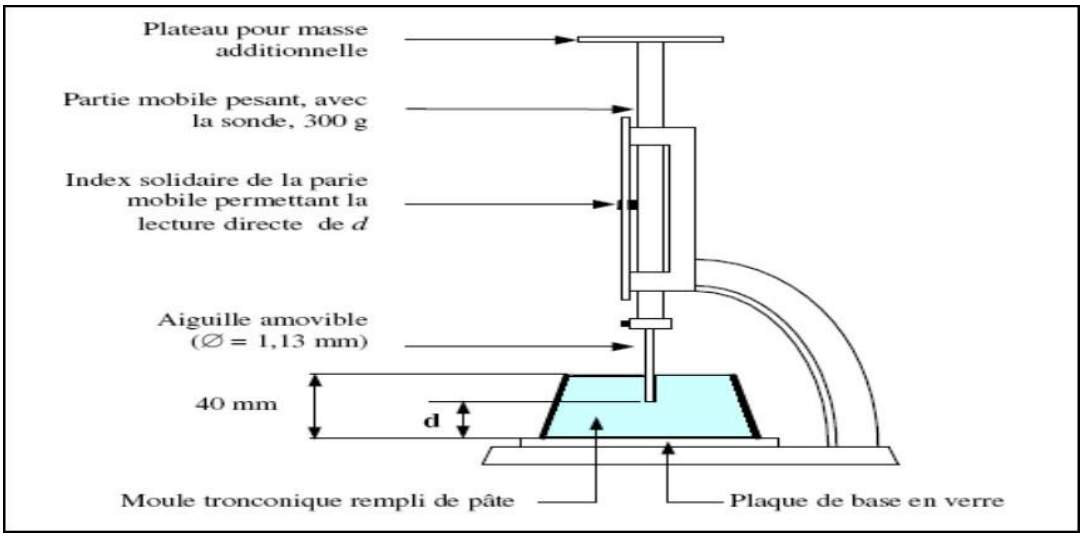


Figure I.4. Appareil de Vicat manuel [17]

I.4.5 Résistances mécaniques :

Les essais sont souvent effectués sur les éprouvettes prismatiques de 4x4x16 cm conservés dans l'eau à 20 °C. Les éprouvettes sont rompues en traction par flexion puis en compression.

Les résistances, aussi bien en traction par flexion qu'en compression, progressent à peu près comme logarithme du temps (entre 1 et 28 jours).

Les résistances des mortiers dépendent de très nombreux facteurs :

- Nature et dosage en ciment.
- Rapport E/C.
- Granulométrie et nature du sable.
- Energie de malaxage et mise en œuvre.
- Protection des premiers jours [21].

I.4.6 Retrait et gonflements :

Le mortier prend son retrait plus rapidement que la pâte pure. Le rapport du retrait de la pâte pure sur le retrait du mortier croît avec le temps. Il est de l'ordre de 1,5 à 2,5 les premiers jours, puis augmente pour atteindre 2,5 à 3,5 en un an. En moyenne, le retrait sur mortier est 2 à 3 fois plus faible que celui de la pâte pure (avec le même ciment).

Le gonflement des mortiers sont en généralisez faibles Il s'agit d'évaluer le retrait, ou le gonflement, que provoque le ciment étudie sur des éprouvette de mortier normal. On compare, à différents temps t, la variation de la longueur d'une éprouvette 4x4x16, par rapport à sa longueur à un temps t0 pris pour origine. [22]

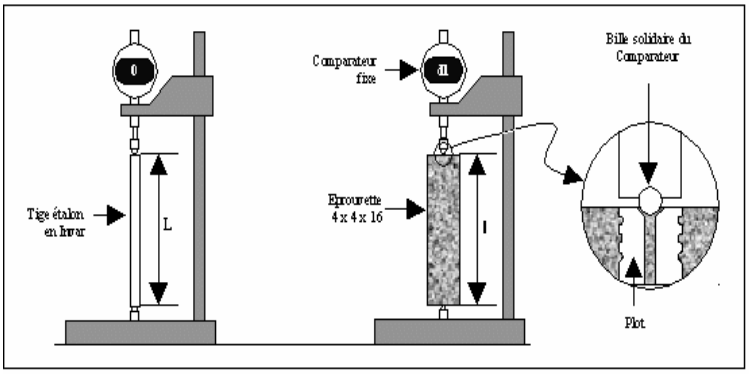


FIGURE I.5. APPAREIL REFRACTOMETRE DIGITAL [25]

I.5 Préparation de Mortier

Le mortier normalisé est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques des ciments et notamment la résistance à la compression. Ce mortier est réalisé conformément à la norme EN 196-1. Le mortier normal est le mélange d'éléments secs 1 : 3 avec un rapport E/C = 0,5.

Tableau I.1 : Dosage des mortiers

Sable **(g)**	Ciment **(g)**	Eau **(g)**
1350	**450**	**225**

I.5.1 Préparation manuelle :

- Prévoir une surface de gâchage plate et assez grande, balayer cette aire de gâchage au balai de chantier, elle doit être propre et surtout sans débris végétaux.
- Installer la bétonnière ou le seau de maçon à proximité des produits.
- Prévoir un tuyau d'alimentation en eau muni d'un robinet d'arrêt.
- Déposer sur l'aire prévue à cet effet la quantité du sable.
- Verser le ciment (ou la chaux) sur le sable.

- Commencer à mélanger à la pelle le sable et le ciment. Afin d'obtenir un bon mélange, déplacer le tas deux ou trois fois. Le mélange doit être de couleur homogène.
- Creuser le tas en cratère et verser 2/3 de l'eau prévue.
- Faire tomber peu à peu les bords du cratère dans l'eau pour humidifier le mélange.
- Mélanger le tas afin de répartir l'eau. Pour homogénéiser le mélange, le déplacer deux ou trois fois comme pour le mélange à sec.
- Couper le dessus du tas du mortier avec la pelle. S'il ne se forme pas de boudins, ajouter un peu d'eau et mélanger à nouveau.
- Le mortier est correctement humidifié lorsqu'on passe le plat de la pelle dessus, il se lisse et l'eau remonte en surface. [17]



Figure I.6. Préparation de mortier manuelle [26]

I.5.2 Préparation mécanique

La fabrication des mortiers se fait à l'aide des engins appelés bétonnières. Avec certains modèles, le mélange doit être fait à sec, en partie avant l'introduction dans le tambour mélangeur où il est mouillé convenablement. D'autres font elles-mêmes le mélange complet : on introduit soitdirectement dans le tombeur, soit dans une benne, l'ensemble des éléments constitutifs du mortier. L'opération ne dure que quelques minutes, elle est beaucoup plus rapide et moins pénible qu'à lamain. [17]



Figure I .7 Malaxage du mortier par bétonnière [26]

I.6 Le rôle de mortier :

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels [23]

- Assurer la liaison, la cohésion des éléments de maçonnerie entre eux, c'est-à-dire la solidité de l'ouvrage, le rendre monolithique.
- protéger les constructions contre l'humidité due aux intempéries ou remontant du sol.
- Sous forme d'enduits aériens.
- Sous forme d'écrans étanches.
- Constituer des chapes d'usure, un pour dallages en béton.
- Devenir la matière première dans la fabrication de blocs manufacturés, carreaux, tuyaux et divers éléments moulés.
- Etre le constituant essentiel du béton.

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons constaté que le mortier est un béton dont le squelette granulaire est un sable est un matériau de construction de grande importance et d'utilisation dans la construction grâce à leur diversité. Les composés principaux de ce dernier sont liant, sable, chaux, eau et adjuvant. Certains composants principaux du mortier peuvent être remplacés par les déchets de démolition de construction tels que déchets de briques et céramiques.

Chapitre II

Valorisation et recyclage de déchet

II.1 Introduction :

Le contexte environnemental mondial a placé la question environnementale au cœur des débats scientifiques, plus spécialement les questions de la pollution et de la gestion des déchets. Dans le domaine du Génie Civil réputé par sa grande consommation de matériaux naturels , les avancées scientifiques ont permis de valoriser différentes variétés de sous-produits industriels dans les applications de béton et en technique routière.

Dans ce chapitre est abordée la valorisation des déchets dans le domaine du Génie Civil afin de proposer une méthode novatrice de formulation de béton pour le mortier à base de matériaux alternatifs. [28]

II.2 Généralité sur les déchets :

II.2.1 Définition de déchets :

Peut être définie de différentes manières selon le domaine, l'intérêt d'étude, l'origine et l'état du déchet. Il ya de nombreuses définitions existantes, nous pouvons mentionner celles qui nous paraissent les plus intéressantes :

- Le déchet est un résidu abandonné par son propriétaire, car inutilisable, sale ou encombrant.
- Le déchet est tout résidu d'un processus de production, de transformation
- Toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon
- Les déchets sont des résidus de l'emploi de matières solides qui peuvent être exploitables ou non exploitables
- Les déchets sont des matières normalement solides ou semi-solides résultant des activités humaines et animales qui sont indésirables ou dangereuses [29].

II.2.2 Différents types de déchets

Déchets ultimes :

Le déchet ultime c'est un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux. [30]

Déchets inertes :

Déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décompose pas, ne brûle pas, et ne produit aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradable et ne détériore pas d'autres matières avec lesquelles il entre en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine.

Ces déchets sont admissibles dans les installations de stockage et proviennent essentiellement des chantiers de bâtiment et de travaux publics ou d'industries de fabrication de matériaux de construction. Ce sont notamment les déchets suivants :

Les bétons, les tuiles et les céramiques, les briques, les déchets de verre, les terres, les enrobés bitumeux. [30]

Déchets assimilés :

Les déchets ménagers et assimilés recouvrent les ordures ménagères (OM) qui proviennent des ménages et tous les déchets gérés comme tels par les collectivités locales (déchets des artisans ou commerçants) [30].

Déchets verts :

Ce sont les déchets végétaux des parcs et jardins (gazon, branchages…)

Déchets organiques :

Les termes suivants recouvrent la même notion : bio déchets ou déchets fermentescibles ou FFOM (fraction fermentescible des ordures ménagères). Il s'agit de :

- déchets végétaux des parcs et jardins (déchets verts) [30].

- déchets organiques de la cuisine (restes de repas, épluchures, papiers essuie-tout, papier journal, fleurs coupées, marc de café, filtres à café, sachets de thé, coquilles d'œufs, etc.…- boues [30]

Déchets industriels banals (DIB) :

Ils regroupent l'ensemble des déchets non dangereux produits par les industriels et par les entreprises du commerce, de l'artisanat, des services et de l'administration, de la métallurgie, la peinture, la chimie et la pétrochimie. Ce sont des déchets d'emballage, des déchets d'entretien et les matériels en fin de vie. [30]

Déchets dangereux :

Les déchets dangereux ou les déchets industriels spéciaux (DIS) sont des déchets qui présentent un caractère polluant ou toxique et nécessitent d'être éliminés dans une filière spécifique. En citant par exemple : pots de peinture, tubes de colle, certains déchets d'amiante, néons [31]

Déchets ménagers spéciaux (DMS) :

Ce sont les déchets à risque contenus dans les déchets ménagers, tels que les aérosols, colles, détergents, détachants insecticides, peintures, piles, tubes néon, produits de nettoyage. Il peut s'agir de ce qu'on appelle également les DTQS : déchets toxiques en quantité dispersé [30].

II.2.3 LES IMPACTS DES DECHETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les déchets industriels peuvent avoir de graves conséquences sur l'environnement, S'il est mal géré, cet impact réside dans trois principaux facteurs environnementaux :

II.2.3.1 L'impact sur la pollution du l'air (Pollution atmosphérique)

Les Décharges Contiennent une large variété de déchets leur mélange (surtout entre déchets organiques et de l'eau) provoque l'apparition de méthane, un gaz à effet de serre.

II.2.3.2 L'impact sur la pollution du sol :

Elle est une préoccupation mineure par rapport à celle de l'eau et de l'air, et pourtant c'est un problème majeur. Aujourd'hui on estime que 70% des déchets sont enfouis, notamment les déchets nucléaires. Cela provoque l'érosion et la contamination des sols.

II.2.3.3 L'impact sur la pollution du l'eau :

Chaque année plus de six millions de tonnes des déchets différents sont rejetés dans les océans. La contamination des espèces aquatiques qui sen suit peut devenir dangereuse pour les réseaux trophiques [32]

II.3 Gestion des déchets :

La gestion des déchets est la collecte, le transport, le traitement, la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux produits par l'activité humaine, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine ou l'environnement. L'accent a été mis, ces dernières décennies, sur la réduction de l'effet des déchets sur la nature et l'environnement et sur leur valorisation.

La gestion des déchets concerne toutes types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, chacun possédant sa filière spécifique. Les manières de gérer les déchets diffèrent selon qu'on se trouve dans un pays développé ou en voie de développement, dans une ville ou dans une zone rurale, que l'on ait affaire à un particulier, un industriel ou un commerçant. [33]

II.3.1 Mode de gestion :

II.3.1.1 Pré-Collecte :

Qui consiste en toutes les opérations effectuées pour l'évacuation des déchets ménagers de puis la source de leur production jusqu'au lieu de leur prise en charge par le service de Collecte publique[73]

II.3.1.2 Collecte des Déchets :

La collecte c'est l'ensemble des opérations qui consistent à enlever les déchets chez le producteur ou aux points de regroupement et à les acheminer vers un quai de transfert, un centre de tri, de traitement ou un centre d'enfouissement technique C.E.T.

Il existe plusieurs sortes de collectes :

. **Collecte porte à porte** :

Le citoyen dépose les déchets préalablement triés dans des récipients qui lui sont propres ou communs avec les voisins. La collecte se fait par ramassage avec le véhicule circulant à

proximité des habitants. Comme ce mode de collecte demande beaucoup de personnel et des véhicules normalisés, il est utilisé dans les villes et communs importantes.

. Collecte en apport volontaire :

Ce mode de collecte nécessite un effort supplémentaire du citoyen, puisque celui-ci doit trier au préalable ses déchets et les porter ensuite au point de regroupement

. Collecte sélective :

Elle concerne certains déchets séparés par les producteurs en vue de leur valorisation ou d'un traitement spécifique. La collecte sélective qu'elle soit en apport volontaire ou en porte à porte concerne principalement les déchets valorisables (recyclage, réutilisation) des déchets ménagers. [74]

II.3.1.3 Transport :

Le transport est un maillon important de la chaine que constitue l'élimination des déchets Industriels , cette opération est donc confiée à des sociétés spécialisées qui mettent en œuvre des précautions spéciales qui résultent en particulier de la réglementation sur le transport des matières dangereuse[75]

II.3.1.4 Installation :

II.3.1. 4.1 Stockage :

Le stockage ne constitue pas une stratégie à proprement parler. Tout fois celui-ci est Incontournable et indispensable à tout mode de gestion des déchets, car il reçoit les déchets ultimes. La notion de stockage doit ainsi ne pas être dissociée de la notion de déchet ultime. Les problèmes liés au stockage sont variés : -étanchéité Chapitre I synthèse bibliographiques 8 -surface occupée -évolution à long terme du déchet -interaction entre les différentes catégories de déchets traitées[76]

II.3.1.4.2 Déchetteries :

Le terme de déchetterie est entré récemment dans le vocabulaire pour définir un lieu Transitoire de dépôt de déchets. C'est une marque déposée par l'ADEME, une appellation Contrôlée par la contraction de déchet et de tri (BERTRAND, 2003) Les déchetteries sont des

lieux où les particulières peuvent déposer leurs déchets non collectés par le service de collecte: encombrant, déchets inertes, déchets verts et déchets ménagers spéciaux[77] **.**

II.3.1.4.3 Centre de tri :

Lieu ou s'effectuent le tri industriel et le conditionnement des déchets par type de matériau avant leur valorisation, traitement ou élimination. Les déchets concernés sont en grande majorité les papiers, les cartons, les journaux, les magazines, les verres, les plastiques, l'acier, l'aluminium, etc. [78]

II.3.1.5 Traitement et valorisation des déchets :

Le traitement des déchets débute après les opérations de collecte, de transport et de prétraitement. Il est réalisé par des opérateurs privés ou publics. Plusieurs types de traitement existent, ils sont très variables, souvent adaptés à un type de déchets.

II.3.1.5.1 Traitement physico chimique

Le but des traitements physico chimiques est d'abaisser la nocivité des déchets toxiques par des réactions chimiques appropriées ou des procédés physiques de séparation (KOLLER, 2009). I-4-5-1-1 -Mise en décharge C'est la méthode la plus simple, la plus économique et la plus ancienne, mais elle présente des contraintes environnementales. Dans de nombreux pays en voie de développement, c'est le procédé le plus communément utilisé pour le traitement des déchets ménagers, mais dans les pays avancés en termes de gestion des déchets, ce mode de traitement tend à disparaitre. [78]

II.3.1.5.2 Enfouissement :

Une installation de stockage ou centre d'enfouissement technique (CET) peut se définir comme une installation d'élimination de déchets par dépôt ou enfouissement sur le sol ou dans les cavités artificielles ou naturelles, avec couverture ultérieure et réaménagement du Site. [79]

II.4 Recyclage des déchets :

II.4.1 Historique :

Le recyclage existe depuis toujours dans la nature : les déchets des êtres vivants deviennent de la nourriture pour d'autres organismes. L'homme a pratiqué le recyclage dès

l'âge du Bronze quand il récupérait des objets en métal pour les fondre et fabriquer de nouveaux objets. [34]

Pendant et après la seconde guerre mondiale, les gravats provenant des bâtiments détruits par les bombardements étaient employés en Grande Bretagne et en Allemagne, pour la reconstruction de bâtiments [35]. Les publications de cette époque soulignent notamment l'intérêt du réemploi des matériaux de démolition et citent les premiers résultats sur les granulats provenant du concassage de béton.

