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

Formulation et caractérisation d'un mortier autoplaçants léger à base des granulats de liège

---

Présenté par

KERROUCHE Nadia

BENSALEM Ferial

Proposé et Dirigé par

HERIHIRI Ouided

Promotion Juin 2023

Ce jour marque la fin d’une longue période d’étude à

l’université de Médéa. Au terme de notre formation en générale et notre projet de fin d’étude en particulier, nous tenons à remercier, le Dieu miséricordieux qui nous a donné la force d’achever cette réalisation. Un grand merci à notre promoteur M^{elle} HERIHERI Ouided Nos gratitude **M**^{r} YOUNES OULDKHAOUA aidez-nous à accomplire ce travaile Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du génie civil de l’université de Médéa. Nos gratitudes à tous les membres du jury qui font l’honneur de juger notre travail. Un grand merci à toutes personnes ayant contribués à l’élaboration de ce mémoire.



Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma très chère **Mère** et à mon cher **Père** et à mon cher **marie**, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.

A mes sœurs : Khadîdja, Amina, mariem, Sabrina.

A mon oncle maternel : belhachemi Tarak.

Je remercie mon amie et binôme férial qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.

A tous mes Amis

A toute la promotion de G.C 2023.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma très chère **Mère** et à mon cher **Père** et à mon cher **marie**, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.

A mes sœurs :

Je remercie mon amie et binôme NADIA qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.

A tous mes Amis.

A toute la promotion de G.C 2023.

Résumé

Le secteur de génie civil, comme d'autres secteurs dans le monde, s'est tourné vers le développement durable en mettant l'accent sur les aspects environnementaux comme objectif important. Dans ce contexte, nous avons choisi d'utiliser des produits écologiques comme alternative aux matériaux de construction classique pour la mise au point d'un Eco- mortier autoplaçant (EMAP) afin d'obtenir la qualité et l'économie d'un composite auto-compactant tout en garantissant la conservation de l'environnement.
Un mortier autoplaçant léger (EMAPL), est un composite qui se caractérise par sa fluidité et sa légèreté, d'ailleurs il est très déformable et pas stable vis-à-vis le ressuage et à la ségrégation. L'objectif de cette recherche, est d'élaborer une formulation de mortier autoplaçant léger à base des grains de liège expansé en gardant une ouvrabilité élevée et une très bonne stabilité, puis étudié son comportement à l'état durci. Dans ce sens, notre étude expérimentale porte sur des mortiers autoplaçants légers contenant différents pourcentages volumiques allant de 0, 25, 50, 75 à 100 % de grains de liège expansé partiellement substituées au sable. Les résultats expérimentaux ont révélé que la substitution partielle du sable par les grains de liège expansé jusqu'à 75% dans les MAP à l'état frais a conduit à des résultats de propriétés appréciable. En revanche, le composite à 100% de liège expansé a avéré un effet négatif de son comportement vis-à-vis la capacité de passage, remplissage et à la ségrégation. Cependant à l'état durci, le remplacement des grains de liège améliore les critères d'isolation.

Les mots clés : mortier autoplaçants léger, superplastifiant, résistance, grains de liège, Isolation.

ملخص

تحول قطاع الهندسة المدنية ، مثل القطاعات الأخرى في العالم ، نحو التنمية المستدامة مع التركيز على الجوانب البيئية كهدف مهم. في هذا السياق ، اخترنا استخدام المنتجات البيئية كبديل لمواد البناء التقليدية لتطوير ملاط صديق للبيئة مضغوط ذاتيًا **(EMAP)** من أجل الحصول على جودة واقتصاد مركب قائم بذاته. ضمان الحفاظ على البيئة.

ملاط خفيف الوزن مضغوط ذاتيًا **(EMAPL)** هو مركب يتميز بسيولته وخفته ، علاوة على ذلك فهو شديد التشوه وغير مستقر فيما يتعلق بتجانس وانفصال مكوناته. الهدف من هذا البحث هو تطوير تركيبة ملاط خفيفة الوزن ذاتية الضغط تعتمد على حبيبات الفلين الموسعة مع الحفاظ على قابلية تشغيل عالية واستقرار جيد للغاية ودراسة سلوكها في الحالة الصلبة. بهذا المعنى ، تركز دراستنا التجريبية على الملاط الخفيف المضغوط ذاتيًا الذي يحتوي على نسب مختلفة من الحجم تتراوح من 0 ، 25 ، 50 ، 75 إلى 100٪ من حبيبات الفلين الموسعة التي تعوض جزئيًا الرمل.

أوضحت النتائج التجريبية أن الاستبدال الجزئي للرمل بحبيبات الفلين الموسعة حتى نسبة 75٪ بالملاط في الحالة الطازجة أدى إلى نتائج ذات خواص مقبولة. من ناحية أخرى ، ثبت أن مركب الفلين الممتد بنسبة 100٪ له تأثير سلبي على السلوك فيما يتعلق بقدرة المرور والتعبئة والفصل. ومع ذلك ، في الحالة الصلبة ، يؤدي استبدال حبيبات الفلين إلى تحسين معايير العزل.

الكلمات المفتاحية : الملاط الخفيف المضغوط ذاتيا، مادة ملدنة فائقة ، مقاومة ، حبيبات الفلين ، العزل.

Abstract

The civil engineering sector, like other sectors in the world, has turned towards sustainable development with an emphasis on environmental aspects as an important objective. In this context, we have chosen to use ecological products as an alternative to conventional construction materials for the development of a self-compacting Eco-mortar (EMAP) in order to obtain the quality and economy of a self-compacting composite while ensuring the conservation of the environment.

A lightweight self-compacting mortar (EMAPL) is a composite that is characterized by its fluidity and its lightness. In addition, it is very deformable and unstable with respect to bleeding and segregation. The objective of this research is to develop a lightweight self-compacting mortar formulation based on expanded cork grains while maintaining high workability and very good stability then studying its behaviour in the hardened state. In this sense, our experimental study focuses on light self-compacting mortars containing different volume percentages ranging from 0, 25, 50, 75 to 100% of expanded cork grains partially substituted for sand. The experimental results revealed that the partial substitution of the sand by the grains of expanded cork up to 75% in the SCC in the fresh state led to results of appreciable properties. On the other hand, the 100% expanded cork composite proved to have a negative effect on its behaviour with respect to the capacity of passage, filling and segregation. However, in the hardened state, the replacement of the cork grains improves the insulation criteria.

Key words: light self-compacting mortar, superplasticizer, resistance, cork grains, insulation.

Sommer

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Sommaire

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Abréviation

Introduction Générale

Contexte général 2

Objectif de travail 2

Plan de travail .....3.

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Introduction ……2

I.2. Mortier ……4.

I.2.1. Les types de mortier ……..4

I.2.1.1. Le mortier-ciment ……4

I.2.1.2. Le mortier-hydrofuge ……5.

Sommer

I.2.1.3. Le mortier réfractaire ……..5.

I.2.1.4. Le mortier de chaux ……..5.

I.2.1.5. Le mortier-colle……..6.

I.2.2. Classe des mortiers……6

I.2.3. Propriétés des mortiers……7

I.3. Mortier auto plaçant ……6

I.3.1. Mortier à base des granulats légers……..7

I.3.1.1. Définition ……7

I.3.1.2. Les mortiers de granulats légers naturels……..9.

I.3.1.3. Les mortiers de granulats légers matériaux ayant subi un traitement thermique.....10

I.3.1.4. Les mortiers de granulats légers de matériaux artificiels ne subissant pas de traitement spécial ……10

I.3.1.5. Les mortiers de granulats légers de matériaux artificiels subissant divers traitements spéciaux…….10