II.4.2 Définitions :

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets industriels et des déchets ménagers qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui le composent. Le recyclage a deux conséquences écologiques majeures : la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles. C'est une des activités économiques de la société de consommation. Certains procédés sont simples et bon marché mais, à l'inverse, d'autres sont complexes, coûteux et peu rentables. Dans ce domaine, les objectifs de l'écologie et ceux des consommateurs se rejoignent mais parfois divergent ; c'est alors le législateur qui intervient. Ainsi, en particulier depuis les années 70, le recyclage est une activité importante de l'économie et des conditions de vie des pays développés. [36].

Récupérer : un déchet c'est le sortir de son circuit traditionnel de collecte et de Traitement. La récupération, qui suppose une collecte séparée ou un tri, se situe en amont de la valorisation.

Le recyclage : est la réintroduction directe d'un déchet dans le cycle de production dont il est issu, en remplacement total ou partiel d'une matière première neuve.

Le réemploi : est un nouvel emploi d'un déchet pour un usage analogue à celui de sa première utilisation. C'est, en quelque sorte, prolonger la durée de vie du produit avant qu'il ne devienne un déchet.

La réutilisation : consiste à utiliser différent de son première emploi, ou à faire, à partir d'un déchet, un autre produit que celui qui lui a donné naissance.

La régénération : consiste en un procédé physique ou chimique qui redonne à un déchet les caractéristiques permettant de l'utiliser en remplacement d'une matière première neuve.

La valorisation : consiste dans « réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie » [31].

II.4.3 La chaîne du recyclage :

Collecte de déchets :

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centres d'enfouissement techniques. Les déchets collectés pour le recyclage ne sont pas destinés ni à l'enfouissement ni à l'incinération mais à la transformation. La collecte s'organise en conséquence. La collecte sélective, dite aussi séparative et souvent appelée à tort tri sélectif est la forme la plus répandue pour les déchets à recycler. Le principe de la collecte sélective est le suivant : celui qui crée le déchet le trie lui-même. À la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Le tri manuel est une de ces opérations. [36].

Transformation :

Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi.

Commercialisation et consommation :

Une fois transformés, les produits finis issues du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés. [36]

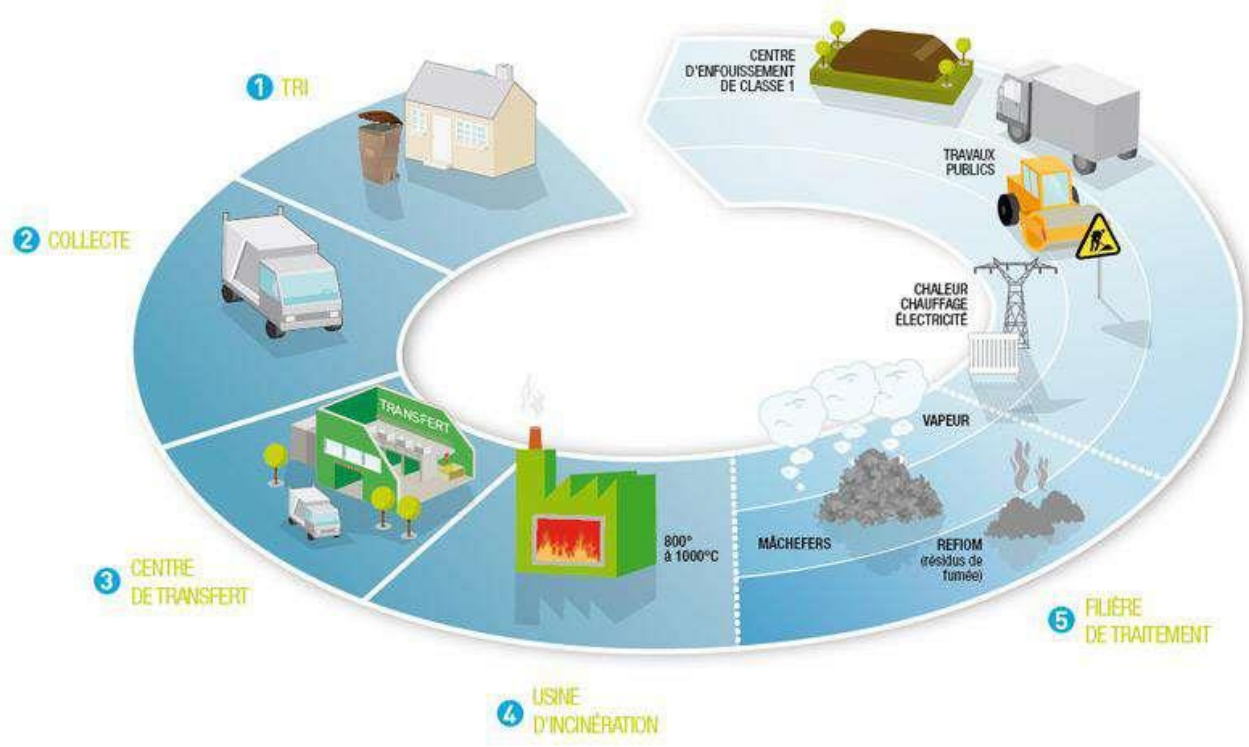


Figure I1.1 Recyclage des déchets [35]

II.4.4 Technique de recyclage :

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage : chimique, mécanique et organique.

Le recyclage dit « chimique » utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.

Le recyclage dit « mécanique » est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple pour broyer.

Le recyclage dit « organique » consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz. [31]

II.4.5 Impacts du recyclage sur l'environnement :

Les bénéfices économiques et environnementaux du recyclage sont considérables : il permet de protéger les ressources, de réduire les déchets, de créer des emplois, de protéger la nature et d'économiser les matières premières. Le recyclage permet de réduire l'extraction de matières premières :

- L’acier recyclé permet d'économiser du minerai de fer .
- Chaque tonne de plastique recyclé permet d'économiser 700 kg de pétrole brut.
- Le recyclage de 1 kg d'aluminium peut économiser environ 8 kg de bauxite, 4 kg de produits chimiques et 14 kWh d'électricité (É).
- l'aluminium est recyclable à 100% ; 1 kg d'alu donne 1 kg d'aluminium (après avoir été fondu).
- Chaque tonne de carton recyclé fait économiser 2,5 tonnes de bois.
- Chaque feuille de papier recyclé fait économiser 11 d'eau et 2,5 kWh d'électricité (É) en plus de 15 g de bois. [38]

II.5 Les Déchets dans Génie Civil :

Les considérations économiques et environnementales affectent de plus en plus l'approvisionnement en granulats. Il y a des grands défis à la réalisation et au sens opposé des grandes objections à l'ouverture de nouveaux bancs de carrières. En même temps, on se heurte, dans certains pays, à des difficultés pour déposer à la décharge gravats et de sous-produits inertes de l'industrie et dans d'autres pays, à l'existence des décharges sauvages qui affectent l'environnement.

Ces deux types de résidus peuvent être transformés en granulats en vue de leur utilisation dans la fabrication du (béton, mortiers ...), ce qui se fait de plus en plus fréquemment dans plusieurs pays du monde.

Le traitement nécessaire des déchets n'est pas simple, parfois s'est plus onéreux, cas des déchets de démolition par exemple, et l'utilisation de granulats faits à partir de ces déchets demande des connaissances spécialisées, puisque aucun de ces matériaux n'est normalisé [39].

L'usage de granulat de brique pour la fabrication du béton ou mortiers est jugé, par conséquent, pour être une solution pour les régions où les granulats naturels font défaut et où une réduction dans le poids mort de structure peut être désirable [40]

II.5.1 Sources de déchets utilisés en Génie Civil :

Deux principales sources de production de déchets utilisés dans le domaine de génie civil qu'on les rencontre généralement. Les déchets de construction et de démolition (C&D) et les sous-produits de l'industrie

II.5.1.1 Déchets de construction et de démolition :

I1.5.1.1.1 Production :

Les déchets de construction et de démolition (C&D) qui sont à la fois lourds et volumineux, à travers le monde entier, ne cessent de se produire en des quantités énormes :

- Aux Etats-Unis, 31,5 millions de tonnes de déchets de construction sont produites chaque année. Ce qui représente près du quart des déchets municipaux solides [41].
- En Europe, 259 millions de tonnes de déchets de construction sont produites chaque année comme le montre la Figure II.2

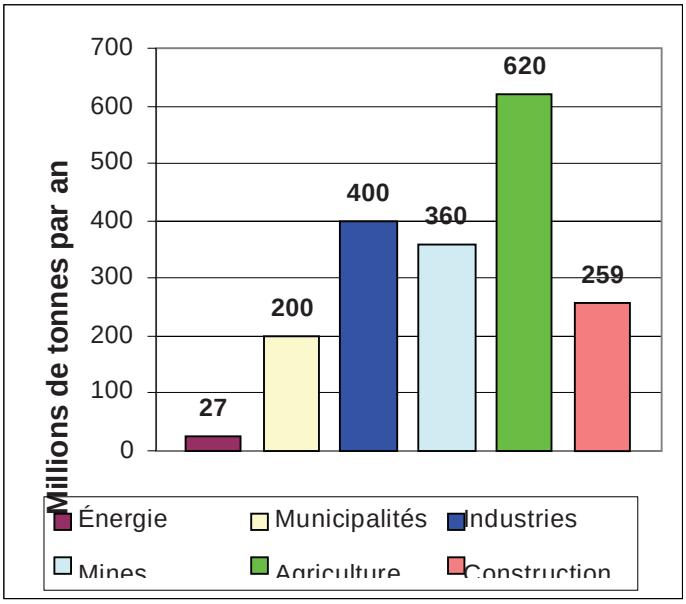


Figure II.2. Répartition des déchets par Secteurs Sources

- Au Royaume-Uni, 24 millions de tonnes de matériaux de démolition et de débris de construction sont produites chaque année [41],
- En Allemagne, en 1992, 43 millions de tonnes de matériaux de démolition ont été obtenus en ex-RFA [43]
- Au Pays-Bas, en 1993, plus de 12 millions de tonnes de déchets de chantier sont produites comme la montre le Tableau II-1 suivant :

Tableau II. 1 Répartition de la Production des déchets de Chantier au Pays-Bas (en Milliers de Tonnes) [41]

Origins	Bâtiments		Travaux routiers et hydrauliques	Total déchets de chantier	Sol
	Residential	Non Résidentiels			
Construction	848	766	NC	-	-
Renovation	1 354	524	NC	-	-
Demolition	552	4 163	NC	-	-
Total	2 754	5 453	4 170	12 377	3 100

NC: Non Communiqué

- En Algérie, les déchets de construction et de démolition, qui sont généralement classés parmi les déchets industriels, restent inconnus et sont estimés approximativement à des millions de tonnes par an [44]. Et selon l'étude réalisée par Bedjou [45], les déchets issus du bâtiment sont estimés à 2,2 millions de tonnes par an.

II.5.1.1.2 Répartition

Les travaux de construction, de rénovation et de démolition produisent des tas de matériaux de construction : béton, béton armé, briques, pierre de taille, plâtre, bois, métaux, verre, matières plastiques, céramiques, papiers, etc. Ces tas sont plus ou moins composites suivant la nature des ouvrages et l'âge de leur construction.

Les quantités de déchets de chantiers et de démolition se repartissent approximativement selon la Figure II.3 suivante :

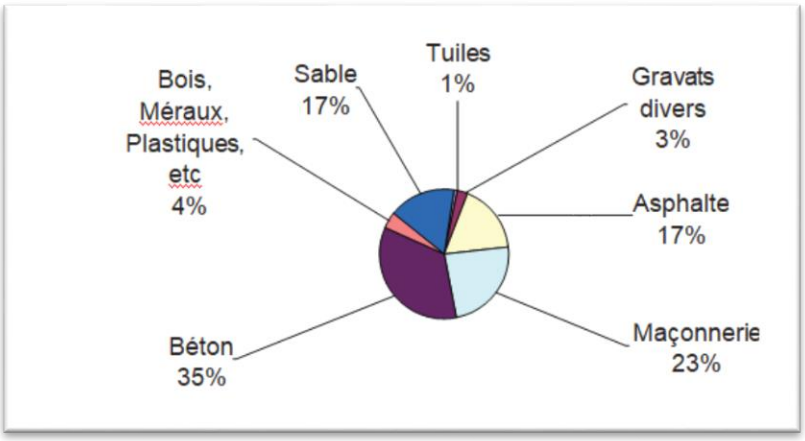


Figure II.3. Répartition des Quantités de Déchets de Chantiers ou deDémolition par Type

II.5.1.2 Sous-produits de l'industrie :

L'industrie constitue la source principale de sous-produits et de déchets utilisés dans le domaine de génie civil. Des quantités énormes qui se produisent sans cesse et qui augmentent toujours, des grandes surfaces de terrain immobilisées par les déchets stockés et de la réduction des disponibilités de terrain, ainsi que de la pollution de l'environnement avec toutes ses conséquences.

Le génie civil se considère comme un domaine d'utilisation des déchets industriels, a une importance pratique et économique immédiate, car de nombreux produits secondaires et déchets résiduels peuvent remplacer des matières premières naturelles ainsi qu'une large gamme de matériaux de construction.

Parmi les sous-produits et déchets utilisés en génie civil :

- Les laitiers de haut fourneau : sont utilisés comme matériaux de construction depuis assez longtemps. Les laitiers granulés sont utilisés dans l'industrie du ciment, dans la construction des couches de base, dans la fabrication des briques. Les laitiers expansés sont utilisés pour la production des granulats légers et les laitiers refroidis à l'air, sont concassés et utilisés comme granulats pour les bétons. Les fines du laitier peuvent être utilisées pour remplacer sans inconvénient le sable. L'utilisation des laitiers de haut fourneau est réglementée par des prescriptions techniques [47] [46].

- les cendres volantes : provenant de la combustion des charbons dans les centrales thermiques, peuvent être utilisées à la fabrication des ciments, à l'exécution des bétons, où

elles remplacent en partie le ciment portland, à la production des granulats légers et d'autres matériaux de construction, ainsi qu'à l'exécution des remblais dont elles ont un effet favorable grâce à leur faible poids. Notant que les cendres volantes sont sensibles au gel, du fait de leur composition granulométrique [46].

- Le mâchefer : c'est les résidus de la combustion de la houille, dans les centrales électriques anciennes. Il contient une proportion considérable de charbon non brûlé et d'autres impuretés. Il est utilisé principalement pour la fabrication de blocs de béton. Étant donné que le mâchefer contient des sulfates et des chlorures, il n'est pas recommandé pour le béton armé. Ce matériau risque de devenir de plus en plus rare à mesure que les centrales électriques anciennes passent à la combustion de charbon pulvérisé [47].

- **la terre cuite :** les débris de terre cuite sont, généralement, classés parmi les déchets de démolition, que ce soit du point de vue recyclage ou réutilisation comme granulat léger (voir Tableaux III-3 et III-8). En effet, ceux sont : l'argile cuite non moulée (chamotte), l'argile cuite, les briques concassées, les surcuits et les incuits de briqueteries, ainsi que les débris de briques contenus dans les déchets de démolition et les décombres, qui sont désignés sous le nom collectif de « débris de terre cuite » [48].

II.5.2 Recyclage des déchets de chantier :

Au début des années 80, les déchets de construction et de démolition aboutissaient généralement dans des décharges. À l'époque, approximativement, 80 millions de tonnes de déchets de la démolition surviennent de reconstruction dans les Communautés Européennes de l'Est (CEE) chaque année. La quantité est supposée à être doublée à l'an 2000 et triplée à l'an 2020 [59]. Ce n'est qu'au cours des années 90, que de grands défis ont surgi, en Europe, quant à la façon d'éliminer ces déchets et que le recyclage est devenu un autre moyen d'évacuation des déchets [45].

Dès lors, la politique de gestion des déchets de construction et de démolition a suivi une stratégie de réduire les déchets d'une manière rentable et dans le respect de l'environnement, tout en se conformant à des règlements et aux priorités de traitement des déchets qui se basent sur le principe de 3R-É :

- **R**éduction de la quantité déchets à la source de sa production,
- **R**éutilisation directe de la matière ou du matériau récupéré,
- **R**ecyclage, axé sur la fabrication de granulats, Élimination des déchets ultimes.

II.5.2.1 Déchets de construction et de démolition :

Parmi les déchets dits inertes, certains pourraient être recyclés, ce qui permettrait de réduire d'autant les extractions de granulats tout en prolongeant la vie des décharges qu'ils contribuent actuellement à saturer. Ces matériaux recyclables sont présents dans trois catégories de produits. [49]

- Les déblais de terrains naturels non pollués, extraits à l'occasion de travaux de terrassement (fondation d'immeuble, tranchée,plate-forme...),
- Les matériaux de démolition triables (béton, béton armé, béton cellulaire, fibrociment, pierres de taille, briques, tuiles...),
- Les déchets de construction, déchets de fin de chantier comportant le même éventail de produits que la démolition.

II.5.2.1.1 Déblais de terrains naturels :

Les déblais de terrains naturels sont directement valorisables en matériaux pour travaux de génie civil et d'aménagement :

- **Terres** : sont réutilisées pour la réhabilitation des sols et talus excavés, constitution de nouveaux sols (jardins, espaces verts, parcelles agricoles…),
- **Sables et graviers** : sont réutilisés directement en granulats (bétons, couches de chaussées) ou en remblais routiers si argileux,
- **Sédiments et éléments grossiers** : sont réutilisés pour la fabrication de granulats par concassage – criblage, pour bétons, ballast, empierrement, chaussées, remblais, assainissement.

II.5.2.1.2 Matériaux de démolition et déchets de construction :

Les matériaux de démolition et déchets de construction sont la source principale des granulats de recyclage et sont également valorisables en matériaux pour génie civil :

- **Les matériaux grossiers et durs** (bétons, pierres de taille…) donnent

  de granulats par concassage – criblage,

- **Les matériaux plus tendres et/ou friables** (tuiles, brique, céramiques, fibrociments) sont réutilisables comme tout-venant pour remblais compactés.
- **Les matériaux de chaussées** sont de plus en plus recyclés et réutilisés aux mêmes fins que les déchets de construction et de démolition ou pour la construction de divers remblais [50].

De même, il est possible, techniquement, de recycler une grande partie des enrobés

(couches de roulement). Mais cette solution qui permettrait de réduire de façon notable les extractions de granulats de la meilleure qualité (de nature généralement siliceuse), est encore peu pratiquée en raison du prix de revient élevé des granulats recyclés ; elle ne peut être envisagée que sur des chantiers de grande importance.

II.5.3 Déchets de briques :

II.5.3.1 Introduction :

Les considérations économiques et environnementales affectent de plus en plus l'approvisionnement des déchets. Il y a des grands défis à la réalisation et au sens opposé des grandes objections à l'ouverture de nouveaux bancs de carrières. En même temps, on se heurte, des difficultés pour déposer à la décharge et de sous-produits inertes de l'industrie et, à l'existence des décharges sauvages qui affectent l'environnement. Ces types de résidus peuvent être transformés en vue de leur utilisation dans la fabrication du béton.

L'usage de déchet de brique pour la fabrication du béton et mortier est jugé, le niveau bas de recyclèrent de ce dernier peut être à cause de manque des recherches dans leur application et utilisation en construction des routes. Il faut ajouter que la brique à cause de son mauvais comportement en compression et avoir un haut degré d'absorption d'eau ne peut pas être utilisée facilement dans le béton.

Ce genre des déchets est une menace sérieuse pour l'environnement et hygiène des eaux souterraines de surcroît il a un aspect qui frappe désagréablement a l'œil.

Le traitement nécessaire des déchets n'est pas simple, parfois s'est plus onéreux, et demande des connaissances spécialisées, puisque aucun de ces matériaux n'est normalisé [52].

II.5.3.2 Définition de brique :

La brique est un matériau de construction qui est fabriqué en portant une petite quantité d'argile, préalablement mise en forme, à une température appropriée (la température de frittage).

Les particules d'argile commencent alors à fondre et s'agglomèrent pour former une masse à caractère pierreux. Après la cuisson, la brique conserve une certaine porosité, qui lui confère d'ailleurs des propriétés spécifiques et la distingue des autres matériaux de construction.

En réalité, la brique de terre offre une isolation thermique, phonique et hydrométrique bien supérieure au parpaing béton et une résistance à la compression également supérieure au parpaing. [53]

II.5.3.3 Mode de fabrication :

Les matériaux de terre cuite ont été utilisés depuis plusieurs siècles, ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel industriel. Ils sont fabriqués à partir d'argile devenant souvent rouge à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose à jaune et blanc. [54]

II.5.3.3.1 L'extraction :

L'extraction peut se faire par des engins mécaniques :(décapeuse, pelles chargeuses …etc. La matière première extraite, acheminée à l'usine par camions, voies ferrée, bandes transporteuses. [54]

II.5.3.3.2 Façonnage :

Le façonnage des produits (pleins, perforés et creux), est réalisé par deux procédures : étirage et pressage. [55]

II.5.3.3.3 Séchage :

Les produits sont façonnés avec une teneur en eau de 15 à 30% (les chiffres exprimés en pourcentage par rapport au poids sec). Il est nécessaire avant la cuisson d'éliminer la plus grande partie de cette eau, par des séchoirs bien réglés. L'énergie consommée varie de 3.5 x 106 à 4.10 x 106 J/Kg d'eau évacuée, le séchage d'une tonne de produit nécessite une consommation d'énergie électrique de 6 à 13 K w h. [56]

II.5.3.3.4 Cuisson :

C'est la dernière opération que doit subir le bloc d'argile façonné et séché pour devenir Ensuite une brique de terre cuite. C'est donc une phase extrêmement importante qui doit se dérouler très progressivement, c'est à dire. Que la fournée est soumise à un échauffement régulièrement croissant jusqu'à la température de cuisson (comprise entre 850° et 1200°C selon l'espèce d'argile utilisée), ensuite elle doit refroidir aussi graduellement. Il existe une très grande variété de fours, qui peuvent être classé en deux catégories principales :

Les fours à fonctionnement discontinu et les fours à fonctionnement continu. Dans le Premier cas, le mode opératoire comprend le chargement du four, sa mise à feu, son extinction et refroidissement lorsque la cuisson est terminée. Dans un four du type continu, le feu ne s'éteint jamais, et c'est le chargement qui est introduit et extrait du four suivant un cycle régulier et ininterrompu.

Concernent la réaction des matières premières à la cuisson, la chaleur provoque des modifications de masse volumique, de porosité, de dureté, dimensions. Elle provoque également des déshydratations, des décompositions et des combinaisons qui modifient les propriétés comme suit :

- Jusqu'à 200° C environ, évacuation de l'eau résiduelle courant le séchage.
- De 200 à 450° C, décomposition de matière organique.
- De 450à 650° C, décomposition des minéraux argileux avec départ de l'eau de constitution.
- De 650 à 750° C, décomposition du carbonate de chaux (cas des argiles calcaires). [57]



Figure II.4. Procédé général de fabrication de la brique [58]

II.5.4 Types de brique de terre cuite :

II.5.4.1 Briques ordinaires :

Les briques de terre ordinaire se présentent sous la forme de parallélépipèdes rectangles obtenus par extrusion « filage » ou éventuellement par pressage lorsqu'il s'agit de brique pleines .Selon la norme XP P13 305 la brique plein ordinaire se compose en deux catégories pleines ou perforés. [59]

II.5.4.2 Brique pleine :

Brique ne comprend aucune perforation et dont le format d'appellation le plus courant est dimensions : 250 x 120 x 55 mm (Figure II.5) [61]

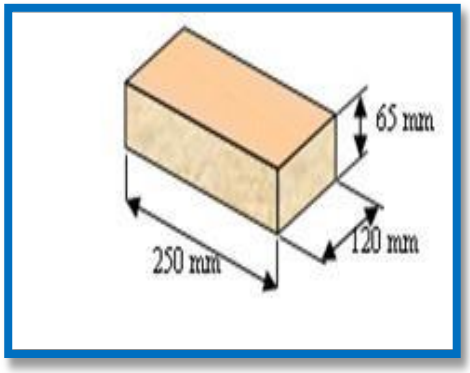


Figure II.5. Brique pleine [59]

II.5.4.3 Brique perforée :

Les briques perforées qui comportent au moins quatre conduits non débouchant sont fabriqués par voie demi-sèche. Ces briques doivent avoir les dimensions suivants 250x120x88-55mm. [59]

On fabrique les briques à 8 et 18 conduits dont les diamètres sont de 35-45 mm et de 17-18 mm. (Figure II.6)

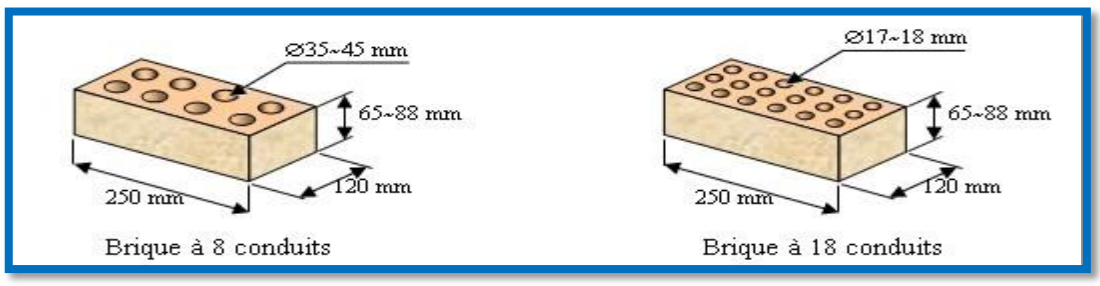


Figure II .6. Briques perforées. [59]

II.5.4.4 Briques creuses de terre cuite à perforation horizontale :

Selon la norme NF P 13-301. Les briques creuses à perforation horizontale sont des produits comportent des perforations sont parallèles au plan de pose et dont la section totale dépasse 40 % de la section du produit [18, 19,20]. Briques plâtrières : d'épaisseur de 3.5 à7.5 cm (Figure I.7) [17]

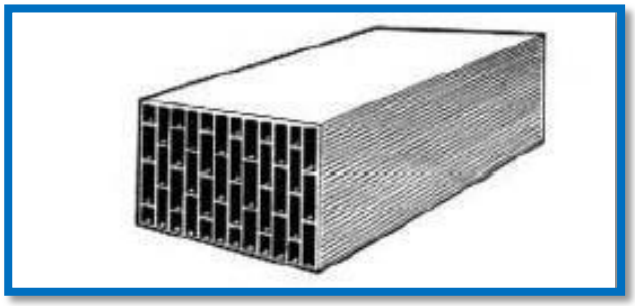


Figure II.7. Briques creuses de terre cuite à perforation horizontale. [59]

II.5.4.5 Brique de terre cuite à perforation verticales (blocs perforés) :

Les blocs perforés sont des produits permettant d'une paroi réaliser toute l'épaisseur d'avec un seul élément, et comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose. Leur largeur est au moins de 14 cm, et la somme des perforations est égale ou inférieure à 60% de la section totale. Selon leurs caractéristiques thermiques, ces blocs peuvent être soit des blocs normaux soit des blocs de type G (Figure II.8) [59]

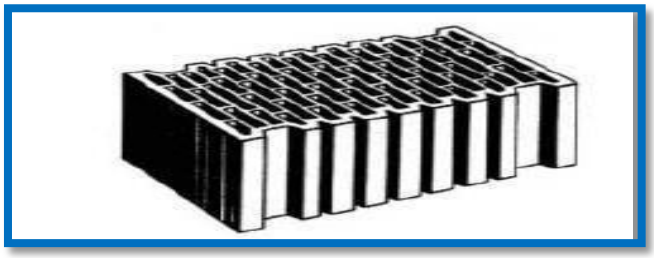


Figure II.8. Briques creuses de terre cuite à perforation verticale type G [59]

II.5.5 Propriétés et caractéristiques des briques de terre cuite :

Les propriétés et les caractéristiques des briques de terre cuite sontindiquées par les tableaux II.2 et tableaux II.3 **:**

Tableau II.2. Propriétés des briques pleines et perforées [59]

Poids spécifique	**(Kg/m³)**	Environ 1800
Résistance Mécanique	**Compression (MPa)**	5 à 80
	Traction (MPa)	0 à 2
Dilatation thermique (mm/m.kg)		0,00 à 5
Gonflement à l'humidité (mm/m)		0,1
Retrait au durcissement (mm/m)		0,2 à 1,1
Porosité		5 à 18
Réaction au feu		Très élevé
La conductivité w/m.c		1,15

Tableau II.3. Propriétés des briques creuses [59].

Masse volumique (Kg/m³)	1750 à 2050
Résistance à la compression (MPa)	04 à 08
Dilatation conventionnelle à l'humidemm/m	0,60 à 1,6
L'absorption d'eau	≤18
Résistance	1
Isolation acoustique dB	41 à 58

Tableau II.4. Les résistances thermiques des briques pleines, perforées et Creuses [59]

Pleines		**perforées**		**Creuse**	
Epaisseur(cm)	**R (m^2.C/W)**	**Epaisseur(cm)**	**R (m^2.C/W)**	**Epaisseur(cm)**	**R (m^2.C/W)**
5,5	0,05	20	0,52	5	0,10
10,5	0,09	30	1	10	0,20

II.6 Valorisation des déchets de briques :

II.6.1 Le matériaux brique :

II.6.1.1 La brique et le respect de l'environnement :

Comme la plupart des processus, la production de briques a un impact sur l'environnement. Le secteur céramique y accorde beaucoup d'attention et met tout en œuvre pour minimiser les émissions dans l'air, l'eau et le sol. La consommation énergétique est aussi un point d'attention continu [60].

- **Economie de matières premières** :

La gestion de la matière première qu'est l'argile est planifiée à court, moyen et long terme. Nous accordons beaucoup de valeur à la gestion parcimonieuse des matières premières. Lorsque c'est possible, des accords de partenariats sont conclus pour stimuler l'apport extérieur d'argile. Ainsi, de temps à autre, on ajoute au mélange de matières premières, de l'argile provenant des travaux d'infrastructure.

L'eau est utilisée pour rendre le mélange d'argile plastique mais est également ajoutée lors du moulage. Lors du façonnage, les moules sont humidifiés, sablés et remplis du mélange argileux. Ensuite, ils sont rincés à l'eau et réutilisés. L'eau de rinçage est réutilisée en circuit fermé. Cette manière de travailler permet de limiter la consommation d'eau et d'éviter toute forme de rejet d'eau.

La production de briques occasionne d'inévitables émissions. Le secteur mène de nombreuses initiatives pour les minimiser. Pour atteindre cet objectif, des mesures intégrées au processus et des techniques de traitement de fumées jouent un rôle complémentaire [60].

- **Economie d'énergie** :

Depuis des dizaines d'années, des mesures d'économie d'énergie sont mises en œuvre : fours tunnel performants alimentés au gaz naturel, suivi détaillé du processus de cuisson, récupération maximale de la chaleur des fours pour l'utiliser dans les chambres de séchage, …

La brique est un produit " local ", fabriqué à partir de matières premières issues de notre propre sous-sol. Par ailleurs, on trouve toujours une briqueterie à une distance limitée d'un chantier. Ainsi, on limite le transport tant des matières premières que des produits finis [60].

II.6.2. Déchets de briques :

Les déchets de briques sont des sous-produits de l'industrie des produits rouges. Ils se trouvent en grande quantité au niveau national à cause du nombre élevé de briqueteries et des taux de rejets (briques non conformes où cassées) qu'elles génèrent et qui représentent 10 à 15% de leurs productions. Par ailleurs des études entreprises par WILD S [81] ont montré un caractère pouzzolaniques de ces déchets. Les produits en terre cuite sont vraiment très durables et leur résistance à l'épreuve du temps le prouve.

Dans plusieurs pays du monde, plus de la moitié de tous les déchets de démolition est réutilisée sous une forme ou sous une autre, bien que pour le moment il s'agisse souvent d'applications secondaires. Cependant, des difficultés peuvent surgir lors de la séparation des matériaux, en particulier lorsque des éléments composites ont été utilisés. Dans certains pays, des études ont été réalisées pour mettre l'accent sur les méthodes de réutilisation des briques provenant des sites de démolition. Mais il semble certain que les pressions économiques et législatives auront un impact important sur le processus de recyclage des matériaux de construction [60].

II.6.3 Recyclage des déchets de brique

La dernière phase du cycle de vie d'un produit peut devenir la première, si la démolition est suivie d'un recyclage et d'une réutilisation. Malgré la durée de vie potentiellement longue des bâtiments en briques de terre cuite (bien supérieure à 100 ans), ils sont parfois démolis avant la fin de leur durée de vie utile [60].

II.6.3.1 Principaux critères environnementaux pour la réutilisation des déchets de brique

Les critères techniques pour la réutilisation des déchets de démolition en céramique sont peu nombreux. Dans la plupart des cas, les déchets de démolition sont mélangés à d'autres matériaux, mais ils doivent être exempts d'éléments contaminants tels que les métaux lourds et les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) [60].

II.6.3.2 Différents technique pour l'utilisation de la brique recyclé

Matériaux de remplissage et de stabilisation dans les infrastructures

Pendant de nombreuses années, les déchets de maçonnerie et les rebuts de briques ont été utilisés pour remplir et stabiliser les routes secondaires, en particulier dans les zones humides telles que les bois et les champs. Cette pratique est courante dans les pays qui manquent de réserves de pierre suffisantes comme le Danemark. Ce matériau est généralement utilisé non broyé.