I.3.2. Application …….10

I.4. Méthodes de formulation ……..11

I.5. Caractérisation de MAP à l'état frais……12

Sommer

I.5.1. Fluidité et déformabilité de MAP…….12

I.5.2. Étalement au Mini cône de pâte…….13

I.5.3. Essai de Densité ……14

I.5.4. Essais de déformabilité de l'Entonnoir en V (V-funnel)……..14

I.6. Caractéristiques de Mortier auto plaçant à l'état durci (mécaniques) ……15

I.6.1. Résistance à la traction par flexion ……15

I.6.2. Résistance à la compression ……16

I.6.3. Essai d'absorption d'eau par capillarité(sorptivité)……18

I.6.4. Résistance au conductivité thermique ……..19

I.6.5. La vitesse ultrasonique VU……..19

I.6.5.1. Définition ……..19

I.6.5.2. Principe de Mesure……..20

I.7. Isolation thermique …….21

I.7.1. Définition ……..21

I.7.2. Les différents types d'isolation ……21

I.7.2.1. Isolation minéraux ……21

I.7.3.2. Isolation synthétique ……..22

I.7.3.3. Isolation végétaux……..……22

I.8. Le liège ……..23

I.8.1. Introduction …….23

I.8.2. Définition …….24

I.8.3. Histoire de l'utilisation et de la production du liège ……25

I.8.4. Structure de liège …….27

I.8.5. Utilisation du liège en génie civil …….28

I.8.6. Caractéristique de liège :…….…….28

I.8.6.1. Elasticité-compressibilité-souplesse ……28

I.8.6.2. Légèreté ……..28

I.8.6.3. Adhérence ……...28

I.8.6.4. Imperméabilité – Etanchéité …….28

I.8.6.5. Imputrescibilité-Durabilité …….28

I.8.6.6. Faible conductivité phonique et thermique ……..29

I.8.6.7. Résistant au Feu ……..29

I.8.6.8. Résistant à la Fraction ……....29

I.8.6.9. Anti-Vibratoire ……29

I.8.6.10. Excellent isolant Thermique –phonique – Electrique …….29

I.8.7. Composition chimique de liège ……..30

I.8.8. Préparation de liège ……..30

I.8.9 : Disponibilité de liège en Alger ……...31

I.8.10 : Le Liège expansé…….32

I.8.11 : Défauts du liège …….33

Sommer

CHAOITRE II : Matériaux et Essai

II.1. Introduction ……36

II .2. Caractérisation des matériaux utilisés ……36

II.2.1. Ciment……...…37

II.2.2. Sable……..38

II.2.3 Eau de gâchage ……39

II.2.4. Super plastifiant……...…39

II.2.5. Granulats de liège ……...…39

II.3. Formulation des mortiers ……40

II.4. Séquence de malaxage du mortier ……..41

II.5. Préparation et Conservation des Eprouvettes ……42

II.6. Les essais sur les mortiers ……42

II.6.1. Etat frais ……..42

II.6.1.1. Essais d'étalement au mini-cône……42

II.6.1.2. Essai d'entonnoir en V (V-funnel) ……43

II.6.1.3. Densité……44

II.6.2. Etat durci ……44

II.6.2.1. Résistance à la traction par flexion ……44

II.6.2.2. Résistance à la compression ……45

II.6.2.3. Absorption d'eau par capillarité ……46

II.6.2.4. Conductivité thermique…….46

II.6.2.5. Porosité accessible à l'eau ……47

II.6.2.6. Résistance au feu ……..48

II.7. Variables étudiées ……48

II.8. Conclusion…….50

CHAPITRE III : Résultats et discussion

III.1. Introduction …….51

III.2. Essai sur le mortier à base de granulats de liège ……..51

III.2.1. Essai à l'état frais ……51

III.2.1.1. Influence de granulats de liège sur l'ouvrabilité de mortier ……52

III.2.1.1.1. L'Etalement ……52

III.2.1.1.2. Temps d'écoulement à travers le V_fannel ……53

III.2.1.1.3. Densité ……54

III.2.2. Préparation des éprouvettes……56

III.2.3. Essai à l'état durci ……56

III.2.3.1 . La densité …….57

III.2.3.2 :Essai de Résistance à la traction par flexion……..58

III.2.3.2. Essai de Résistance à la compression ……..60

III.2.3.4. Résistance au feu …….....61

III.2.3.4.1. Perte de masse …….62

III.2.3.4.2. Perte de résistance ……..62

III.2.2.5. Conductivité thermique…….64

III.2.2.6. porosité accéssible à l'eau …….65

III.2.2.7. Absorption capillaire à l'eau ……66

III.2.2.8. La vitesse ultrasonique……..68

III.3. Conclusion ……..68

Conclusion Générale et Recommandations

Conclusion Général 70

Recommandations 71

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : synthèse bibliographique

Figure I. 1 : la déférence entre les constitutions des mortiers ordinaire et des mortiers autoplaçants

Figure I .2 : Résistance mécanique du mortier normal

Figure I.3 : Exemple de béton(mortier) autoplaçants à base des granulats légers

Figure I.4 : Application de béton(mortier) autoplaçants

Figure I.5: Structure et composition du liège [Contat, R, Piazzettar.2005]

Figure I.6: liège au Portugal

Figure I.7 : Écorçage près d'Aracena (Espagne**)**

Figure I.8 : écorce d'un chêne-liège.

Figure I.9 : Structure cellulaire du liège

Figure I. 10 : Les panneaux d'isolation

Figure I.11: Le cycle de production du liège

Figure I.12: Cartographie et description des peuplements porte-graines de chêne liège

Figure I.13: liège expansé

Figure I. 14: Analyse granulométrie de liège expansé (MF= 3.16)

Figure I.15: valeurs d'étalement (%) pour le mortier

Figure I.16: Variation de Résistance à la compression en fonction de pourcentage de liège et son écart type

Figure I.17 : Variation de Résistance à la flexion en fonction de pourcentage de liège

Figure I.18: Variation de la conductivité thermique en fonction de pourcentage de liège

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE II : MATEREAUX ET ESSAI

Figure II.1 : Le ciment utilisé (Annexe A)

Figure II.2. Le sable utilisé

Figure II.3 : Courbe granulométrique des sables utilisés

Figure II.4 : Courbe granulométrique de liège

Figure II.5 : les refus obtenus par tamisage du liège dans chaque tamis

Figure II.6 : Séquence de malaxage du mortier autoplaçants

Figure II.7 : protocole de malaxage

Figure II.8 : Protocole de l'essai d'étalement

Figure II.9 : protocole de l'essai d'entonnoir (V- funnel)

Figure II.10 : les étapes d'essai de densité

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

Figure II.12. Essai de compression sur mortier

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

Figure II.14 : Essai de conductivité thermique

Figure II.15 : Essai de Porosité accessible à l'eau

Figure II.16 : Essai de résistance au feu

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE III : Résultats et Discutions

Figure III.1 : graphe de l'étalement des différents mortiers

Figure III 2 : déférent étalement de déférent mélange de mortier

Figure III.3: le temps d'écoulement des mortiers

Figure III.4: densité des différents mélanges

Figure III.5 : déférent densité pour les déférents mortiers réalisé

Figure III .6 : préparation et conservation des éprouvettes

Figure III.7: densité

Figure III.8: Résistance à la traction

Figure III.9 : Résistance à la compression

Figure III.10: porosité accessible à l'eau

Figure III.11: Absorption capillaire

Figure III.12: la vitesse ultrason

Figure III.13 : conductivité thermique

Figure III.14: perte de masse

Figure III.15: perte de résistance

Figure III.16: les éprouvettes avant et après deux heures dans le four à 400°C et à 600°C

LISTES DES TABLEAU

CHAPITRE I : synthèse bibliographique

Tableau I.1 : Pourcentages massiques des différents constituants du liège

Tableau I.2: caractérisation de liège

CHAPITRE II : MATEREAUX ET ESSAI

Tableau II.1 : Différents compositions utilisées dans la recherche

Tableau II.2 : L'analyse chimique du ciment et composition du clinker

Tableau II.3 : Propriétés physiques d'identification des granulats utilisés

Tableau II.4 : les caractéristiques de Liège

Tableau II.5 : les composantes des mortiers formulés ont basé de Granulat de liège(v=1.4l)

CHAPITRE III : Résultats et Discutions

Tableau III.1 : les résultats des essais à l'état frais

Tableau III.2 : Résistance à la flexion et à la compression à28 jours d'un mortier à différents taux d'incorporation en liège

Abréviation

M : mortier

MAP T : mortier autoplaçants

MAP 25% : mortier autoplaçants à base de 25% de granulats de liège.

MAP 50% : mortier autoplaçants à base de 50% de granulats de liège.

MAP 75% : mortier autoplaçants à base de 75% de granulats de liège.

GL : granulats de liège.

USA : United state of américain

URSS : union des républiques socialistes soviétiques

BAP : béton autoplaçants

Rp : l'étalement relative

d : le diamètre d'étalement moyen de la galette de pâte.

SPRE : super-plastifiants haut-réducteur d'eau

NF EN : Norme Française**, Norme** Européenne

T_v : le temps de viscosité

AFREM : association Française de recherches et d'essai sur les matériaux

CT : conductivité thermique

VU : La vitesse ultrasonique

E/C : eau / ciment

S/M : sable /mortier

Abréviation

MT : mortier témoin

ML : mortier de liège

L et **S** : Numéro de substitution

CPJ-CEM II/B : ciment portland composé classe 2 catégorie B

C_3A : silicate tricalcique

C_3S : Aluminate tricalcique

RF : résistance au feu

VU : vitesse ultrason

RC : résistance à la compression

RT : résistance à la traction

MPa : méga pascale

J-C : Jésus-Christian

C.E Liège : confédération européenne du liège

SPRE : super plastifiant haut Réducteurs d'eau

L : liège

S : sable

Introduction générale

Introduction Général

Le secteur de génie civil, comme d'autres secteurs dans le monde, s'est tourné vers le développement durable en mettant l'accent sur les aspects environnementaux comme objectif important. Dans ce contexte, nous avons choisi d'utiliser des produits écologiques comme alternative aux matériaux de construction classique pour la mise au point d'un Eco- mortier autoplaçant (EMAP) afin d'obtenir la qualité et l'économie d'un composite auto-compactant tout en garantissant la conservation de l'environnement.