Les briques, les tuiles et autres maçonneries en terre cuite broyée peuvent être utilisées dans des projets de construction routiers plus importants, en particulier sous forme de couche de base non traitée. Elle est utilisée dans la construction des routes dans des pays tels que la Suisse, la Hollande, le Royaume-Uni et le Danemark

Il est important de noter que la valorisation des déchets de briques peut contribuer à réduire les déchets et à préserver les ressources naturelles en limitant l'extraction de nouvelles matières premières [60].

II.7 Conclusion :

La valorisation des déchets de brique est une pratique bénéfique pour l'environnement et pour l'économie. Elle permet de réduire la quantité de déchets envoyés en décharge, de réduire la consommation de matières premières, et de promouvoir une économie circulaire. Il est donc important de poursuivre le développement de méthodes de valorisation des déchets de brique pour réduire l'impact environnemental de la production de briques.

L'utilisation de cette matière permet d'économiser des ressources épuisables issues des carrières. Par ailleurs, lorsqu'ils sont éliminés en décharge, ces déchets occupent des sols qui pourraient être mieux encore utilisés.

Étude Expérimentale

Chapitre III
Matériaux et Essais

III.1. Introduction

Le mortier est un matériau essentiel dans la construction, utilisé pour lier et sceller les briques, les pierres. Il est généralement composé de ciment, de sable et d'eau. Cependant, de nouvelles approches se développent pour améliorer les performances du mortier en utilisant des matériaux recyclés ou des déchets de construction. Dans cette introduction, nous allons examiner les caractéristiques des matériaux utilisés pour la confection du mortier ainsi que la méthode de formulation expérimentale à base d'ajouts de déchets de briques

Les matériaux utilisés sont :

- Le sable corrigé
- Le ciment
- L'eau potable du laboratoire de département de génie civil
- Super-plastifiant
- déchets de briques

III.2. Caractérisation des matériaux utilisés :

Pour la confection des mortiers, des matériaux locaux de la wilaya de Médéa sont utilisés et caractérisés expérimentalement au laboratoire de génie civil tout en assurant les recommandations des normes en vigueur.

III.2.1. Ciment

Le ciment est l'un des principaux composants du mortier. Il agit comme un liant hydraulique, durcissant en présence d'eau pour former une liaison solide. Différents types de ciment, tels que le ciment Portland, peuvent être utilisés, en fonction des exigences spécifiques du projet.

Le ciment de base utilisé dans notre recherche, est un ciment portland- CEM-I 42.5 R Provient de la cimenterie de BISKRA

Le tableau III.1 résume les Caractéristiques techniques de ciment portland CEM I 42.5R selon la fiche technique du ciment

Tableau III.1 Caractéristiques techniques de ciment CEM I 42.5 R

Analyses chimique (%)	**Valeur**
Perte au feu	2.6 - 3.7
Teneur en sulfates (SO3)	2.2 - 2.8
Teneur en oxyde de magnésium (MgO)	1.7 - 2.8
Teneur en chlorures (cl) (%)	0.03 - 0.07
Composition minéralogique du clinker (%)	Valeur
C3S	56 - 66
C3A	501-702
Propriétés physiques	Valeur
Consistance normal (%)	25.8-26.4
Expansion à chaud (mm)	0.25-1.0
Temps de prise (mm)	Valeur
Début de prise	150-190
Fin de prise	220 –250
Résistance à la compression	Valeur
2 jours (MPA)	20 -29
28 jours (MPa)	42.5 - 52.5



Figure III. 1. Ciment utilisé

III.2.2. Sable

Les sables utilisés dans notre travail de recherche sont respectivement résumés dans le tableau III. 2 et la figure III. 2.

Tableau III. 2 Propriétés physiques du Sable utilisés

Caractéristiques	Type de sable		Normes
	Oued souf	Baghalia	
Classes granulaire	0/3	0/5	NF EN 933-1 [65]
Module de finesse	2.07	3.2	
Module de finesse de sable corrigé	2.4		
La masse volumique absolue de sablecorrigé (g/cm3)	2.62		NF EN 1097-6 [66]
Masse volumique apparente de sablecorrigé (g/cm3)	1.66		NF EN 1097-3 [67]
Equivalent de sable corrigé (%)	Es = 88 %	Esp=85%	NF EN 933-8 [68]
La porosité de sable corrigé	39%		
La compacité de sable corrigé	61%		

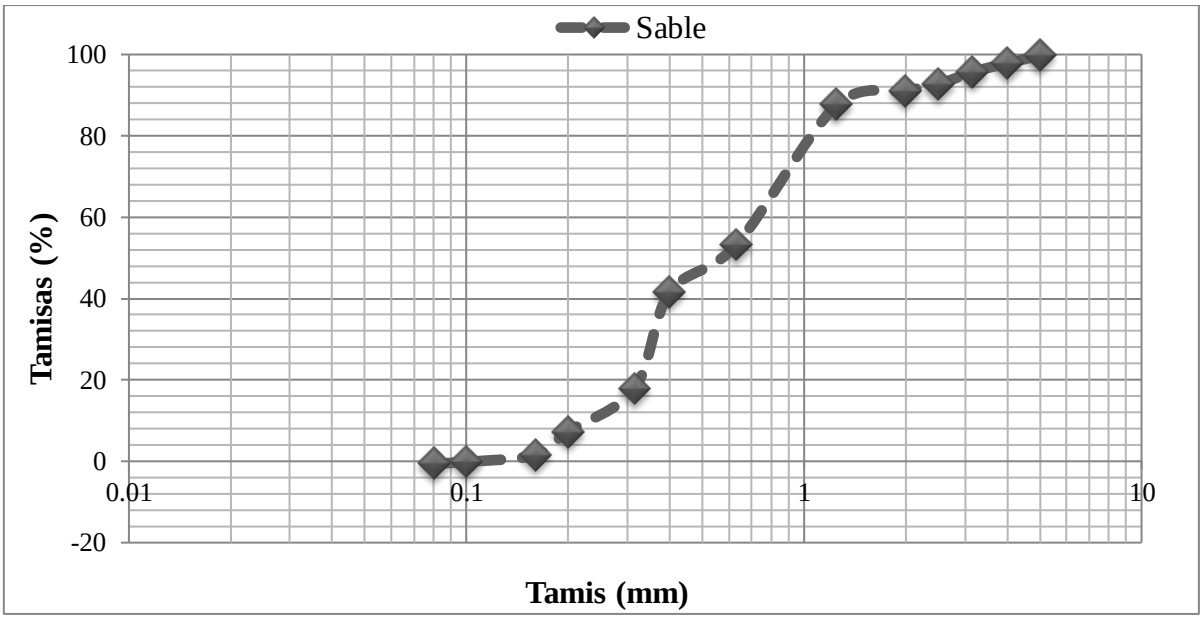


Figure III. 2. Courbe granulométrique de sable corrigé

III.2.3 Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée est l'eau du robinet du laboratoire (hall technologique de l'université de Médéa) sans passer par l'analyse chimique de cette eau.

III.2.4 Super plastifiant

Le Sika ViscoCrete Tempo-10 est un super plastifiant de haute performance utilisé comme adjuvant dans le mortier. Il s'agit d'un type de super plastifiant à base d'éther poly carboxylate (PCE) qui améliore la capacité d'écoulement du béton ou du mortier sans compromettre sa résistance et sa durabilité. L'utilisation de Sika ViscoCrete Tempo-10 dans les mélanges de mortier se traduit par une meilleure maniabilité et une rétention accrue de l'affaissement, ce qui signifie que le mélange peut être placé et consolidé plus facilement sans avoir besoin d'eau supplémentaire. Cela améliore la résistance et la durabilité du produit final

Tableau III.3 Caractéristiques du super plastifiant Sika ViscoCrete Tempo-10

Forme	Couleur	Extrait sec	Densité	PH	Teneur en chlorure g/l
Liquide	brun clair	30%	1.060 ± 0.010	4.0 ± 1.0	< 0.1

III.2.5. Déchets de briques :

Les déchets de briques utilisées dans ce travail de recherche proviennent de la briqueterie de Draa-Smar de la wilaya de Médéa sous forme de cailloux de briques qui ont été broyés.

Les briques sont généralement fabriquées à partir d'argile, de sable, de chaux et d'eau. Lorsqu'elles atteignent la fin de leur durée de vie, elles peuvent être recyclées de différentes manières.



Figure III.3 Déchet de brique

❖ **Méthodes de recyclage de déchets de briques** :

Concassage : Les briques peuvent être concassées pour créer des agrégats qui peuvent être utilisés dans la construction de routes, de trottoirs et d'autres projets de construction.

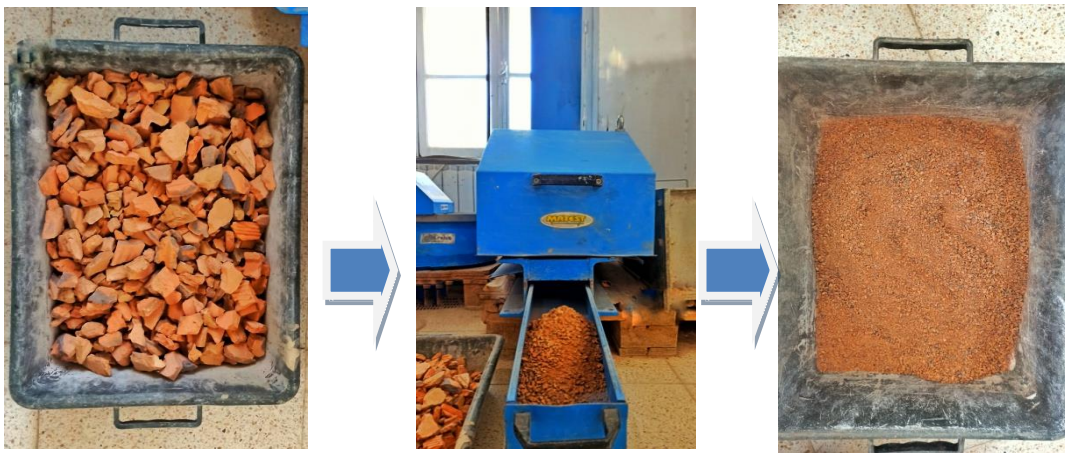


Figure III.4. Protocole de concassage des déchets de briques

III.2.5.1 Essais sur les déchets brique recyclés :

Les essais effectués sur nos déchets sont résumé dans le Tableau III.4

Tableau III. 4. Propriétés physiques de déchet de Briques

Caractéristiques	Déchet de Briques
Masse Volumique Absolue (g/ cm^3)	2.45
Module de finesse de briques	2.51
Absorption d'eau (%)	14
Porosité (%)	47
Compacité (%)	53

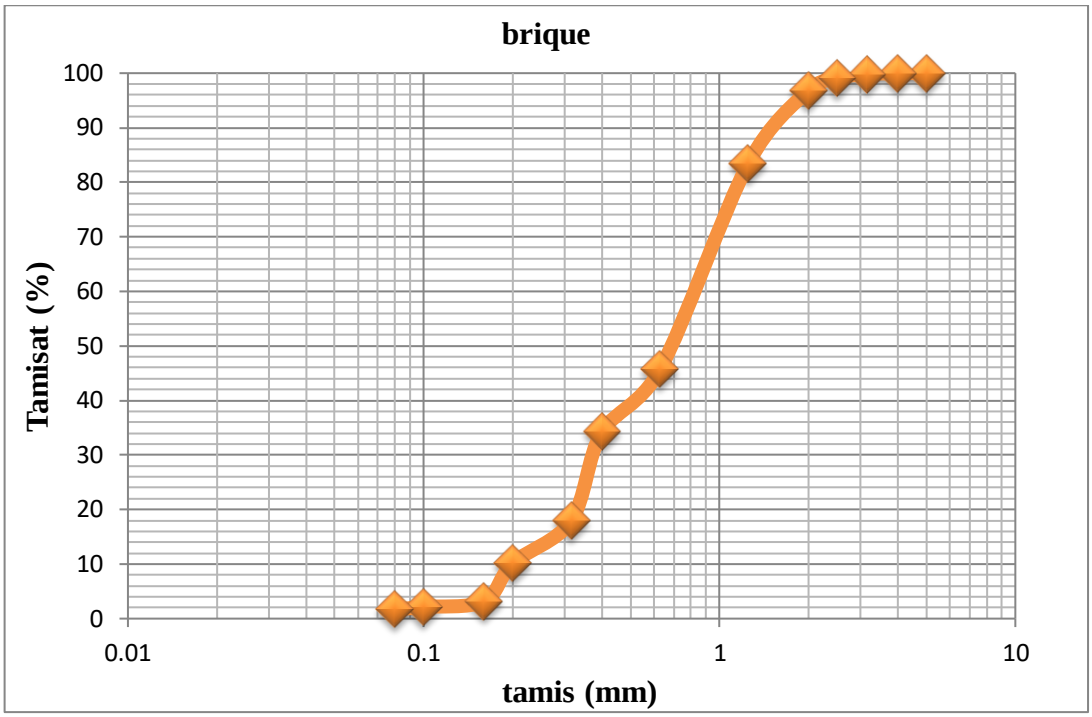


Figure III.5. Courbe granulométrique de brique

III.3. La formulation du mortier :

III.3.1. Mortier normal (Témoin)

Pour préparer un mortier normal, la norme **NF P15-403** exige les quantités massiques suivantes :

- Sable 0/3 : 1350 ± 5g ;
- Ciment : 450 ± 2g ;
- Eau de gâchage : 225 g (E/C = 0,5) **;**

III.3.2. Mortier renforcé

Pour l'ensemble des mortiers à base de déchets recyclés, les rapports E/C sont fixés à 0,5. Le mortier à base de déchet est fabriqué, en faisant substituer une partie du poids de sable par une quantité similaire en déchet de brique comparé au mortier témoin. Les taux de remplacement des poudres recyclées, sont choisis de 10% à 60 %.

Tableau III.5. Composition des différents mortiers réalisés

Type de mortier	Substitution (%)	Ciment (g)	Sable (g)	Déchets de Brique (g)	Eau (g)	E/C %	Super Plastifiant	
							(g)	%
MT	0	450	1350	0	225	0.5	2.7	0.6
M10	10	450	1223.3	126.7	225	0.5	2.9	0.8
M20	20	450	1096.6	253.4	225	0.5	4.5	1
M30	30	450	969.93	380.07	225	0.5	5.4	1.2
M40	40	450	843.24	506.76	225	0.5	5.8	1.3
M50	50	450	716.54	633.46	225	0.5	9	2
M60	60	450	589.85	760.15	225	0.5	13.5	3

III.4. TECHNIQUES EXPERIMENTALES

Nous allons exposer la méthodologie des expériences menées sur les différents échantillons confectionnés. Ces techniques expérimentales seront menées conformément aux normes en vigueur.

III.4.1. Séquence de malaxage du mortier :

Pour la confection des mortiers, nous avons utilisé un malaxeur de 5 litres de capacité (Figure III.7). Le mortier normalisé est malaxé pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme en vigueur NF EN 196-1.



Figure III.6. Séquence de malaxage du mortier ordinaire

III.4.2. Mortier à base de déchet de brique

Le malaxage du mortier normal est effectué au moyen d'un malaxeur spécifié par la norme [NF P15-403], qui doit être en position de fonctionnement pour effectuer correctement le mélange des matériaux. Le malaxeur spécifié par la norme [NF P15-403] est un malaxeur planétaire équipé d'un bol de malaxage, d'un fouet et d'un rasoir. Le bol de malaxage est maintenu en rotation autour de son axe horizontal à une vitesse prescrite, tandis que le fouet et le rasoir tournent autour du bol de malaxage à une vitesse différente pour effectuer le mélange des matériaux.

Avant le malaxage, les matériaux du mortier normal (ciment, sable et eau) sont préalablement pesés selon les proportions prescrites par la norme. Les matériaux sont ensuite introduits dans le bol de malaxage et le malaxeur est mis en marche pour une durée spécifique, généralement de l'ordre de 3 à 5 minutes, jusqu'à ce que le mélange atteigne une consistance homogène.

Il est important de respecter les spécifications du malaxeur et les durées de malaxage prescrites par la norme pour obtenir un mortier normal de qualité homogène et conforme aux normes



Figure III .7. Malaxeur à mortier

III.4.3. Préparation et Conservation des Eprouvettes :

La préparation des éprouvettes (40X40X160 mm3) du mortier normal selon la norme EN 196-1 implique les étapes suivantes [61]

Mélange des matériaux: Les matériaux du mortier normal (ciment, sable et eau) sont soigneusement mélangés dans les proportions prescrites pour obtenir une pâte homogène. Le mélange peut être effectué manuellement ou à l'aide d'un mélangeur mécanique.

Remplissage des moules: Des moules en acier inoxydable de dimensions 40X40X160 mm3 sont remplis de la pâte de mortier normal préparée. Le remplissage doit être soigneusement effectué en plusieurs couches en évitant les vides d'air et en compactant chaque couche.

Lissage des éprouvettes: Après le remplissage des moules, la surface des éprouvettes est lissée à l'aide d'une truelle ou d'un outil similaire pour enlever les excès de mortier et assurer une surface plane et uniforme.