Les mortiers autoplaçants sont des composites cimentaires très fluides qui se mettent en place sans vibration. Ils offrent une stabilité volumétrique appréciable, de plus, ils se caractérisent par ses excellentes performances mécaniques et de durabilité. Ces excellentes qualités sont directement liées à sa composition qui contient plus d'éléments fins et un dosage élevé en super plastifiant. Actuellement, d'énormes travaux de recherche orienter vers l'exploitation de nouveaux matériaux locaux dans le but de les valoriser d'une part, d'autre part pour l'amélioration des propriétés mécaniques et la durabilité du mortier autoplaçant.

L'un de ces nouveaux matériaux sont les matériaux biosourcés. Ces nouveaux matériaux présentent de nombreux avantages, notamment l'efficacité thermique et acoustique. Dans ce contexte, l'utilisation des grains de liège comme granulat léger dans les mortiers autoplaçants présente un double avantage. D'une part, cela permet de valoriser ce type de déchet, et d'autre part, offre la possibilité d'améliorer les propriétés d'isolation du matériau final.

L'objectif principal de cette recherche est d'investiguer sur la possibilité de réaliser un mortier autoplaçant légers (MAPL) par la substitution partielle du sable naturel par les grains de liège expansé. La méthode utilisée pour la fabrication du MAP est celle d'Okamura. L'investigation est portée sur ses propriétés à l'état frais (capacité de passage, capacité de remplissage et la résistance de ségrégation) et à l'état durci (densité, résistance mécanique, résistance au feu et notamment la conductivité thermique). Dans ce contexte, quatre pourcentages de grains de liège expansé sont utilisés avec des teneurs allant de 25, 50, 75% et 100%, par le remplacement volumique des granulats naturels dans le mortier autoplaçant. Puis, une étude de l'effet des hautes températures (200°C, 400°C et 600°C) sur ces composites formulés afin d'améliorer la compréhension du comportement des mortiers autoplaçants légers exposés à des températures élevées.

Après une introduction générale, ce mémoire a été structuré en trois chapitres rédigés comme suit :

I. Introduction générale

1ère chapitre : une synthèse bibliographique sur le mortier autoplaçants, la valorisation des déchets de liège ainsi que les propriétés du MPA.

2ème chapitre : Caractérisation des matériaux utilisés, les différents mélanges réalisés et les essais effectués à l'état frais et durci.

3ème chapitre : Présentation des résultats obtenus, leur analyse et leurs interprétations.

Finalement, ce projet de recherche se termine par une conclusion générale qui rassemble les principaux résultats trouvés durant cette étude.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1. Introduction :

Ce chapitre a pour objectif de présenter les mortiers autoplaçants et ces caractéristiques et les granulats légers (liège) aussi l'utilisation de ce dernier dans le domaine de génie civil.

I.2. Mortier :

Le mortier est un mélange de sable, d'eau et de liant comme le ciment ou la chaux, le mortier est un matériau qui vous est indispensable sur vos chantiers. Grâce au mortier, vous scellez des blocs de béton entre eux, vous réalisez des enduits de façades, vous liez des composants [5].

Le mortier est le mélange à consistance de pâte ou de boue, d'un liant et d'agrégats avec de l'eau. Il est utilisé en maçonnerie comme élément de liaison, de scellement ou comme enduit. Techniquement parlant, c'est une colle [6].

Le mortier est un matériau composite hétérogène. A l'échelle macroscopique, il à une structure constituée de pâte de ciment, de sable de différentes tailles, de forme, de pore, de micro fissure d'une zone de transition inter faciale localisée autour des grains de sable. Le comportement mécanique en traction des mortiers dépend de sa microstructure, de la qualité et de l'interface matrice granulats [7]

I.2.1. Les types de mortier

On peut classer les mortiers selon leurs origines fabriquées en usine ou sur chantier comme suit.

I.2.1.1. Le mortier-ciment

Le mortier-ciment est le produit le plus basique qui soit, indispensable pour construire un mur et lier les pierres ou briques entre elles. Il s'agit d'un mélange classique

de ciment, de sable et d'eau. Pour les jointements et les scellements, on peut envisager de se passer de sable. Ce matériau reste 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 sèche également plus vite que la plupart des autres solutions. [8]

I.2.1.2. Le mortier-hydrofuge

Comme son nom l'indique, le mortier hydrofuge est un mortier résistant à l'eau, qui permet d'éviter les problèmes d'humidité sur une surface. Il permet de :

- Boucher des fissures.
- Enduire un mur.
- Réaliser des chapes.

On l'utilise avant tout dans les lieux humides (salle de bain, extérieur, etc.) ou encore pour concevoir des réalisations étanches, comme un bassin de piscine. [8]

I.2.1.3. Le mortier réfractaire

le mortier réfractaire est un mortier résistant aux hautes températures. Selon les préparations, il peut généralement résister à des températures de 900° ou moins. En toute logique, il est uniquement utilisé pour les constructions qui sont exposées à ce type de températures, à savoir

Pour le montage et le jointement des :

- Foyers de cheminée
- Des barbecues maçonnés

Ce matériau protège ainsi les joints et la structure des constructions exposées aux flammes et à la chaleur [8]

I.2.1.4. Le mortier de chaux

La chaux est l'un des liants les plus utilisés dans les anciennes constructions. A tel point qu'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). [8]

On trouve deux types de chaux :

- La chaux aérienne : elle a l'avantage de durcir lentement, et uniquement au contact de l'air
- La chaux hydraulique : elle durcir de l'eau. Puis de l'air.

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.

I.2.1.5. Le mortier-colle

Citons enfin 1 l'existence du mortier –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. [8]

I.2.2. Propriétés des mortiers

a) Ouvrabilité

C'est une qualité essentielle ; nécessaire latitude par rapport aux bonnes et plus au mois rigoureuses règles à appliquer pour une exécution optimale. Une bonne ouvrabilité comporte une marge de sécurité [10]. La capacité d'un mortier à garder une certaine

ouvrabilité sous l'influence de la succession des blocs dépendent de son pouvoir de rétention d'eau mesurée lors d'essais en laboratoire.

b) La prise Le temps de prise est mesuré habituellement sur une pâte pure de ciment de consistance normale (24à30% d'eau) et conformément à la norme concernée (à l'aide de l'appareil de Vicat). Il est possible d'obtenir 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 et la fin de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du niveau supérieur.

c)Résistance mécanique La résistance mécanique prend l'importance majeure par rapport aux autres propriétés de mortier durci, les essais sont souvent effectués sur les éprouvettes prismatiques de(4x4x16) cm^3. Conservés dans l'eau à 20°C ; la résistance se présente sous deux aspects : compression et traction. [11]

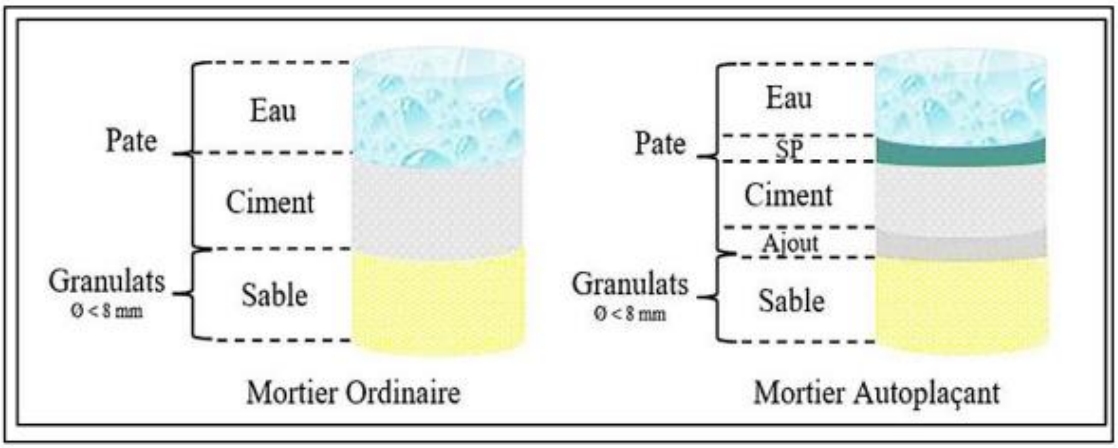


Figure I. 1 : la déférence entre les constitutions des mortiers ordinaire et des mortiers autoplaçants

I.3. Mortier auto plaçant

I.3.1. Historique

Les prémices du mortier autoplaçants remontent aux années 1980, lorsque des chercheurs japonais ont commencé à travailler sur des mélanges de béton auto-nivelant. Ils ont cherché à développer un matériau capable de se déplacer de manière autonome

dans les formes sans l'aide de vibrations externes, tout en conservant des propriétés mécaniques optimales. Le but était de réduire le temps et les efforts nécessaires pour couler le béton dans les structures complexes

I.3.2. Définition

Le mortier autoplaçants est un mélange spécialement formulé de ciment, de sable, d'eau et d'additifs. Ce qui le distingue des mélanges traditionnels de mortier, c'est sa capacité à se déplacer et à se répartir de manière facilement dans les coffrages sans nécessiter de vibration ou de compactage manuel. Il présente une viscosité contrôlée qui lui permet de couler facilement et uniformément dans les espaces les plus compliqué

Est une alternative économique au coulis de ciment en plus d'offrir une stabilité volumétrique supérieure. Ce produit est de très grande fluidité. Il est composé de ciment, d'eau, de sable, et d'adjuvants spécialisés. Ce produit peut être pompé pour être mis en place [12].