Stockage des éprouvettes: Les éprouvettes remplies et lissées sont stockées à une température de 20°C ± 2°C et à une humidité relative de 95% pendant 24 heures.

Démoulage des éprouvettes: Après 24 heures, les éprouvettes sont soigneusement démoulées et stockées dans de l'eau propre à une température de 20°C ± 2°C jusqu'au moment des tests.



Figure III .8. Moulage et conservation des d'éprouvettes prismatiques

III.4.4. Démoulage et conservation des éprouvettes :

Après 24 heures on fait un démoulage, puis une conservation des éprouvettes dans la chambre de conditionnement, afin de favoriser la réaction d'hydratation du ciment (figure III.7) avec les paramètres suivants : une température de 20 ±1 °C pendant 7,14 et 28 jours, en fonction de l'âge prévu pour les essais mécanique (flexion et compression).



Figure III.9. Éprouvettes après décoffrage

III.5. Les essais sur les mortiers :

III.5.1. Etat frais :

III.5.1.1. Maniabilité (NF P18-452et NF P18-437) :

III.5.1.1. 2. Essai LCPC (NF P18-452) :

La consistance des mortiers à l'état frais est caractérisée par l'essai au maniabilimètre LCPC B et suivant la norme NF P 15-437 [60]. Cet essai consiste à mesurer le temps d'écoulement nécessaire à un volume de mortier soumis à des vibrations pour atteindre un repère donné. Une partie de la cuve étant remplie avec du mortier, le soulèvement paroi mobile permet de déclencher la mise en vibration de l'ensemble de l'appareil

Matériel nécessaire :

- L'appareil utilisé est appelé « Maniabilimètre A » et est schématisé sur la Figure III.10. Il comporte :
- Un boîtier parallélépipédique métallique (60 cm × 30 cm × 30 cm).
- Une cloison amovible
- Un vibrateur.
- Un chronomètre.

Mode opératoire :

- huiler légèrement les parois internes de la cuve.
- Le mortier est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison et mis en place en
- couches. Chaque couche piquée de 6 coups au moyen de la tige de piquage.
- Araser la dernière couche.
- La cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibrateur et le déclenchement d'un chronomètre en même temps que la cloison est retirée.
- Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule. Le chronomètre est arrêté quand le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier.
- Le temps t mis par le béton pour s'écouler caractérise sa consistance.
- Enregistrez les résultats des mesures.

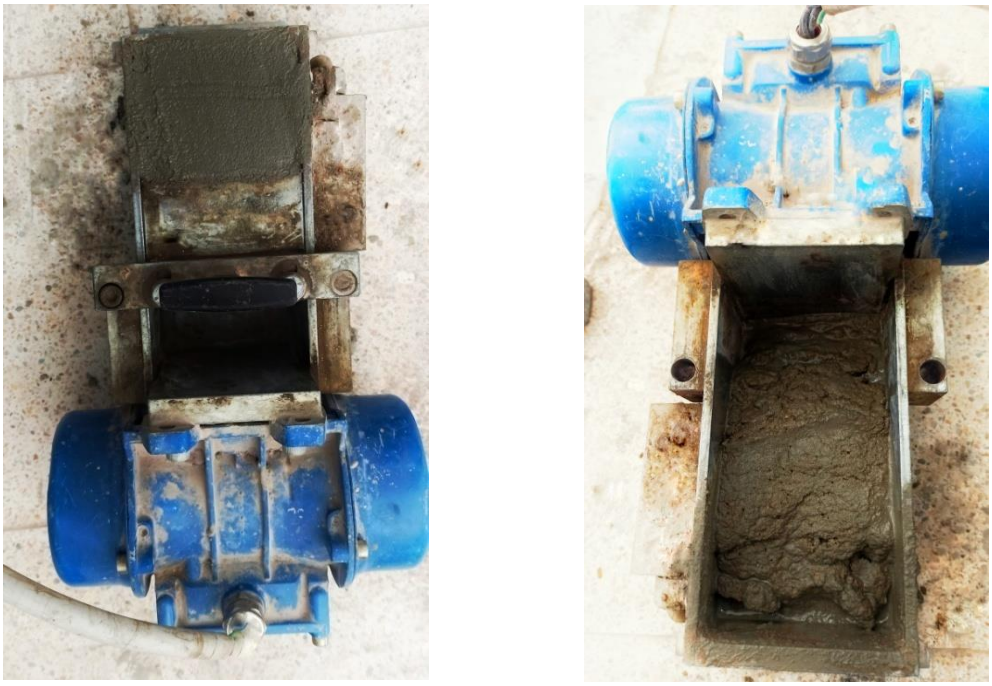


Figure III.10. Protocole de l'essai LCPC

III.5.2. Etat durci :

III.5.2.1.Résistance à la traction par flexion :

À l´âge requis, les éprouvettes sont brisées par flexion en deux moitiés selon la norme [EN 196-1] [62]. C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points) (Figure III.9.), une éprouvette prismatique de côté a et de longueur L. Dans notre étude, cet essai est effectué sur des éprouvettes prismatiques de dimensions (4×4×16) cm, à 7, 14 et 28 jours.

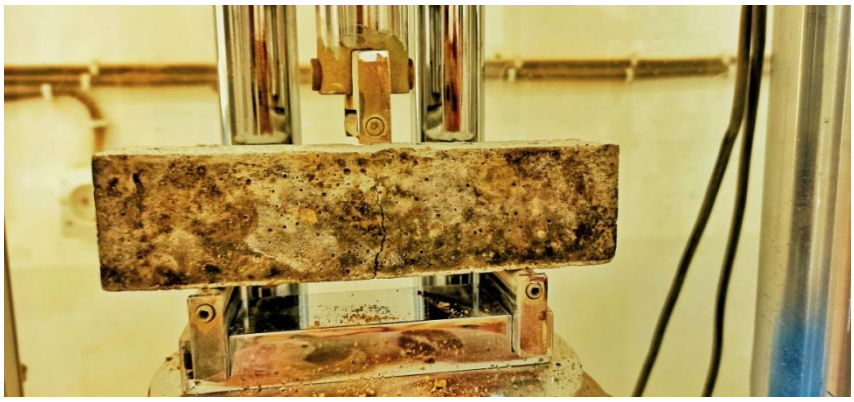


Figure III.11. Essai de traction par flexion sur mortier

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge : $\mathbf{M} = \frac{F\,L}{4}$

I : Moment d'inertie de la section transversale : $\boldsymbol{I} = \frac{a^4}{12}$

La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante :

$$\sigma t = \frac{1.5\ F\ L}{a^3}$$

III.5.2.2 Résistance à la compression :

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [EN 196-1] **[**62**]** par compression axiale pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques après rompre en flexion à l'âge de 7, 14 et 28 jours, à l'aide d'une presse de capacité de 2000 KN (Figure III.10). La résistance à la compression correspond à la contrainte moyenne d'écrasement de trois (03) demi-prismes des trois éprouvettes.



Figure III.12. Essai de compression sur mortier

Si Fc est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra: Cette contrainte est appelée résistance à la compression et, si Fc est exprimée en newtons, cette résistance exprimée en méga pascals vaut :

$$f\text{c28 (MPa)} = \frac{F_c}{1600}$$

III.5.2.3. Absorption d'eau par capillarité:

Conformément à la norme**(NE 13057)** , dans cet essai, on prend un morceau d'éprouvette de mortier déjà utilisé puis séché. On le pèse (m0) au début, après l'introduire dans un bac remplit d'un film d'eau d'épaisseur 5 mm d'eau (**Figure III.13)** et pendant chaque intervalle de temps (12min, 30min, 1h, 2h, 4h, 24h) on ressort les morceaux du bac et on les pèse (m1). Le différent de poids entre m1et m0 est le poids de l'eau absorbée (m1- m0)

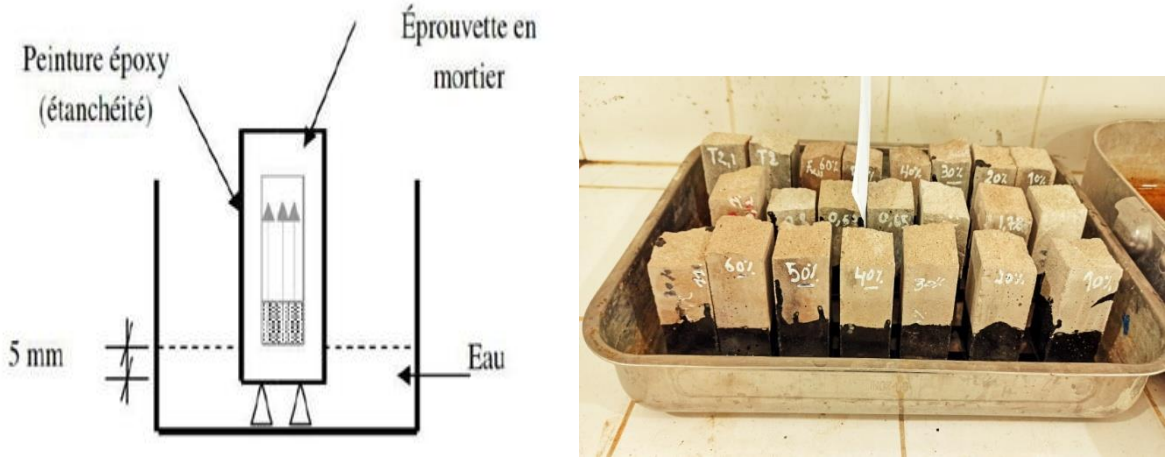


Figure III.13. Essai d'absorption d'eau par capillarité sur mortier

III.5.2.4 Essai de Porosité

Mode opératoires recommandés Par le groupe AFREM

Le présent mode opératoire décrit une méthode de détermination de la masse volumique apparente et de la porosité accessible à l'eau de corps d'épreuve de béton durci de granulats courants naturels ou artificiels

III.5.2.4.1. Imbibition des éprouvettes :

On Place les éprouvettes dans un récipient étanche une fois le récipient fermé, on fait le vide jusqu'à ce que l'on atteigne une pression constante de 25 mbar, on maintient ce vide pendant au moins 4h pour s'assurer que le dégazage des éprouvettes est terminé, on déconnecte le récipient de la pompe à vide et on vérifier à l'aide d'un manomètre que la pression ne remonte pas dans le corps d'épreuve. On reconnecte le récipient à la pompe à vide et introduire progressivement l'eau d'immersion de façon qu'après 15 minutes, les éprouvettes soit recouvertes d'environ 20mm d'eau. Maintenir cette pression réduit pendant 20h±1h à 20°C±2°C, puis on déconnecte la pompe et ouvrir le récipient (figure III.14)



Figure III.14. Imbibition des éprouvettes

III.5.2.4 .2. Détermination de la masse des éprouvettes immergées :

On Suspendre les éprouvettes à l'aide d'un fil à partir du système de suspension de la balance hydrostatique et les on peser complètement immergées dans une certaine quantité d'eau d'immersion contenue dans un bécher, on obtient ainsi la masse Meau des éprouvettes immergées.

III.5.2.4.3. Pesé dans l'air :

Extraire les éprouvettes de l'eau et l'essuyer rapidement et soigneusement, à l'aide d'une éponge ou d'un linge humide, afin de les débarrasses des gouttelettes et du film superficiel d'eau, sans toutefois retirer l'eau des pores. On obtient de cette manière, la masse Mair des éprouvettes imbibées.

III.5.2.4.4. Détermination de la masse du corps d'épreuve sec :

S'effectue par étuvage de l'échantillon à une température de 105 ±5°C jusqu'à stabilisation de la masse, c'est-à-dire lorsque deux pesées consécutives espacées de 24 heures ne déférent pas de plus de 0.05%. La masse ainsi déterminer est la masse de l'éprouvette sèche M sec. On utilise la formule suivante pour calculer la porosité accessible à l'eau P dans l'équation (1) [64].

M_{eau} est la masse, en gramme, des éprouvettes immergées dans l'eau.

M_{air} est la masse, en gramme, des éprouvettes imbibées pesées dans l'air.

$M_{séche}$ est la masse, en gramme, des éprouvettes secs

$$\boldsymbol{n} = \left(\frac{M_{air} - M_{séche}}{M_{air} - M_{eau}}\right) \times 100 \text{.....(1)}$$



Figure III.15. Essai de porosité sur mortier

.III.6. Conclusion

Les essais menés dans cette étude ont été élaborés sur des mortiers à base de déchet de briques. Pour déterminer leurs caractéristiques rhéologiques des essais LCPC de maniabilité ont été effectués. Ensuite, des essais relatifs au domaine mécanique ont été réalisés et qui ont pour objet de déterminer les propriétés mécaniques (compression, traction, absorption d'eau, porosité) afin de reconnaitre l'effet de déchet de briques sur les mortiers que ce soit à l'état frais ou durci. La connaissance de ces caractéristiques nous aide d'une façon significative à commenter les résultats des essais expérimentaux.

CHAPITRE IV
Analyses & Interprétation

IV.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous présentons l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus sur l'effet de substitution du sable corrigé par déchet de briques sur le mortier pour voir les caractéristiques rhéologiques et mécaniques de ce nouveau composite de mortier.

A cet effet, nous visons à tester les différents mortiers réalisés par l'essai LCPC à l'état frais. Ainsi la caractérisation des différents mortiers à l'état durci à travers l'essai de traction, l'essai de compression, la porosité, Les résultats expérimentaux obtenus dans cette étude sont présentés et discuter :

- **L'effet sur la fluidité :**
  - l'essai de maniabilimètre LCPC
- **L'effet sur les propriétés mécaniques**:
  - La résistance à la compression
  - La résistance à la flexion par traction
- **L'effet sur les propriétés physiques (durabilité):**
  - La porosité accessible à l'eau.
  - L'absorption d'eau par capillarité.

Le protocole des essais à été fait selon deux étapes :

- Première étape : Le dosage du ciment, le rapport E/C= 0.5 et le Super Plastifiant= 0.6% à été fixé pour l'ensemble des pourcentages de substitution du sable naturel par le déchet de brique.
- Deuxième étape : Le dosage du ciment, le rapport E/C= 0.5 à été fixé pour l'ensemble des pourcentages de substitution du sable naturel par le déchet de brique. Le pourcentage du super plastifiant à été varié en fonction du taux de substitution du sable naturel par le déchet de brique.

IV.2 Première étape

IV.2 .1 L'effet sur la fluidité :

IV.2.1.1. l'essai de maniabilimètre LCPC:

Les valeurs du temps d'écoulement des différents mortiers à base de déchets de brique par rapport au mortier témoin; la maniabilité est élaborée par l'essai de maniabilimètre LCPC est présenté dans la figure IV.1.

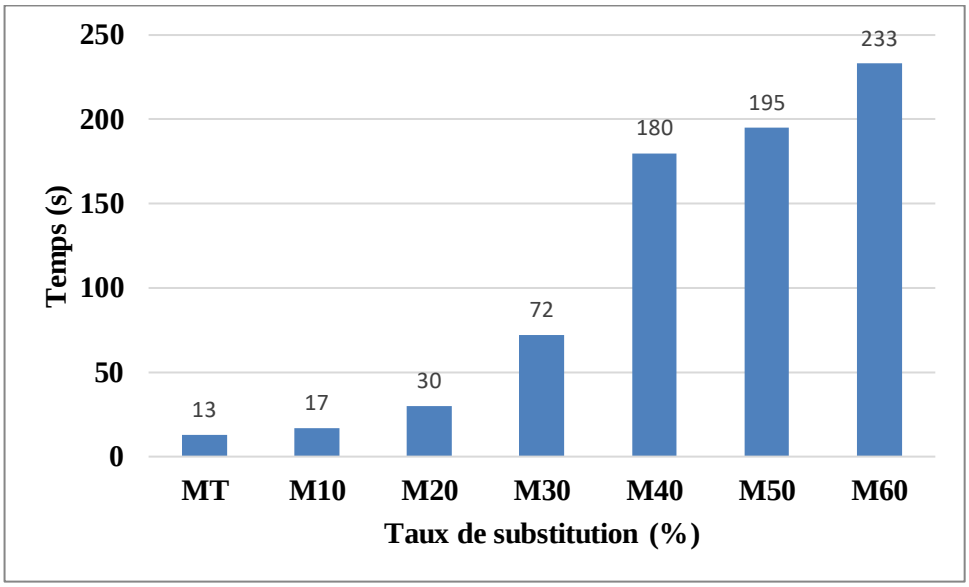


Figure. IV.1. : Temps d'écoulement en fonction de substitution du sable par déchet de briques (E/C=0.5 et SP=0.6%)

Discussions :

Les différents mortiers présentent le même rapport E/C à savoir 0.5 pour une seule variable qui est le taux de substitution du sable naturel par les déchets de brique. Les résultats de maniabilité obtenus montrent l'évolution de temps d'écoulement comme indiqué sur la Figure IV.1.