I.3.3. Avantages du mortier autoplaçants

- Gain de temps et d'efforts : En éliminant la nécessité de vibration ou de compactage manuel, le mortier autoplaçants permet de gagner un temps précieux lors du processus de coulage. Il réduit également les efforts physiques nécessaires, ce qui peut améliorer la sécurité et réduire les risques de blessures pour les travailleurs.
- Haute qualité et uniformité : Grâce à sa viscosité contrôlée, le mortier autoplaçant assure une répartition uniforme dans les coffrages, éliminant ainsi les problèmes de formation de vides ou de bulles d'air. Cela se traduit par une finition plus lisse et une meilleure qualité globale des éléments en béton.
- Réduction des nuisances sonores : Étant donné que le mortier autoplaçant ne nécessite pas de vibration, il réduit considérablement le niveau de bruit sur le chantier. Cela peut être particulièrement avantageux dans les zones sensibles au bruit, telles que les environnements urbains ou les zones résidentielles.

- Amélioration de l'efficacité des coffrages : Étant donné que le mortier autoplaçant s'écoule facilement dans les espaces les plus étroits, il permet d'optimiser l'utilisation des coffrages. Cela peut entraîner une réduction des coûts liés aux matériaux de coffrage et une augmentation de la productivité sur le chantier.

I.3.4. Caractéristiques de mortier autoplaçant

Voici quelques données sur ce produit :

- La résistance à la compression à 28 jours visé est de 35 MPa ou plus ;
- La résistance à la compression à 7 jours est > 2 MPa ;
- Il est très fluide (à titre indicatif son étalement est environ 700 mm) ;
- Le MAP est pompable ; stable et fluide [13].

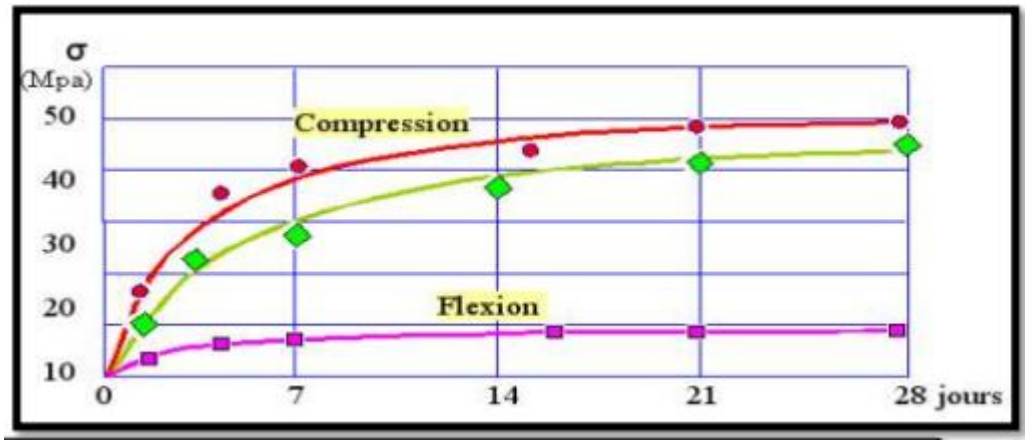


Figure I .2 : Résistance mécanique du mortier normal [14]

MAANSER Roumaissa et autre, Nous savons de ce qui précède que la résistance à la flexion représente en général 10% de la résistance à la compression, cependant, on remarque d'après la figure I.8. Que la résistance à la flexion en 28 jours est supérieure à 10% de la résistance à la compression. [23].

I.3.1. Mortier à base des granulats légers

I.3.1.1. Définition

Les mortiers de granulats légers sont fabriqués comme les mortier courants, mais avec des granulats légers et se classent en général par l'origine des granulats et on peut ainsi distinguer quatre grands groupes [15]

Les mortiers de granulats légers sont généralement classés suivant l'origine du granulat utilisé, ainsi on distingue 04 types :

1) Les granulats légers naturels : la ponce ou la pouzzolane, matériaux volcaniques naturels de structures très poreuse. Bétons légers béton à base de granulats légers Béton cellulaire schiste argile verre PSE bois béton mousse béton cellulaire.

2) Les granulats légers ayant subi un traitement thermique : granulats d'argile, de schiste, d'ardoise ou de perlite expansée, le liège expansé.

3) Les granulats légers de matériaux artificiels : le mâchefer, sous-produit de la combustion de charbon ou des ordures ménagères.

4) Les granulats légers de matériaux artificiels ayant subi des traitements spéciaux : Granulats de nombreux déchets industriels, comme le laitier de hauts fourneaux [16]

Granulats de liège : Le liège expansé est constitué de morceaux d'écorces qui ont gonflés à haute température. Le liège expansé en vrac sert principalement à constituer une chape allégée et isolante, à combler du vide, entre cloisons ou au sol, pour isoler murs, combles et fondations. Il permet aussi de réaliser des bétons allégés qui seront à la fois thermiques et phoniques. [17].



Figure I.3 : Exemple de béton(mortier) autoplaçants à base des granulats légers [17]

I.3.1.2. Les mortiers de granulats légers naturels

Il s'agit des mortiers fabriqués avec de la ponce ou de la pouzzolane matériaux volcaniques naturels de structures très poreuse qui permettent par concassage des granulats légers. Ces matériaux sont relativement peu connus en Algérie, leur emploi reste donc sans domaine d'application, mais il n'est pas exclu, que dans l'avenir, certaines de leurs propriétés les rendent plus avantageux pour certaines réalisations [15].

I.3.1.3 : Les mortiers de granulats légers matériaux ayant subi un traitement thermique

Ce sont les mortiers fabriqués avec des granulats d'argile, de schiste, d'ardoise, et de perlite expansés on de vermiculite exfoliée.

La perlite expansée s'obtient par traitement thermique de verres volcaniques de structure perlitique contenant une certaine quantité d'eau (rhyolite perlitique par exemple). Ce granulat n'est pas produit en Algérie, mais principalement aux **USA** et en **URSS** [15].

I.3.1.4 : Les mortiers de granulats légers de matériaux artificiels ne subissant pas de traitement spécial

Il s'agit des mortiers réalisés avec du mâchefer, sous production produit de la combustion du charbon ou des ordures ménagères. Ce matériau est en très nette régression et on l'utilise que pour la fabrication de parpaings [15].

I.3.1.5 : Les mortiers de granulats légers de matériaux artificiels subissant divers traitements spéciaux

On peut utiliser que pour fabriquer des granulats légers de très nombreux déchets industriels comme le laitier de haut fourneau : d'EL-HADJAR que l'on expansé sur les lieux de production. Les cendres volantes que l'on peut fritter, on le verre que l'on peut également expansé [15].

I.3.2. Application

Le mortier auto plaçant est habituellement utilisé pour remplir des conduites, des tunnels, des réservoirs souterrains, des espaces vides ou des chambres désaffectées. Il peut être injecté pendant 2 heures sur des distances allant jusqu'à 100 mètres (maximum 3 heures) [18].

Le mortier autoplaçants à base de granulats de liège offre de nombreuses possibilités d'application. Il peut être utilisé pour la construction de murs, de planchers ou de revêtements de sol. Les propriétés isolantes du liège en font un choix idéal pour les bâtiments résidentiels et commerciaux soucieux de l'efficacité énergétique. De plus, ce matériau peut être utilisé dans la rénovation de bâtiments existants, offrant ainsi une solution durable pour améliorer leur performance énergétique



Figure I.4: Application de béton(mortier) autoplaçants

I.4. Méthodes de formulation :

Méthode d'Okamura

La formulation des MAP par l'approche développée à l'université de Kochi au japon [Okamura et al. 1999,2000 et 2003][19] se fait de manière sécuritaire, en privilégiant le

volume de pâte au détriment des granulats. Cette méthode de formulation est à la fois forfaitaire pour les dosages des granulats et expérimentale pour le dosage en eau et en adjuvant. Pour formuler un **BAP** par cette méthode baptisée **<< méthode japonaise >>,** on doit passer par les étapes suivantes :

a) Choix du dosage en ciment : La quantité du ciment dépond du cahier des charges et des performances désirées (résistance, durabilité …).

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

c) Détermination du dosage du sable : Le volume de sable est posé forfaitairement égal à 4% du volume du mortier.

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

En traçant la courbe d'Eau /Liant en fonction de l'étalement relatif <<RP>> (équation 1), on détermine le point d'intersection avec l'axe des ordonnées <<βP>> qui permet de déterminer le besoin en eau minimale nécessaire pour le ciment et les additions minérales [Okamura et al .1999 ; Domone et al .1997][19].

$$R_P = \frac{d^2 - 100^2}{100^2} = (\frac{d}{100})^2 - 1$$

Avec <<**R_P**>> l'étalement relatif et <<**d**>> le diamètre d'étalement moyen de la galette de pâte.

I.5.Isolation thermique

I.5.1. Définition

l'isolation thermique est « barrière a chaleur » elle vise à conserver la chaleur (ou la fraîcheur) { l'intérieur des espaces de vie, est-elle empêche la chaleur de s'évacuer des logements chauffés en hiver elle empêche de pénétrer à l'intérieur en été, une bonne isolation augmenter les confort thermique et permet de faire des économie importantes

en énergie, l'investissement dans domaine d'isolation très souvent amorti en quelque année mais en effet environ la moitié de notre facture énergétique, le siège de déperdition en toute les surfaces en contact avec l'extérieur et de pièce non chauffes.

Ces surfaces systématiquement être isolées, l'isolation doit être réalisée en priorité au niveau des zones ou les déperditions sont les plus importants, et en générale l'isolation thermique des bâtiments désigne l'ensemble des moyens mis œuvre pour limité les transferts des calories et frigories entre le milieu intérieur et le milieu extérieur d'un bâtiment, ou en d'autres termes l'isolation et calorifuges sont définis comme les matériaux qui retardent transmission d'énergie calorifique [20]

I.5.2 Les différents types d'isolants

I.5.2.1 Les isolants minéraux

La laine de verre et laine de roche : sont aujourd'hui, les isolants les plus utilisés. Ce sont des fibres artificielles de la famille des silicates. Leurs performances d'isolation sont bonnes, toutefois leur tenue dans le temps est loin d'être excellente. Au niveau sanitaire, elles contiennent des liants à base de résine urée-formol ou phénol-formol et des inhibiteurs de poussières dont les effets chroniques sont difficilement appréciables. Au niveau environnemental, leur coût énergétique est élevé.

La vermiculite exfoliée : c'est un minéral de la famille des micas, assez gourmands en énergie lors de sa fabrication. Matériau incombustible, imputrescible et non toxique, il peut être utilisé soit en vrac soit en panneaux.

La perlite exfoliée : ce matériau a des qualités voisines de celles de la vermiculite. L'argile expansée : s'agit d'en poudre et reconstituée en billes expansées par traitement thermique au t comparables à celles de la perlite. Argile séchée réduite four. Ses ustions sont comparables à celles de la perlite. [21]

I.5.2.2 Les isolants synthétiques :

Les polystyrènes expansés ou extrudés :

Les mousses de polyuréthannes sont fabriqués à énergétique est très important. Très combustibles, ils dégagent, en cas partir du pétrole. Leur coût en d'incendie, des fumées denses contenant des gaz toxiques et asphyxiants. Devenus déchet on ne sait qu'en faire. Les reproches sont nombreux à l'égard de ces produits dont le seul avantage est d'être des isolants thermiques (mais pas acoustiques) efficaces. [21]

I.5.2.3 Les isolants végétaux :

Cette catégorie d'isolant répondant aux principaux critères 'éco construction, elle s'inscrit tout à fait dans la philosophie HQE. Peu énergivores au moment de leur fabrication, biodégradables, ces matériaux se présentent sous diverses formes : vrac, laine, conglomérat, rouleaux, panneaux. Leur coût encore élevé devrait sous la demande constante des prescripteurs avoir tendance à baisser sérieusement à moyen terme. On peut Citer :

Les panneaux en fibres de bois

- Le liège expansé
- Les panneaux composites,
- Cellulose et fibres végétales [21]

I.6.Le liège

I.6.1 Introduction

Le liège est un matériau naturel, issu de divers chêne-liège, après avoir été enlevé une fois par an, il reconstruira son écorce. Selon l'âge que l'écorce elle-même a acquis, l'épaisseur du liège produit par l'arbre est de 1 à 10 mm La croissance annuelle de chaque année est séparée de l'année précédente par une ligne brune clairement définie.

D’un point de vue thermique et acoustique, le liège est un très mauvais conducteur. Son utilisation la plus ancienne comme isotherme remonte à l'ancienne fabrication de ruches. En ce qui concerne sa position dans le bâtiment, nous avons trouvé des traces des peuples primitifs d'Afrique du Nord qui étaient à l'origine utilisés comme matériaux d'isolation, ces peuples primitifs l'utilisaient dans la dalle et la mélangeaient à de l'argile pour construire les murs de la maison résidentiel. L'habitat naturel du chêne-liège est la périphérie du bassin méditerranéen occidental (existant depuis plus de 60 millions d'années). La superficie naturelle des forêts de résineux dans le monde est d'environ 2 687 000 hectares, principalement répartis dans sept pays. Les principales forêts de résineux algériens sont principalement situées dans les zones semi-humides du nord, entre les frontières d'Alger et de la Tunisie, s'étendant de la mer jusqu'à une altitude de 1200 m[22].

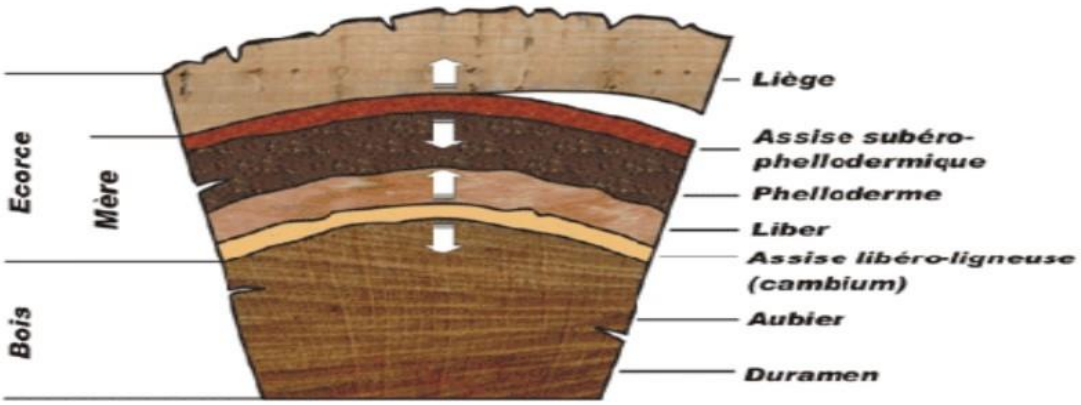


Figure I.5: Structure et composition du liège [Contat, R, Piazzettar.2005]

I.6.2 : Définition

Le liège est un produit agricole et un matière naturelle et cellulaire issue de l’écorçage du chêne –liège, c’est –à-dire que seule une couche de l’écorce est retirée, il faut attendre que l’arbre ait 30 ans pour en extraire son liège, puis tous les 9 ans, ce processus n’endommage donc pas l’arbre, au contraire, ça lui permet de se régénérer et est donc

bénéfique pour lui. Le chêne – liège peut vivre jusqu'à 200 ans et subira une dizaine d'écorçages au long de vie ! [23]



Figure I.6: liège au Portugal

I.6.3 : Histoire de l'utilisation et de la production du liège

Les premiers chêne-liège identifiés montrent que l'espèce existe depuis des million d'années et des vestiges de l'Antiquité prouvent que les hommes ont su l'exploiter pour des utilisations variées et la fabrication d'objets très diversifiés. Des vestiges d'objets fabriqués en liège et datant de 3000 av. J-C ont été retrouvés en chine, en Égypte, à Babylone et en perse. En Italie,

Le bouchon de liège résiste aux pressions mieux que les bouchons du type précédent, et avec le développement du champagne et autres vins pétillants, ils les supplantent à partir du début du XVIII^{e} siècle.

Au XIX^{e} siècle, la France, l'Italie et la Tunisie développent l'exploitation de leurs forêts de chêne – lièges et la production du liège comme matériau. En 1860, l'Ecossais Frederick Walton invente le linoléum en ajoutant de l'huile de lin à du liège et fonde une entreprise au Royaume-Uni qui produira des revêtements de sol pour l'Europe et l'Amérique du Nord de 1864 à 1970.



Figure I.7: Écorçage près d'Aracena (Espagne**)**

Au XX^{e} siècle, l'industrie du liège développe des processus et des méthodologies, l'emploi du liège comme matériau est de plus en plus innovant et dans les années 1950, une entreprise américaine conçoit les premières dalles en liège pour revêtir le sol

A la fin du XX^{e} siècle et au début du XXI^{e} , des études sont menées pour définir les normes internationales pour l'industrie du liège. La principale institution dans ce domaine est la confédération européenne du liège (C.E. Liège) qui regroupe cinq pays producteurs (Espagne, France, Grande-Bretagne, Italie, Portugal) via les fédérations de ces pays[ ] .



Figure I.8: écorce d'un chêne-liège.[ ]

I.6.4 : Structure du liège

Le liège révèle une structure alvéolaire identique à celle d'un nid d'abeille avec une absence d'espaces intercellulaires (Figure I.18). Cette structure cellulaire contient entre 30 et 43 millions de cellules. Le tissu subéreux contient 89,7% de matière gazeuse [24]. Malgré l'orientation aléatoire des parois cellulaires latérales (parallèles à la direction radiale), le liège est considéré comme un matériau transversalement isotrope.