On remarque que le temps d'écoulement des mortiers s'élèvent avec l'augmentation des pourcentages du taux de substitution (MT, M10,M20,M30 ,M40,M50,M60), pour un dosage de ciment 450 kg et un rapport E/C=0.5 par rapport au mortier témoin. une augmentation de temps d'écoulement au cours du temps pour les mortiers a base de sable de démolition (déchets de brique) quel que soit la méthode de formulation ce qui confirme les résultats trouvés par plusieurs chercheures **[**69,70,71**]**, Cette augmentation est expliquée en

partie par le fait que le déchet de brique continue à absorber une partie de l'eau au cours du temps et en raison des réactions d'hydratation du ciment responsable d'un raidissement de la pâte. L'influence sur le comportement à l'état frais (maniabilité) du mortier contenant du sable de démolition (déchets de brique) est non seulement due à l'absorption d'eau et des réactions d'hydratation du ciment. Probablement, la maniabilité du mortier peut être influencée par la géométrie des granulats (forme irrégulière) des déchets.

IV.2.2 L'effet sur les propriétés mécaniques:

IV.2.2.1 La résistance à la compression :

Pour mieux saisir le sens de l'évolution relative de la résistance à la compression des différents mortiers avec l'âge et fonction du taux de substitution de déchets de brique, et permettre la comparaison avec le mortier témoin, nous présentons cette évolution sous forme d'une courbe donné par la Figure IV.2

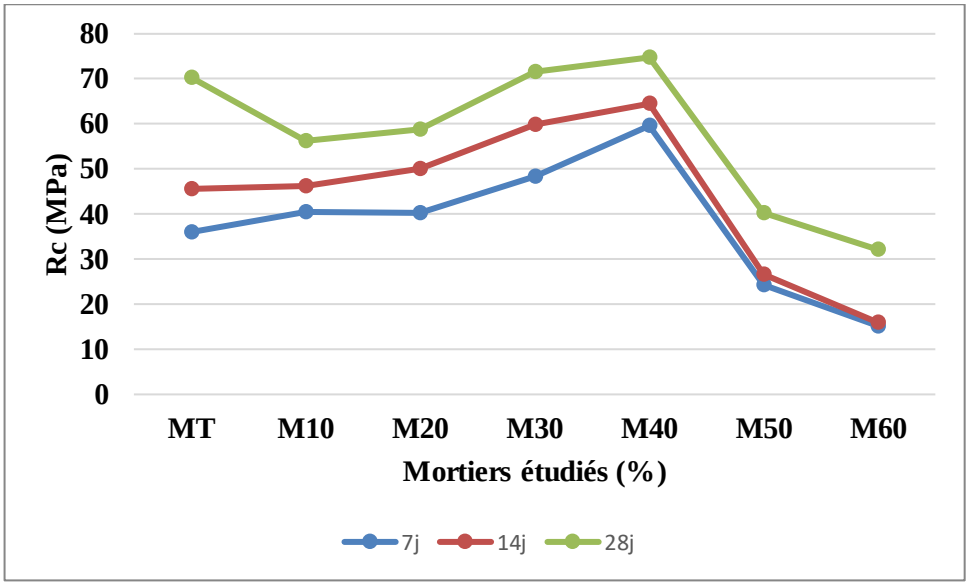


Figure. IV . 2 Variation de la résistance à la compression des mortiers à base de déchet de brique

La première remarque qui doit être soulignée à travers la figure. IV.2. qu'à jeune âge 7j, 14j les résistances des mortiers à base de déchet de brique augment avec l'augmentation du taux de substitution en déchet jusqu'à M40 atteignant une résistance de 60 et 65 MPa respectivement. On remarque aussi, que les performances mécaniques se développent dans les

premiers jours de l'hydratation. A partir de M40 la résistance commence à diminué jusqu'à M60% avec une résistance de 15 MPa.

A l'âge de 28 jours, on remarque que les résistances des mortiers M40% dépasse celle du mortier de référence avec une résistance de 75 MPa. On peut dire que la pouzzolanicité qui a été déterminante et a donné par conséquent de sensibles progressions de résistance à ces mortiers.

IV.2.2.2 Résistance à la traction par flexion :

La mesure de la résistance à la traction est importante surtout pour identifier l'adhérence Ciment-Granulats. Les résultats trouvés sont résumés dans la figure IV.3 :

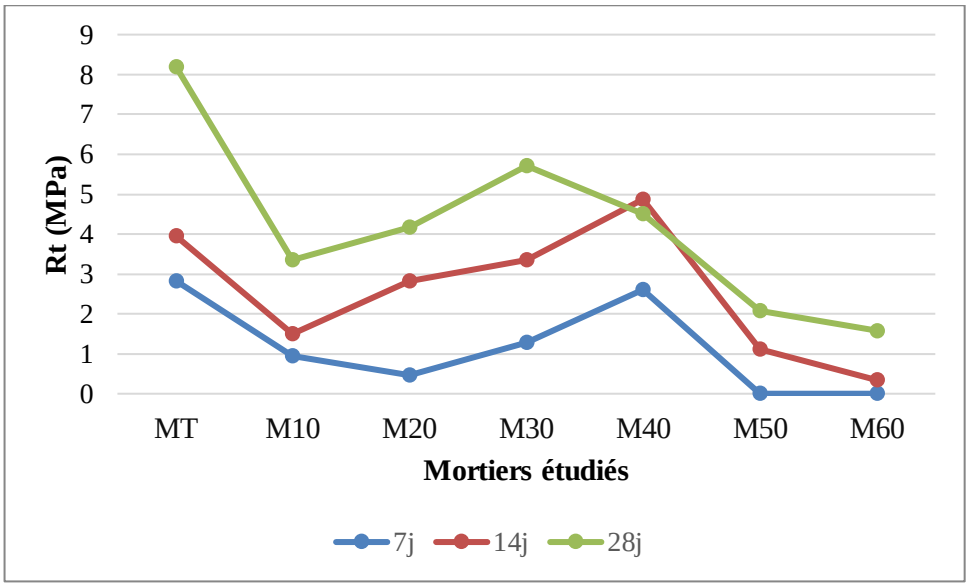


Figure IV. 3. Variation de la résistance à la traction par flexion des mortiers à base de déchet de brique

D'après la figure. IV.3., On remarque que les résistances à la traction commencent à augmenter à partir de M20 quel que soit l'âge de mortier. La meilleure résistance observée correspond au mortier M40 à l'âge de 7j et 14j et de et M30 pour âge de 28 j. Les résistances de tous les mortiers ne dépassent pas celle du mortier témoin quel que soit l'âge.

On remarque aussi, une chute de résistance a partir M30 et M40 d'une façon considérable, cela peut être attribué à la faible adhérence entre la pâte de ciment et les grains de sable de déchets de briques et à la résistance et la dureté des particules de sable c'est-à-dire sa capacité à résister aux contraintes qui lui sont appliquées.

IV.2.3 L'effet sur les propriétés physiques :

IV.2.3.1 La porosité accessible à l'eau :

La figure. IV.4. illustre la variation de la porosité d'un mortier à base de sable de brique en fonction du taux de substitution en déchet de brique.

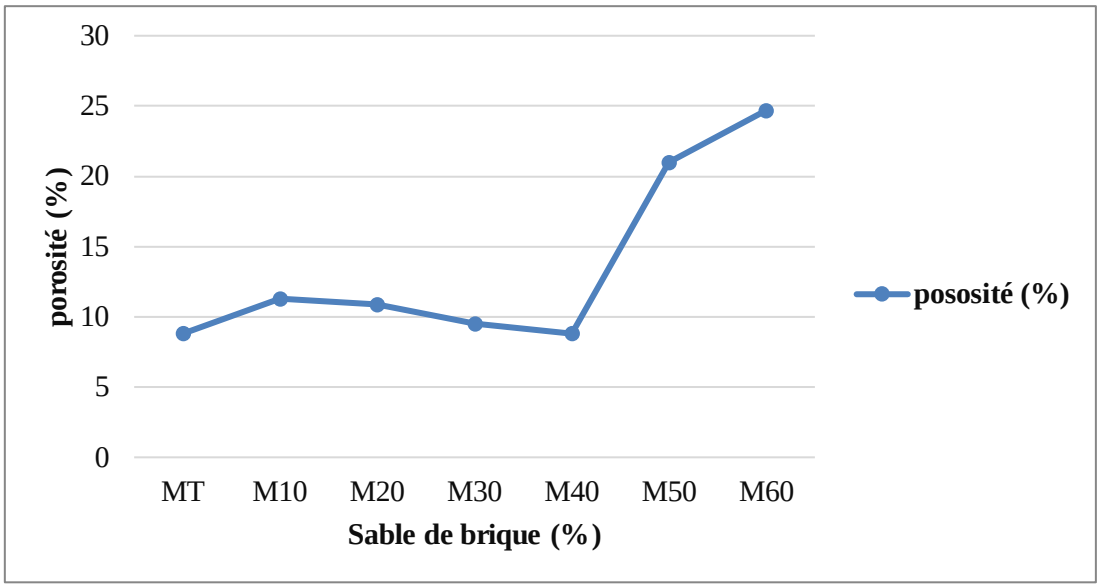


Figure. IV.4. Evolution de la porosité des mortiers à base de déchet de brique.

On constate d'après ces résultats que la porosité des mortiers augmente avec l'augmentation du pourcentage de substitution en sable de brique par rapport le mortier témoin. On enregistre une augmentation de 11.29 %, 10.86%, 21.02 % et 24.69% pour le taux M10, M20, M50, M60 pour le cas du mortier M40, il ya pas eu d'augmentation par rapport au mortier témoin. Cette porosité est du essentiellement à la nature des granulats, la géométrie des granulats (forme et rugosité de surface)

IV.2.3.2 Evolution de la résistance de compression en fonction de la porosité

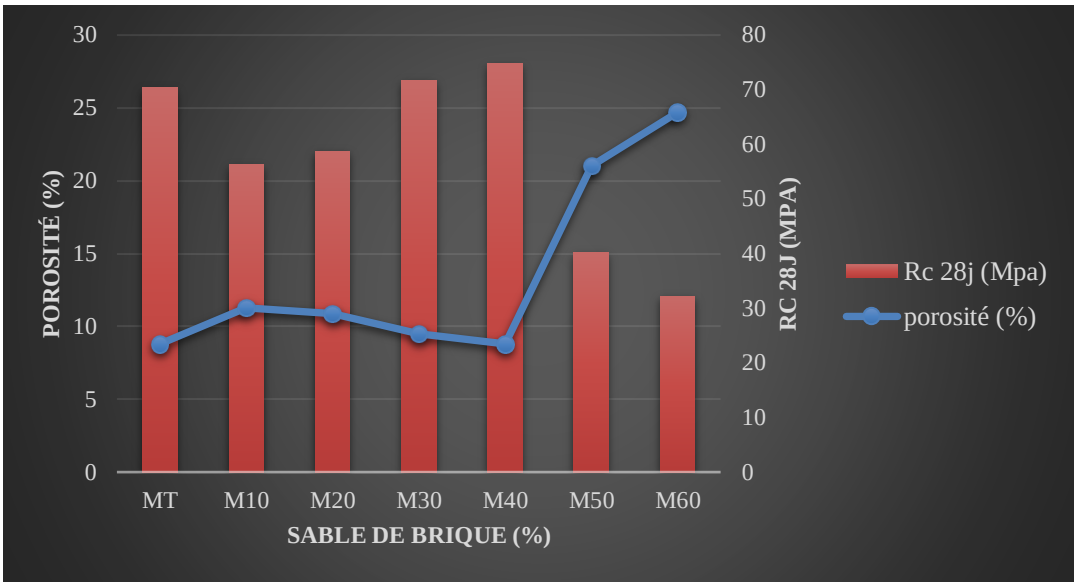


Figure. IV.5. Evolution de la résistance de compression en fonction de la porosité

D'après la figure. IV.5.on remarque que la porosité augmente en fonction du taux de déchets de brique par contre la résistance augmente jusqu'a M40 par rapport le mortier témoin, au delà de M40 on remarque que le contraire la résistance diminue et la porosité augmente a l'âge 28 jours

IV.2.3.3. L'absorption d'eau par capillarité :

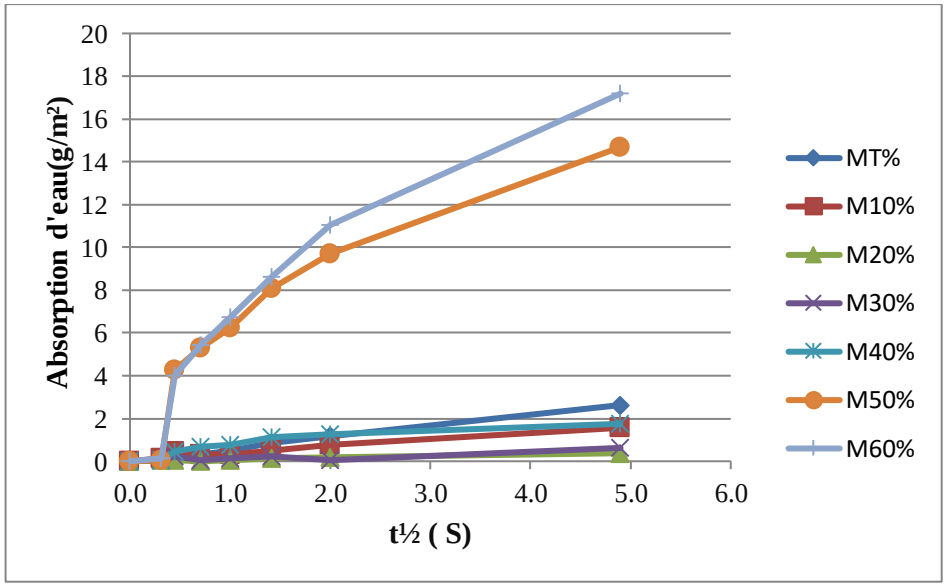


Figure IV.6 Absorption capillaire pour les mortiers de sable de brique

Les premières observations montrent que la quantité d'eau absorbée par les échantillons du mortier de sable de brique , augmente en fonctions du temps, on remarque aussi à substitution (M10,M20,M30 et M40), la quantité d'eau absorbée est moins par rapport à la quantité d'eau absorbée du mortier témoin, le taux de déchets de brique (M50 et M60) présentent une augmentation d'absorption plus grande par rapport au mortier témoin. En raison de l'effet positif de la poudre de brique sur la compacité des mortiers (effet filler et pouzzolanique de la poudre de brique) [76].

IV.3 Deuxième étape

Dans cette étape d'étude, le pourcentage des adjuvants super plastifiant «sika visco Crete TEMPO-10 » à été varié en fonction de substitution du sable de déchet de brique pour améliorer l'ouvrabilité à l'état frais des mortiers étudiés (mortiers de déchet de brique avec le mortier témoin).

IV.3.1. L'effet sur la fluidité :

Tableau IV.1 : Besoin en adjuvant des mortiers de déchet de brique

Pourcentage de déchet de brique	00	10	20	30	40	50	50	60
Pourcentage de super plastifiant	**0.6**	**0.8**	**1**	**1.2**	**1.3**	**1.9**	**2**	**3**

Tableau IV.2. Compositions des mortiers de déchets de brique en fonction du pourcentage du super plastifiant

Type de mortier	Substitution (%)	Ciment (g)	Sable (g)	Eau (g)	E/C %	Super Plastifiant		Déchets de Brique (g)	Temps d'écoulement (s)
						(g)	%		
MT	0	450	1350	225	0.5	2.7	0.6	0	13
M10	10	450	1223.3	225	0.5	2.9	0.8	126.7	8
M20	20	450	1096.6	225	0.5	4.5	1	253.4	8
M30	30	450	969.93	225	0.5	5.4	1.2	380.07	10
M40	40	450	843.24	225	0.5	5.8	1.3	506.76	11
M50	50	450	716.54	225	0.5	9	2	633.46	9
M60	60	450	589.85	225	0.5	13.5	3	760.15	25

Le tableau IV.2 présente la variation de la maniabilité des mortiers composés en fonction du pourcentage du **super plastifiant**. On constate que plus on augmente le pourcentage de déchet de brique, le pourcentage du super plastifiant doit être aussi augmenté

pour avoir une consistance plus ou moins normale. Pour le M60 la consistance devient plus normale pour un pourcentage de 3 % du super plastifiant limité dans la fiche technique.

IV.3.2. L'effet sur les propriétés mécaniques:

IV.3.2.1. Resistance à la compression :

Nous avons choisi dans cette étude expérimentale de mesurer la résistance à la compression à 7, 14, 28 jours. Ces résistances sont mesurées sur 7 mortiers élaborés (un mortier témoin sans déchets de brique et 6 mortiers avec divers taux de déchets de brique et en fonction du super plastifiant présentés dans la figure. IV.7.