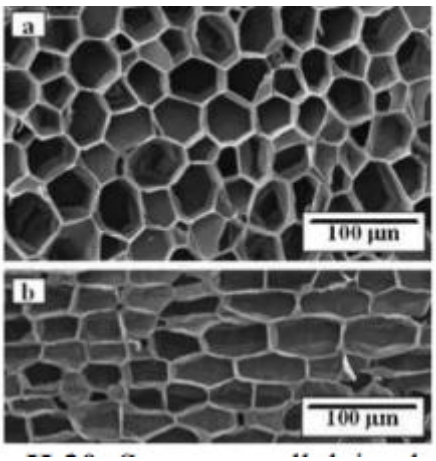


Figure I.9 : Structure cellulaire du liège

I.6.5 : Utilisation du liège en génie civil

L'utilisation du liège est très courante dans toutes les régions. Il est considéré comme l'une des matières premières les plus importantes de la vie moderne. En plus des bouchons en liège et des matériaux isolants, le liège est également utilisé dans notre domaine [25]

- Dans le bâtiment (revêtement, isolation thermique et acoustique,).
- La construction navale (gaines de ventilation).
- L'industrie des chambres froides et transports frigorifiques.

- La mécanique (joints d'étanchéité, joints paliers transmission).



Figure I. 10 : Les panneaux d'isolation

I.6.6 : Caractéristique de liège

I.6.6.1 : Elasticité-compressibilité-souplesse

Comprimé rapidement dans sa limite élastique, il reprend presque instantanément 85% de son volume initial. Il se comprime sans dilatation latérale [26].

I.6.6.2 : Légèreté- <<flottabilité >>

Sa faible densité est variable avec la qualité du liège – elle est due à l'air contenu dans ses cellules [36].

I.6.6.3 : Adhérence

Permise par la force d'expansion d'une matière élastique et par la présence de micro-ventouses (cellules coupées lors du cycle de fabrication) au contact des parois [36].

I.6.6.4 : Imperméabilité – Etanchéité

Dues non seulement à la contre- pression exercée par le gaz des cellules, mais aussi à la présence dans les membranes du liège d'une forte proportion de substances grasses ' subérine, cérine…). Il absorbe moins de 18 à 20 % d'eau. Si son volume augmente (au bouillage). S'est essentiellement dû à la dilatation des gaz contenus dans ses cellules [36].

I.6.6.5 : Imputrescibilité-Durabilité

Du fait de sa faible perméabilité, il résiste aux agents extérieurs [36].

I.6.6.6 : Faible conductivité phonique et thermique

Du au fait que l'air reste enfermé dans ses cellules (minuscules compartiments étanches) et isolé par une matière non hygroscopique et de faible poids spécifique [36].

I.6.6.7 : Résistant au Feu

Il ne libère ni fumée toxique et est difficilement inflammable [36].

I.6.6.8 : Résistant à la Fraction

Le liège offre une excellente résistance à la friction ainsi qu'à l'usure occasionnée par de nombreux passages. Il ne s'effrite pas [36].

I.6.6.9 : Anti-Vibratoire

Le liège isole des vibrations mécaniques et permet de constituer des joints et panneaux antivibratoires à haute performance [36].

I.6.6.10 : Excellent isolant Thermique –phonique – Electrique

Les cellules extrêmement fines, souples et remplies d'air font du liège un isolant efficace. Imputrescible, il assure une isolation hautement qualitative et durable.

A épaisseur égale, il est l'un des matériaux les plus isolants de tous grâce à son excellent coefficient de conductivité thermique [37].

Le liège réfléchit très peu les sons, il offre d'étonnantes performances acoustiques et absorbe très bien les sons tels que la voix humaine, les bruits de pas ….

Le liège ne conduit pas l'électricité et n'accumule pas l'électricité statique, c'est donc un matériau antistatique évitant ainsi l'absorption de la poussière [37].

I.6.7 : Composition chimique du liège

Des travaux effectués sur la composition chimique du liège ont trouvé que les constituants de ce matériau dépendent de plusieurs facteurs tels que : l'origine géographique et génétique, le climat, le sol, les conditions de croissances, l'âge et les dimensions de l'arbre. Donc, cette composition diffère d'un arbre à un autre ; mais aussi dans le même arbre, entre le bas et le haut. Cette composition dépend aussi du nombre d'extraction du liège, puisque son arrangement s'améliore en fonction de ce même paramètre [38].

Le Tableau II.11 représente le classement des différents constituants du liège avec un ordre décroissant par rapport à leur participation massique

Tableau I.1 : Pourcentages massiques des différents constituants du liège [39]

Constituants (%)	Liège naturel
Subérine	45-46
Lignine	24-25
Polysaccharides	10-12
Extractibles	8-10
Cendres	3-5
Cires	5-6
Tannins	3-5
Autres	2-3

I.6.8 : Préparation du liège

Elle comporte essentiellement les opérations suivantes :

Ecorçage ou démasclage :

Le cycle d'exploitation du chêne liège commence tout d'abord par l'écorçage. Une première étape de sélection du produit initial est effectuée dans les subéraies.

Triage et séchage

Les planches de liège sont empilées à l'air libre pendant 6 à 12 mois afin de permettre au liège de s'affiner par oxydation.

Bouillage

Cette étape s’effectue pendant 45 à 90 minutes dans de l'eau. Ce nettoyage permet d'éliminer une partie des substances hydrosolubles du liège, d'augmenter son épaisseur, de réduire sa densité et d'améliorer sa souplesse.

Stabilisation

Cette opération permet aux planches de s'aplanir, le liège sec pour atteindre la consistance permettant la découpe.

Deuxième bouillage

Le liège subit un tri, les planches qui ne correspondent pas au calibre et à la qualité souhaitée sont éliminées, les autres planches sont bouillies une seconde fois, pendant environ 30 minutes, pour les rendre malléables.

Classement

C'est la répartition des planches de liège selon leur épaisseur et leur choix [32]

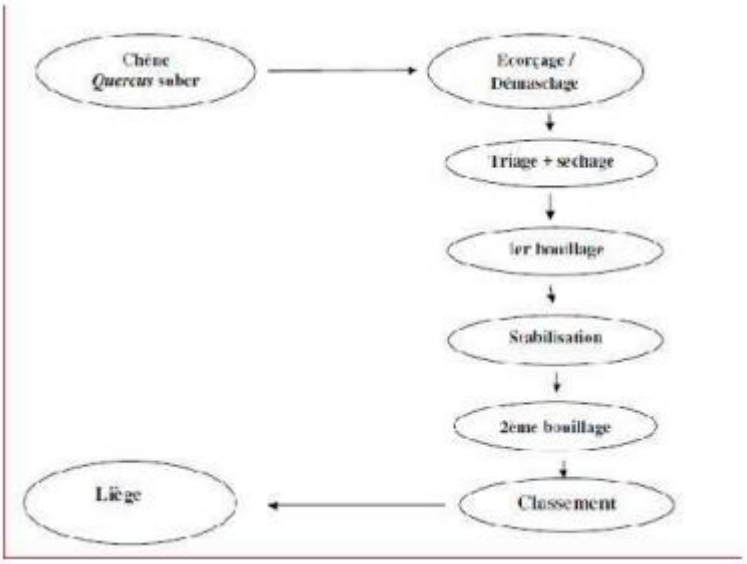


Figure I.11: Le cycle de production du liège

I.6.9 : Disponibilité de liège en Alger

Ben Amirouche S et al [40] ont caractérisé géographiquement et donné quelques descriptions des peuplements porte-graines de chêne liège (Quercus suber L.) dans les wilayas de Jijel, Mila et Bejaia (Nord-est algérien). Ils ont constaté que 22 peuplements occupant une superficie totale de 1025 hectares ont été retenus. Au centre de chaque peuplement un point GPS, a été pris, puis utilisé pour établir les cartes de localisation par wilaya. Dans un deuxième temps, les peuplements en question sont en cours pour description détaillée permettant leur délimitation plus précise possible, leur caractérisation éco-dendrométrique et le renseignement de fiche signalétique pour chaque

peuplement. En parallèle, les données recueillies sont transcrites au fur et à mesure dans la base de données géographique préalablement élaborée [40]

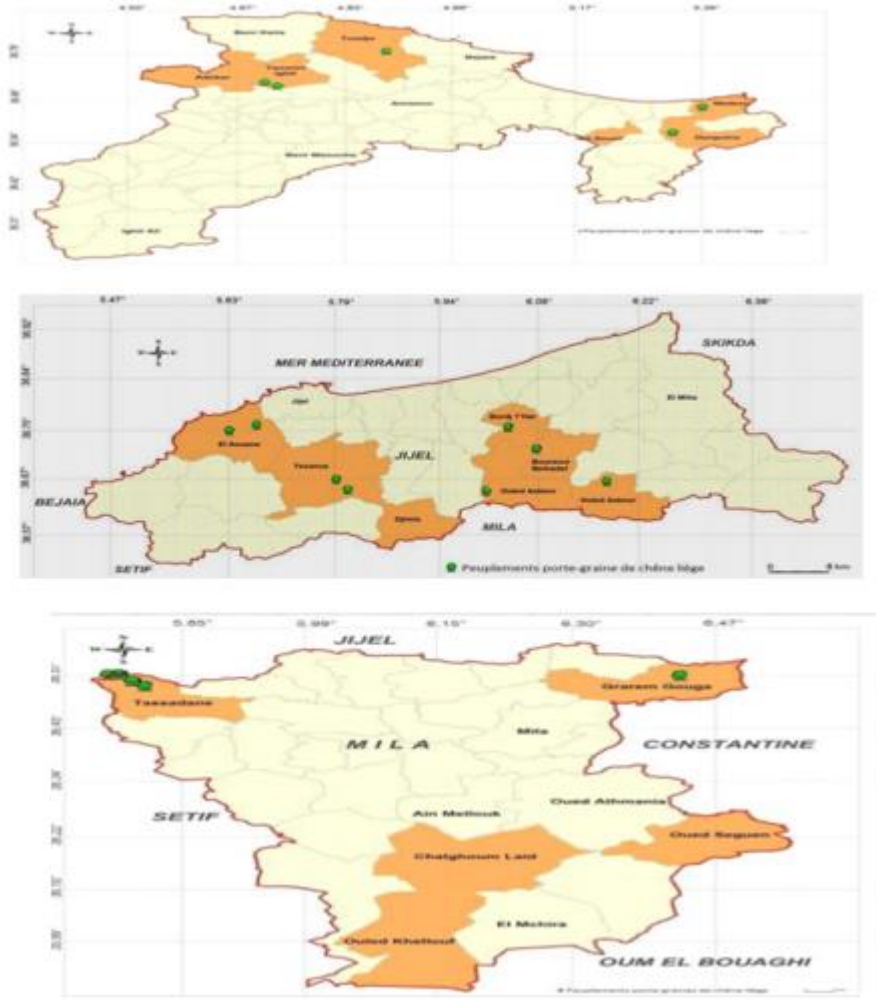


Figure I.12 : Cartographie et description des peuplements porte-graines de chêne liège [40]

I.6.10 : Le Liège expansé

Le liège utilisé et récupéré des forêts de la région de YAKOUREN de TIZI-OUZOU. Le liège est récupéré à l'état brut, ensuite broyé avec un broyeur spécial, le matériau est obtenu sous forme de granulats de diamètres allant jusqu'à 25mm [41]



Figure I.13: liège expansé

I.6.11 : Défauts du liège

Quand les lenticelles sont grosses et nombreuses, le liège est dit poreux. Lorsque la croûte est épaisse, le liège est dit croûteux.

Parfois, des cavités en forme de fuseau, apparaissent à l'intérieur du liège, surtout si la croissance est rapide, et traversent plusieurs accroissements. Ces soufflures sont des décollements internes sous l'action de la tension résultant d'accroissement plus forts. Le liège est alors dit soufflé.

Il arrive aussi que le tissu du liège ou tissu subéreux, soit remplacé par la matière pulvérulente remplissant les lenticelles. Ce liège perd toute imperméabilité et ne peut servir au bouchon. Il est dit terreux. Le liège est encore : ligneux ou boisé s'il contient trop de cellules lignifiées, denses et sans élasticité.

Clouté si des éléments de liber (ou encore à tan) s'enfoncent en coins de la masse du liège

Doublé, lorsque ces éléments de liber s'entendent sur toute la circonférence ou plusieurs ares.

Le liège peut encore, mais rarement, être vert, s'il y a des amas de tissu olivâtres ; ou marbré s'il est parcouru par des lignes noirâtres ou bleuâtres [42].

Tableau I.2 : caractérisation de liège [43]

Pouvoir isolant (W/m.K)	0.037 à 0.041
Confort d'été	Excellent
Isolation phonique	Très bonne
Résistance au feu (A à E)	E
Durée de vie (années)	>50
Biosourcé	oui
Adapté au bâti ancien	oui
prix	Très élevé
Comble perdu	oui
Mur et cloison intérieur	oui
Rampant	oui
Toiture (sarking)	oui
Mur extérieur	oui
Plancher bas	oui

I.6.11. Caractéristique de mortiers autoplaçants à base de granulats de liège

Grâce aux recherches que nous avons menées, nous avons trouvé certaines des études des chercheurs dans la même recherche que nous, et voici quelques-uns des résultats de leur étude a l'états frais et a l'états durci aussi les résultats d'essai (analyse granulométrique et la masse volumique de liège)

1. **Analyse granulométrique de liège**

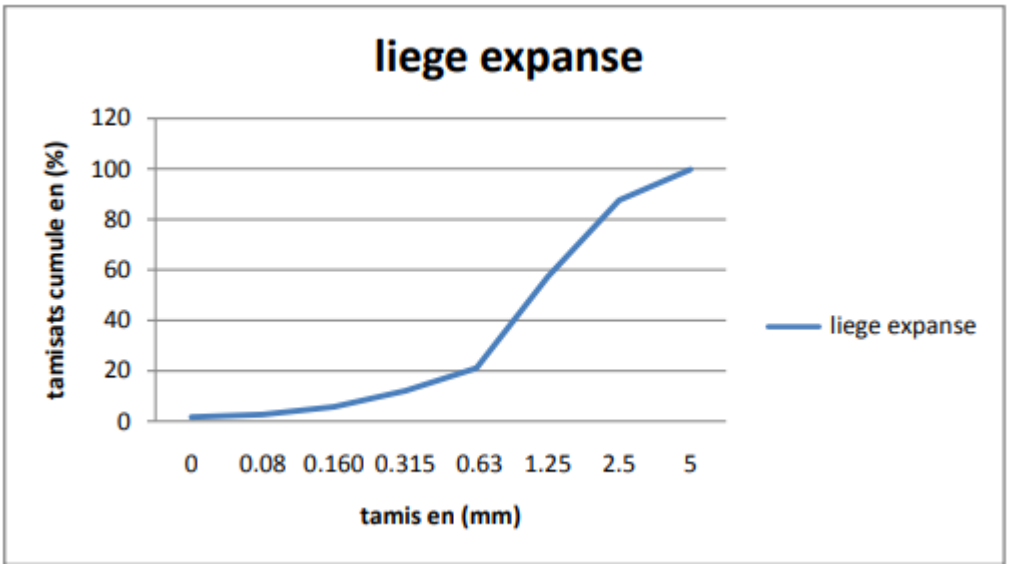


Figure I. 14: Analyse granulométrie de liège expansé (MF= 3.16)[2]

2. Masse volumique

La masse volumique apparentes et absolues des granulats de liège expansé [2]utilise ont été mesures d'âpres la norme [NF P 18-554 et 555].

- Masse volumique apparente (g /cm3)=0.12.
- Masse volumique absolues (g /cm3)=0.23.

A l'état frais

- **L'étalement**

¬ La substitution d'une partie du sable par son équivalence en liège expansé et granulé conduit à une perte de maniabilité pour les mortiers chargés. cela est traduit par une diminution de pourcentage d'étalement en fonction de l'augmentation du volume du granulats de liège expansé.

.¬ Dans les mortiers légers si le pourcentage de liège expansé est élevée ; le pourcentage d'étalement est diminué et cela est dû aux propriétés physiques du liège expansé, comme il a été approuvé dans la bibliographie, sa capacité d' absorption de l'eau est élevée en raison de sa microstructure alvéolaire conduisant à une porosité importante[2].