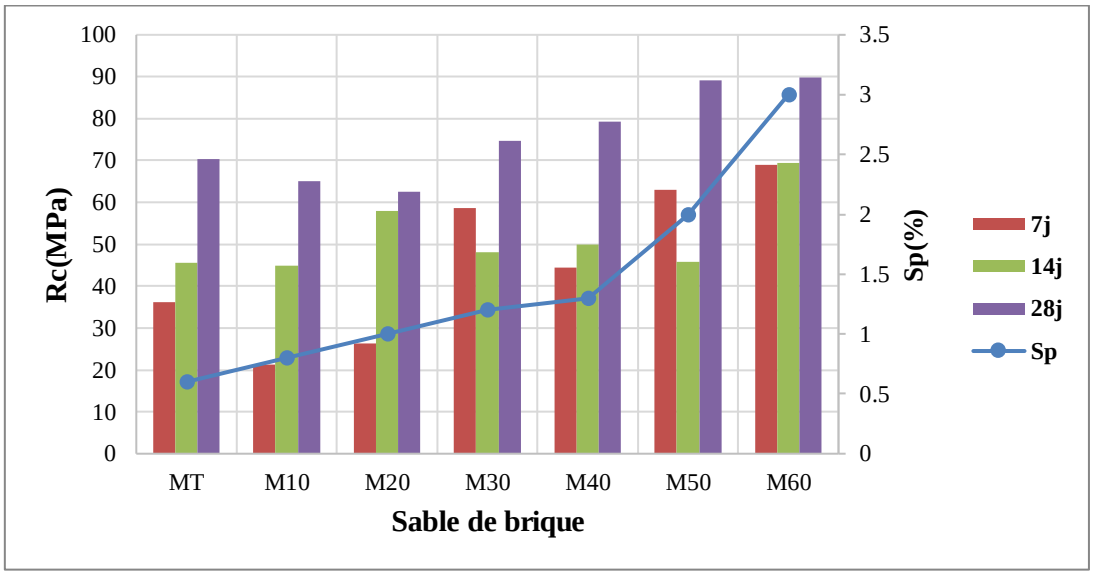


Figure IV.7. Variation de la résistance à la compression des mortiers composés

D'après la Figure IV.7 présenté, on remarque que la résistance à la compression augmentent en fonction du taux de déchets de brique et l'augmentation du dosage du super plastifiant de mortier par rapport au témoin. Mais pour le taux de M10 et M20 la résistance diminue par rapport au témoin.

IV.3.2.2. Resistance à la traction par flexion

Pour évaluer la résistance à la traction à 7,14, 28 jours des mortiers d'étude, deux éprouvettes de chaque composition ont été soumises au test de la résistance à la traction par flexion. Les résultats obtenus sont groupés dans la figure. IV.8.

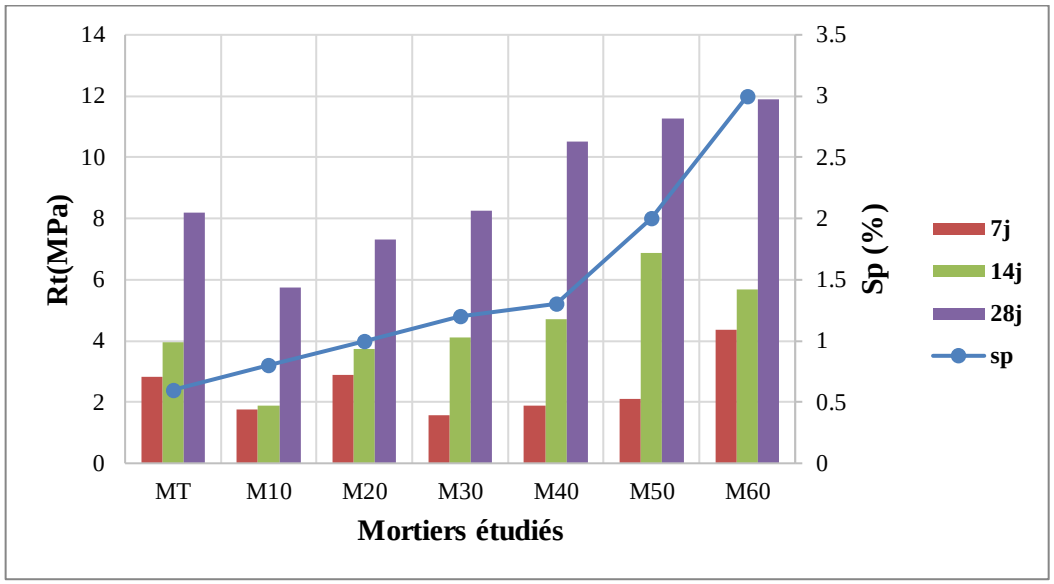


Figure IV.8. Variation de la résistance à la traction des mortiers composés

L'influence des différents dosages de la poudre de brique sur la résistance à la traction du mortier à des différents âges (7, 14 et 28 jours), a montré que les résistances à la traction diminue aux taux de substitution M10, M20 **et** M30 par rapport au mortier témoin pour tous les âges de mortier en fonction du pourcentage de super plastifiant. Par contre une augmentation de résistance mécanique à la traction a été enregistrée pour les taux M40, M50, M60 par une valeur maximale égale à 11.9MPa à un dosage de super plastifiant de 3% et à un âge de 28 jours.

IV.3.3 L'effet sur les propriétés physiques :

IV.3.3.1. La porosité accessible à l'eau :

La Figure. IV.9 illustre la variation de la porosité d'un mortier à base de sable de brique en fonction du taux de substitution en sables de brique et pourcentage de super plastifiant.

D'après la figure. IV.9. on remarque que la porosité diminue avec l'augmentation du pourcentage du taux de sable de brique (déchets de brique) jusqu'à un taux M50 par rapport au mortier témoin et M10. A partir de ce taux, elle commence à augmenter jusqu'au taux M60.

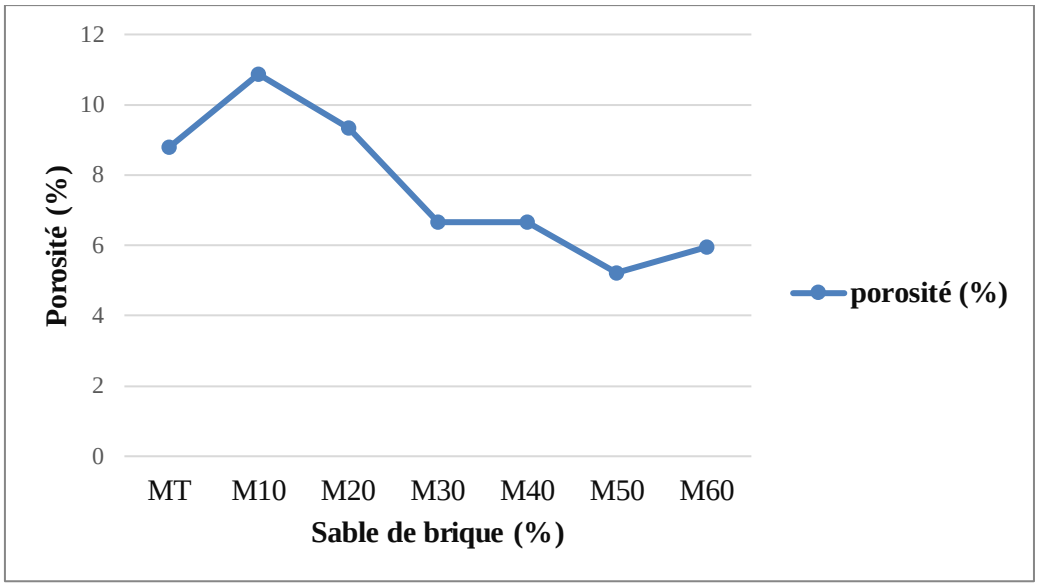


Figure. V.9. la variation de la porosité d'un mortier de sable de brique

IV.3.3.2. Variation de la porosité sur la résistance de compression à 28j

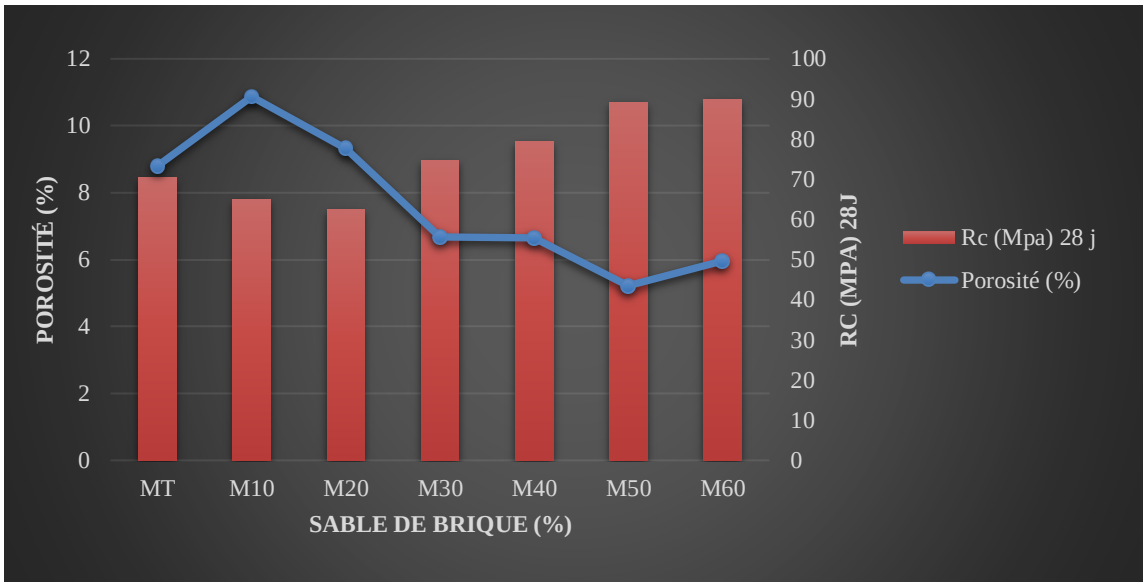


Figure IV.10. Variation de la porosité sur la résistance de compression à 28j

L**a** figure. IV.10. présente la porosité des M 10, M20 ; M 30 ; 40 ; M 50 et M 60 qui diminue par rapport à celui du MT et M10, d'autre part la Résistance de compression augmente selon la littérature. L'augmentation de la résistance de compression s'élève avec la diminution de la Porosité. On peut dire que plus la porosité diminue plus la résistance à la compression augmente.

IV.3.3.3. Absorption d'eau par capillarité

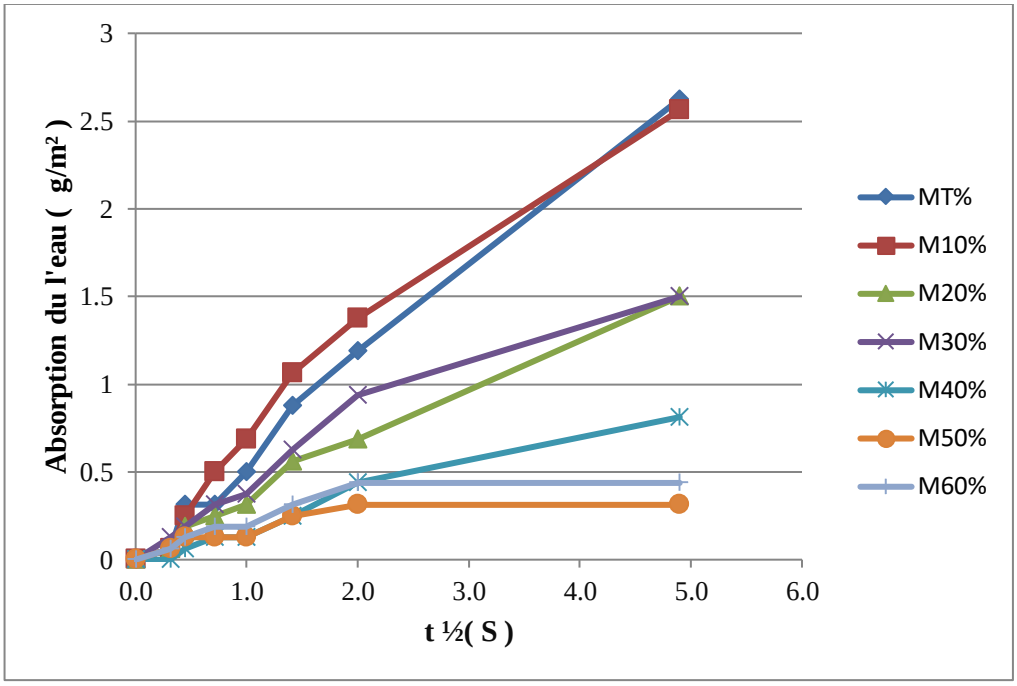


Figure. IV.11 Absorption d'eau par capillarité des mortiers à base de déchets de brique

On remarque que la quantité d'eau absorbée par les échantillons du mortier de sable de brique, diminue en fonction du temps par rapport au mortier témoin.

IV.4. Conclusion

L'analyse des résultats expérimentaux peut mener aux quelques conclusions suivantes :

- Les mortiers à base de déchet de brique présentent une mauvaise ouvrabilité par rapport au mortier témoin (sans déchet de brique). Ce qui est dû au taux d'absorption élevé de ce déchet ;
- Des améliorations dans les performances mécaniques des mortiers ont été constatées à partir de 28 jours d'âge avec l'ajout de la poudre de déchet de brique comme un ajout pouzzolanique pour les taux de substitution de M30 et M40 du volume de sable corrigé, comparativement au mortier témoin.
- L'ajout de la poudre de déchet de brique, diminue à la fois le taux d'absorption par capillarité

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

1. Conclusion générale

Le présent travail avait pour objectif la valorisation des déchets issus des travaux de construction. A cet effet l'étude est basée sur la comparaison du comportement du mortier ordinaire à maniabilité constante avec le remplacement partiel du sable corrigé par le sable des déchets de brique; qui a permis de confirmer un certain nombre de résultats de la bibliographie. La synthèse bibliographique et l'analyse des résultats expérimentaux nous ont permet de tirer les conclusions suivantes :

- A l'état frais le super plastifiant joue un rôle important dans le mortier frais en fonction du taux de substitution de déchets de brique, il peut améliorer la maniabilité, et par suite facilite la mise en œuvre.
- A l'état durci l'augmentation du taux de substitution a mené à une augmentation des résistances à la compression et à la traction par flexion du mortier étudié.
- Absorption d'eau par capillarité des mortiers à base de déchets de brique diminue en fonction du temps par rapport au mortier témoin.
- Le recyclage de brique a pour but d'avoir une poudre qui présente un effet bénéfique pour le mortier (réaction pouzzolanique), ce bénéfice est traduit par des résistances importantes et une durabilité accrue.
- La porosité du mortier diminue (compacité augmenté) par substitution de différents taux de sable corrigé par des déchets de brique.

Pour cela, il est indispensable d'effectuer une étude qui porte sur la recherche du dosage optimal de l'incorporation de déchets de brique pour acquérir plus de performances dans le nouveau composite du mortier.

2. Recommandations

Des développements futurs dans le domaine du recyclage des déchets pourront faire l'objet de recherches et d'études dans les thèmes suivants :

- Substitution de ciment par des granulats de déchets de brique.
- L'effet des déchets de briques sur la durabilité des mortiers de maçonnerie.
- Visualisation de l'effet des poudres de brique sur la microstructure des mortiers.

References :

[1] THÈSE Présentée en vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT 3 ème cycle Par: BOUKOUR Salim 2017

[2] Khan, M.I., Saeed, A., Siddique, R. (2016). Utilization of waste bricks as aggregates in cement mortar. Construction and Building Materials, 112, 638-647

[3] Rahal, K.N., Rizkalla, S.H., & Mousa, A. (2014). Properties of fresh and hardened mortar using high volumes of brick kiln industry waste. Construction and Building Materials, 51, 190-197

[4] Messaouda Belouadah, Zine El Abidine Rahmouni , Nadia Tebbal - Combined correlation between concrete compressive strength, sclerometer and ultrasonic velocity. 1. International hasankeyf scientific research and innovation congress. 06 - 07 NOVEMBER 2021 / BATMAN

[5] Bouali Khaled « Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires », mémoire de magister (spécialité : Génie des Matériaux) Option Physique et Mécanique des Matériaux UNIVERSITE M"HAMED BOUGARA-BOUMERDES
2013/2014

[6] R. DUPAIN, R. LANCHON, J-C. SAINT-ARROMAN ≪Granulat, sols, ciment et béton≫ Edition

[7] R.DUPAIN, R.LANCHON, J-C.SAINT-ARROMAN, « Granulat, sols, ciment et béton »Edition casteilla-PARIS-2004.

[8] [WILLIAM.D, CALLISTER.JR, « Science et génie des matériaux ». Modolu Editeur, 2001.

[9] P. Ghosh, S. Mandal, B. D. Chattopadhyay, S. Pal, Use of microorganism to improve the strength of cement mortar, Cement and Concrete Research 35 (10) (2005) 1980-1983

[10] T. Poinot, Influence des hydroxypropylguars sur les propriétés des mortiers de ciment à l'état frais, thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (2013)

[11] M. Daoud, Influence des conditions climatiques sur l'état des contraintes dans une structure hydraulique en béton, thèse de doctorat de l'Université de Sherbrooke (1997

[12] S. Roux, Évaluation des risques de biodégradation des bétons en contact avec une eau douce naturelle, thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur - Strasbourg I (2008)

[13] A. Z. Miller, P. Sanmartin, L. P. Pardo, A. Dionisio, C. S. Jimenez, M. F. Macedo, B. Prieto, Bioreceptivity of building stones: a review, Science of the total environment 426 (2012) 1-12

[14] A. Yahia, M. Tanimura, A. Shimabukuro, Y. Shimoyama, Effect of rheological parameters on selfcompactability of concrete containing various mineral admixtures, International RILEM symposium on selfcompacting concrete (1999).

[15] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, L'influence de sable substitué par du brique sur l'évolution des propriétés physiques et mécaniques des mortiers soumis à de hautes températures, Année universitaire : 2020 /2021.

[16] Manuel Bustillo Revuelta,Construction Materials Faculty of Geology Complutense University Madrid, Spain, ISBN 978-3-030-65207-4 (eBook).

[17]https://elearning-facsct.univ-annaba.dz/pluginfile.php/3933/mod_resource/content/1/Les%20mortiers.pdf

[18] HAFFAF Ikra ,LAMOURI Oum El Kheir(Etude de la résistance des mortiers Aux attaques acides), Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen ,Faculté de Technologie Département de Génie Civil Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master Spécialité,Génie Civil Option,Structure.

[19] « COMPORTEMENT DES MURS EN MAÇONNERIE SOUS SOLLICITATION» chapitre 1 page15 thèse de master en génie civil université de Tlemcen.

[20] HAMEL CHOUROUK & BOUHEKA ABDIA, FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES DÉPARTEMENT GÉNIE CIVIL Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master Spécialité ,Génie civil Option,structures/ 2021/2022.

[21] Georges Dreux, Jean Festa, « Nouveau guide du béton et de ses constituants ». Paris.

[22] Neville A., Geon M., 2000, Propriétés des bétons, traduits par CRIB Centre de Recherche Interuniversitaire sur le Béton, SHERBOOKE-Laval-éditions Eyrolles.

[23] A. A. Al-Eyani, Valorisation du déchet de marbre et de verre comme additif dans la production du mortier, M'SILA: UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF, 2017

[24]thesis.univ mohamed khider-biskra.dz/2295/4/Chapitre%2002.pdf

[25] - DR. Bentchikou Mohamed M.Bouleghbar Yasmine (Etude des propriétés d'un mortier autoplaçant avec la poudre de brique comme substituant au ciment) Mémoire de Master Université de Médéa, 2019

[26] https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/construction-maison-preparer-bon-mortier-hourdage-1023/page/7/

[27]univsba.dz/ft/images/Polycopie/POLYCOPE_MATERIAUX_DE_CONSTRUCTION_2022_SAIDI_HAYAT.pdf

[28] Mr HAMEL DJAMEL EDDINE & Mr BEN HAMMADI ILYES « Étude physico-mécanique
d'un mortier à base de sable de dune et déchets industrielles (déchet de brique et déchet de plastique PET) » Mémoire de master en génie civil, université de Ghardaïa, Année universitaire
2020/202.

[29] M. Kenza, Comportement des bétons à base de granulats de déchets de démolition de béton sous différentes conditions de durcissement. Mémoire Université Mohamed El Bachir El ibrahimi , Bordj Bou Arreridj, 2016.

[30] M. C. HAMZA et M. T. ZAHIR, Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre. Mémoire Université Akli Mohand Oulhadj, Bouira 2017

[31] Module N° 1 : « Connaître les Déchets » ", [en ligne], 2004, Disponible sur : http://www.giraudbtp.com/life/fr/guidebonnepratique04/LiG3-GBPDC-volet1.htm, (consulté en 2004).

-Lanquetin A-S., " Guide Pratique de l'Entreprise du Bâtiment – Déchets du Bâtiment : Quelles Solutions dans le Val d'Oise ? ", Chambre Régionale de Métiers de Basse-Normandie, [en ligne], 2004, Disponible sur : http://www.cm-cergy.fr/dossiers/guide-.PDF, (consulté en 2004).

[32] K. SAYEH et H. MEFTEH, LA GESTION DES DECHETS INDUSTRIELS . ETUDE DE CAS FLASH CHEMICALS INDUSTRY (FCI), Ouargla: Université Kasdi Merbah , 2017

[33] L. ISLAM, VALORISATION DES DECHETS DANS LE BETON AUTO-PLAçANT : ETAT DE L'ART, Guelma: l'Université 8 Mai 1945, 2020.

[34] Article de Wikipédia : L'encyclopédie libre : http://fr.wikipedia.org/wiki/recyclage

[35] Queband.M, Courtial.M & Buyle-Bodin.F: «Le recyclage des matériaux de Démolition. Matériaux et structure » Travaux, n°721, juin 1996, PP.65-7.

[36] Mr Bounoua Sami (Valorisation des matériaux locaux), Spécialité Structures, Université larbi ben M'hidi Oum el bouaghai Faculte de technologie Département de génie civil , Anneé 2021 .

[37] L'environnement mis à profit : « Production et consommation. www.labelinfo.ch ».

[38] [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Recyclage.

[39] Neville Adam. M., " Propriétés des Bétons ", Éditions Eyrolles, Paris, 2000, p. 103 - 726

[40] Akhtaruzzaman A.A. et Hasnat A., " Properties of Concrete Using Crushed Brick As Aggregate ", Concrete International, Vol. 5, N°. 2, Feb. 1983, p. 58 – 63.

[41] " Archives sur la Construction et la Démolition – Résumés – Bulletin d'Information sur la Technologie du Recyclage ", Gouvernement du Canada, [en ligne], 2005, Disponible sur : http://www.nrcan.gc.ca/mms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/rnet/consab- f.htm, (consulté en 2005).

[42] Lefêvre M., " la Gestion des Déchets en Europe : Notions de Droit Communautaire, Droit Allemand et Droit Français – Séminaire International sur la Gestion Intégrée des Déchets Solides ", Recueil des communications, Éditeur GTZ, Alger, 2000.

[43] Debieb F., " Valorisation des Déchets de Briques et Béton de Démolition Comme Agrégats de Béton ", Mémoire de Magister en Génie Civil – Université de Blida, 1999.

[44] Allal M.A. et Sayagh C., " Recyclage des Déchets de Construction en Voiries – III^{ème} Congrès Algérien de la Route ", Recueil des communications, Tome I, ARAL, Alger, 2001, p. 102

[45] Bedjou S., " Contribution à la Valorisation des Déchets de Construction – Étude du Recyclage des Débris de Terre Cuite ", Mémoire de Magister en Génie Civil - ENP d'Alger, 200

[46] Nicolescu L., " Généralités : Rapport Général – Colloque International sur l'Utilisation des Sous-produits et Déchets dans le Génie Civil ", Recueil des communications, Volume III, ENPC, Paris, 1978, p. 15

[47] Ramachandran V. S., " Utilisation des Déchets et Sous-produits comme Granulats du Béton ", Conseil National de Recherches Canada, [en ligne], 2004, Disponible sur : http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd215f.html, (consulté en 2004

[48] Nicolescu L., " Généralités : Rapport Général – Colloque International sur l'Utilisation des Sous-produits et Déchets dans le Génie Civil ", Recueil des communications, Volume III, ENPC, Paris, 1978, p. 15

[49] Debaili F., " Journées d'Information sur la Promotion de L'Investissement dans la Fabrication des Produits Rouges ", Revue Construire N°34, CNAT, Alger, 1990.

[50] Orientations Prioritaires et Objectifs à Atteindre dans le Monde d'Approvisionnements des Granulats ", DRIRE de Franche-comté, [en ligne], 2004, Disponible sur : http://www.franche-comte.drire.gouv.fr/ssol/carrieres/.../hs/orien_prio.htm, (consulté en 2004).

[51] Mr HAMEL DJAMEL EDDINE & Mr BEN HAMMADI ILYES « Étude physico-mécaniqued'un mortier à base de sable de dune et déchets industrielles (déchet de brique et déchet deplastique PET) » Mémoire de master en génie civil, université de Ghardaïa, Année universitaire 2020/202.

[52] Observation Régionale de la Santé Nord-Pas-de-Calais : observation inattendues et capricieuses de la santé : Les déchets et la santé. Disponible sur : http://www.orsnpdc.org/observation/228815_1dechetsa.pdf. année 2010.

[53] BOURMATTE N., 2004, Granulats recyclés de substitution pour bétons hydrauliques, thèse de magister, Université de Constantine, Algérie.

[54] L. Alviset, « Matériaux de Terre Cuite ». Techniques de l'Ingénieur" 1994.

[55] A. Komar, «Matériaux et Elément de Construction ». Edition MIR 1978

[56] E. Oliver, «Technologie des Matériaux de Construction ». Edition ISBN 1976

[57] R. Delebecque, « Éléments de Construction "Bâtiment" ». Edition Delagrave1990

[58] Procédé général de fabrication de la brique : https://briqueterieslaoui.ma/nos-briques/

[59] HAKKOUM Soumia, " Etude de caractéristique thermique des en terre cuite traditionnelles dans la région de la wilaya Ouargla", Mémoire Magister, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 2015..

[60] Fédération national Belge de la brique, Fabrication de la brique, Brique de parement,Blocs treillis, brique de pavages,…des produits naturels en terre cuite.

[61] EN 196-1, - Méthodes d'essai des ciments - Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques. Norme européenne et française, 2006

[62] NF EN 196-1, 1995, « Méthodes d'essais des ciments. Partie 1: Détermination des résistances mécaniques », AFNOR

[63] NFP15-437,1987, Normes AFNOR: «Liants hydrauliques– Techniques des essais Caractérisation des ciments par mesure de la fluidité sous vibration des mortiers»

[64]. Hornain, H., GranDuBé: grandeurs associées à la durabilité des bétons. 2007: Presses des Ponts.

[65] NF EN 933-1, 1997, « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 1: Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR.

[66] NF EN 1097-6, 2001, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 6: Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau », AFNOR.

[67] NF EN 1097-3, 1998, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 3: Méthode pour la détermination de la masse volumique en vrac et de la porosité intergranulaire », AFNOR.

[68] NF EN 933-8, 1999, « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 8: Evaluation des fines. Equivalent de sable », AFNOR

[69] Étienne B. et Georges-Bernard D., 1837, Règlements sur les arts et métiers de Paris, rédigés au 13e siècle, et connus sous le nom du Livre des métiers d'Étienne Boileau. Crapelet.

[70] Augustin M. , 1935, *Ciments et mortiers*, Libre. Armand Colin, coll. « Génie civil », p. 2.

[71] Dina M. S., 2011, *Physic-mechanical properties of solid cement bricks containing recycled aggregates*, Building Materials Research and Quality Control Institute, Housing and Building National Research Center, Egypt

[72] Nigri. G. Nouvelle élaboration d'un liant hydraulique. Thèse de doctorat. Université 08 Mai 45. Guelma.Algérie. 2018.

[73]DESACHY Ch. (2001) : Les déchets : sensibilisation à une gestion écologique, Ed. TEC &DOC, Paris, 23, 27, 42p.

[74] PASCAL (2004) : l'invention des déchets urbains, France.Ellipses. 25, 27, 34, 43, 181p.

[75] MOLLETA R. (2009) : Le traitement des déchets, 18-20,105p

Annexes

Annexe A

FICHE TECHNIQUE DE CIMENT

SPA BISKRIA CIMENT

FICHE TECHNIQUE

CEM I 42.5R

CIMENT PORTLAND

Ciment portland, pour les bétons hautes performances et a une résistance rapide à court terme, destiné aux domaines où les délais de décoffrage sont courts, il est recommandé particulièrement pour le bétonnage par temps froid.

CEM I 42.5R:
Conforme à la norme Algérienne **(NA442-2013)**.



DOMAINES D'APPLICATION

Un ciment pour tous vos travaux de constructions de haute résistance a jeune âge, il est aussi recommandé pour les utilisations suivantes:

- Produits en bétons qui demandent un durcissement rapide.
- Le bétonnage dans des coffrages coulissant, surtout en période hivernale.
- Béton résistant au gel en présence de sels de déverglaçâge.
- Tabliers de ponts.
- Béton pompé.
- Béton projeté

APPLICATIONS RECOMMANDEES

- Béton armé à haute résistance.
- Béton autoplaçant.



Un produit conforme aux normes et spécifications de l'Union européenne. **Le marquage CE** est une exigence légale pour certains produits sur le marché de **l'UE**.

Produit conçu et fabriqué sous un Système de Management de la Qualité certifié **ISO 9001** par **AFAQ-AFNOR**.

FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment	Sable (sec) 0/5	Gravillons (sec) 8/15mm 15/25mm	Eau (litres)
Dosage pour béton	50k X1 +	X7 +	X5 + X4 +	25 L
	Ciment	**Sable Correcteur 0/1mm**	**Sable (sec) 0/4mm**	**Eau (litres)**
Mortier de briquetage	50k X1 +	X6 +	X9 +	35 L
Mortier de finitions	50k X1 +	X9 +	X6 +	35 L

Remarque: un bidon =10 litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Analyses chimiques (%)	valeur
Perte au feu	2.6 – 3.7
Teneur en sulfates (SO3)	2.2 – 2.8
Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	1.7 – 2.8
Teneur en Chlorures (Cl-)	0.03 – 0.07

Composition Potentielle du Clinker (Selon Bogue) (%)	valeur
C3S	56 – 66
C2S	5.1 – 7.2

Propriétés physiques	valeur
Consistance normale (%)	25.8 – 26.4
Expansion à chaud (mm)	0.25 – 1.0

Temps de prise (min)	valeur
Début de prise	150 – 190
Fin de prise	220-250

Résistence à la compréssion	valeur
2 jours (MPa)	20 – 29
28 jours (MPa)	42.5 – 52.5



CONSIGNES DE SÉCURITÉ

PROTÉGEZ VOTRE PEAU:

Portez les équipements adapté dans vos chantiers:



Djar Belahrache, Branis, Biskra, Algerie
Tel: (+213) 0560 753 424
Fax: (+213) 033 62 73 92
www.biskriaciment-dz.com
contact@biskriaciment-dz.com
Biskria Ciment

01/2022

Annexe B

FICHE TECHNIQUE DE SUPER PLASTIFIAN

BUILDING TRUST

NOTICE PRODUIT

Sika® ViscoCrete® TEMPO-10

Superplastifiant/Haut réducteur d'eau de nouvelle génération polyvalent

INFORMATIONS SUR LE PRODUIT

Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 est un superplastifiant/haut réducteur d'eau polyvalent de nouvelle génération non chloré, à base de copolymère acrylique.

DOMAINES D'APPLICATION

Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 convient pour la confection de béton en préfabrication, béton sur chantier et béton prêt à l'emploi. Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 est utilisé pour béton en cas de temps de transport ou délai de mise en oeuvre prolongés.
Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 permet la fabrication des:

- Bétons plastiques à très fluides
- Bétons à faibles rapports E/C avec ou sans fumée de silice
- Bétons avec réduction d'eau maximale (jusqu'à 30 %)
- Bétons avec air entraîné

CARACTÉRISTIQUES / AVANTAGES

Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 combine plusieurs mécanismes d'action. Par adsorption à la surface et le cloisonnement des fines pendant le processus d'hydratation les propriétés suivantes sont atteintes:

- Réduction d'eau extrêmement importante (donc étanchéité et résistances élevées)
- Fluidité élevée (donc moins de travail pour la mise en oeuvre et le compactage)
- Evolution plus rapide des résistances à court terme
- Etanchéité fortement améliorée
- Meilleures caractéristiques de fluage et de retrait
- Carbonatation du béton ralentie

Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 ne contient ni chlorures ni autres substances susceptibles de provoquer ou de favoriser la corrosion de l'acier, et peut donc être utilisé sans restrictions pour la construction d'ouvrages en béton armé et précontraint.

AGRÉMENTS / NORMES

Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 répond aux exigences de la norme NF EN 934-2 tableaux 1, 3.1 & 3.2.
PV CNERIB: DTEM 251/2016.

DESCRIPTION DU PRODUIT

Conditionnement	▪ Fût de 200 kg. ▪ Cubi de 1100 kg.
Aspect / Couleur	Liquide brun clair.
Durée de Conservation	12 mois de la date de production si le produit est stocké correctement en emballage intact.
Conditions de Stockage	Dans un local fermé, à l'abri de l'ensoleillement direct et du gel, entre 5 et 30 °C. Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 peut geler, mais une fois dégelé lentement et réhomogénéisé, il retrouve ses qualités d'origine. En cas de gel prolongé et intense, vérifier qu'il n'a pas été déstabilisé.
Densité	1.060 ± 0.010

Valeur pH	4.0 ± 1.0
Teneur Totale en Ions Chlorure	≤ 0.1 %
Équivalent Oxyde de Sodium	≤ 1 %

RENSEIGNEMENTS SUR L'APPLICATION

Dosage	Plage d'utilisation recommandée : 0,2 à 3% du poids de liant selon les performances recherchées. Dosage usuel : 0,4% à 1,5% du poids de liant.
Distribution	Sika® ViscoCrete® TEMPO-10 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.

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.

RESTRICTIONS LOCALES

Veuillez 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.

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 El Djazair SPA
08 route de Larbaa
16111 Les Eucalyptus
ALGERIE
Tél.: 0 21 50 16 92 à 95
Fax: 0 21 50 22 08
dza.sika.com