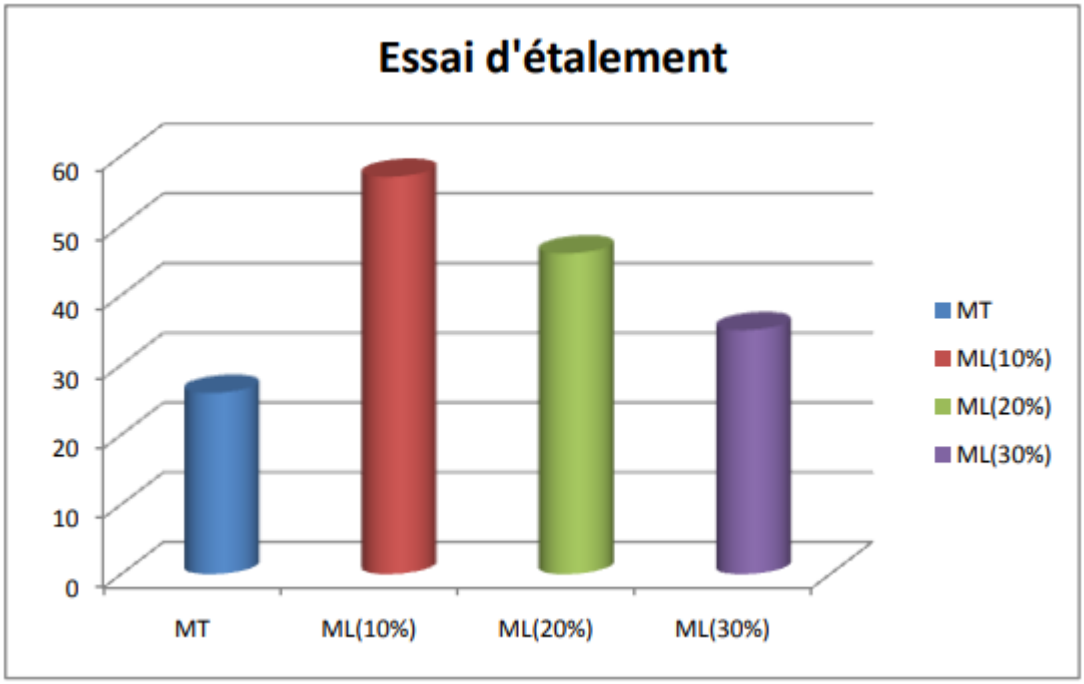


Figure I.15: valeurs d'étalement (%) pour le mortier

3. A l'états durci

- Résistance à la compression

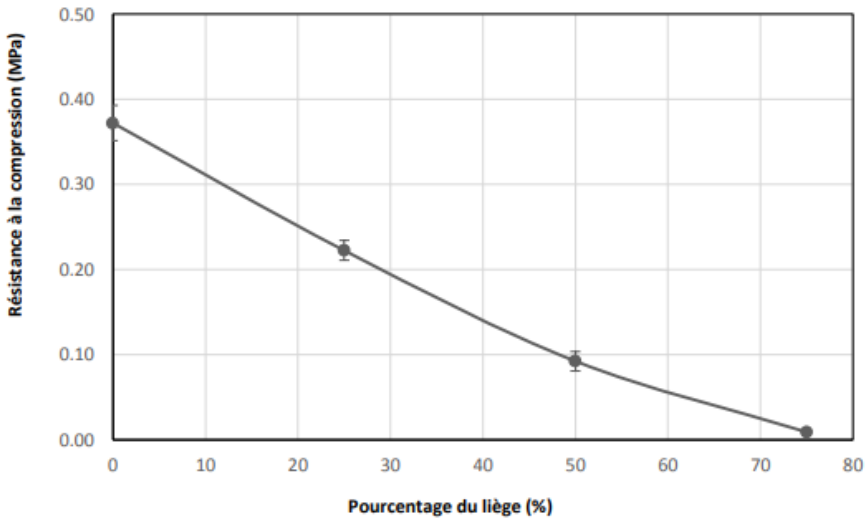


Figure I.16: Variation de Résistance à la compression en fonction de pourcentage de liège et son écart type

- **Résistance à la traction**

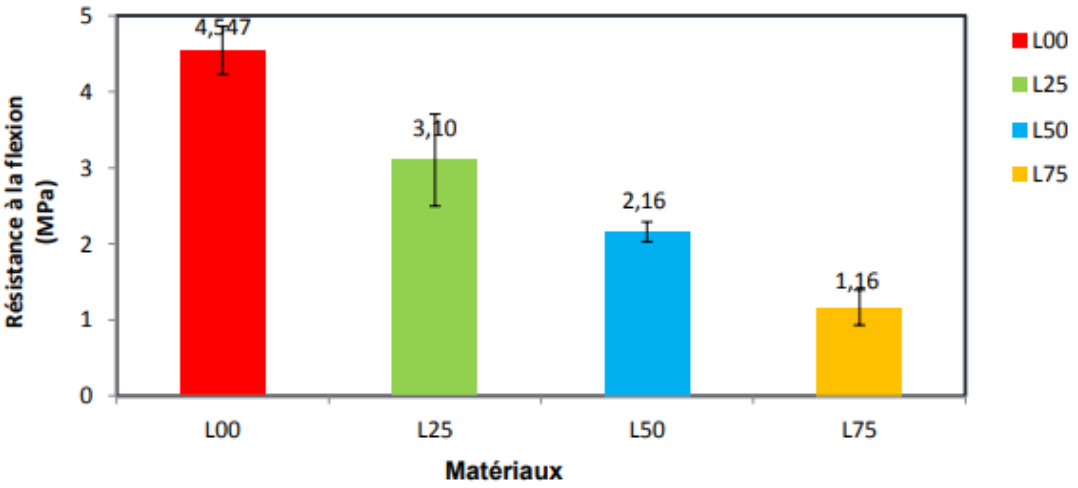


Figure I.17 : Variation de Résistance à la flexion en fonction de pourcentage de liège

Comme il a été observé en compression, la substitution partielle des granulats du sable par son équivalence volumique en granulat de liège expansé conduit à une diminution de la résistance en flexion. Le même raisonnement proposé dans la compression reste valable dans le cas de la flexion (absorption de l'eau du liège expansé) mauvaise adhérence : pate de ciment - granulat de liège expansé. [5]

- **La conductivité thermique**

D'après ces résultats on constate que L75 possède la plus faible conductivité thermique qui est de 0,194 W/m.K. Cette faible valeur de conductivité est due principalement au pourcentage élevé de granulés de liège (75% de liège par rapport au volume de sable). Au fur et à mesure que la proportion de liège augmente, la conductivité thermique diminue[5]

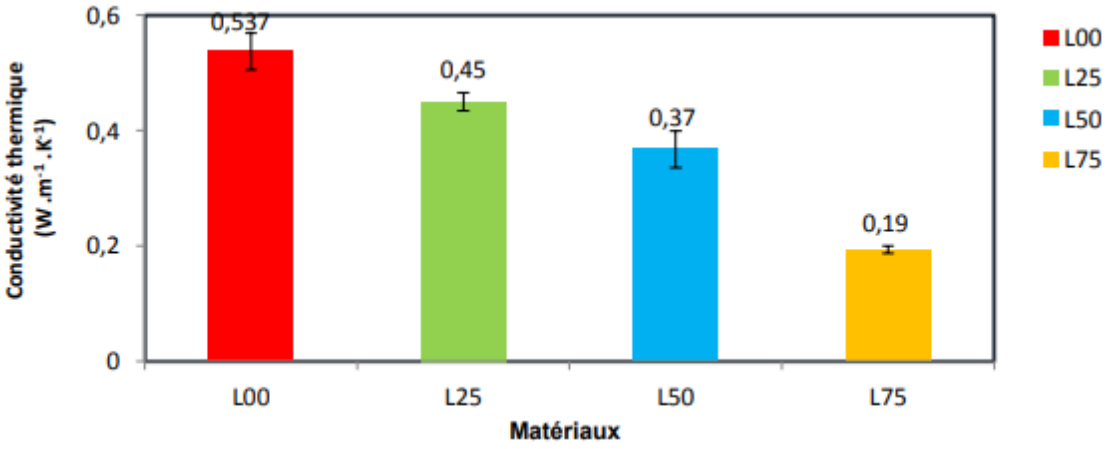


Figure I.18: Variation de la conductivité thermique en fonction de pourcentage de liège

I.9.Conclusion

Le mortiers autoplaçants à base de granulats de liège a plusieurs caractéristiques alors pour nous nous devants fait des essai pour voir les résultats que nous donne

Chapitre 2

MATEREAUX ET ESSAI

II.1 .Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les démarches pour formuler un mortier auto plaçant (MAP) à base des granulats de liège, dans ce sens nous avons réalisé un certain nombre d'essais afin de déterminer les caractéristiques des matériaux utilisés et leurs propriétés d'une part, d'autre part, la détermination de la formulation doit être définie avec le plus grand soin possible à travers la détermination des différents paramètres agissant sur la formulation d'un mortier à savoir :

→ La granularité ou le fuseau granulaire du squelette.

→ Les dosages en sable, ciment, eau et super plastifiant.

→ Le rapport Eau/Ciment (E/C) et Sable/Mortier(S/M).

II .2. Caractérisation des matériaux utilisés

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

II.2.1. Ciment

Le ciment utilisé est CPJ-CEM II/B (Mâtine) **(**Figure II.1), est un ciment Portland artificiel dont la résistance minimale à la compression à 28 jours est de 42,5 MPa, produit par la cimenterie de LAFARGE dont l'ajout est le calcaire qui est conforme à la norme [NA 442] **[1].** Le tableau II.1 résume l'Analyse chimique du ciment et composition hypothétique du clinker, selon la fiche technique du ciment.

Tableau II.1 : L'analyse chimique du ciment et composition du clinker [2]

Analyse chimique Du ciment	Perte au feu (%) (NA 5042)	10±2
	Résidus insolubles (%) (NA 5042)	1.5-3.00
	Teneur en sulfates SO3 (%) (NA 5042)	2.5±0.5
	Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
	Teneur en chlorures (%) (NA 5042)	0.02-0.05
	Silicates tricalciques C_3S (%)	60±3

Composition Hypothétique du clinker	Aluminates tricalciques C_3A (%)	7.5±1

-

Voir la fiche technique en <annexe A > pour avoir plus de détaille sur ce ciment



Figure II.1 : Le ciment utilisé

II.2.2. Sable

Pour cette étude nous avons utilisé le sable d'oued M'zi wilaya de Laghouat, avec un module de finesse environ 2,25, dont leurs caractéristiques sont représentées dans le tableau II.3. La figure II.3 représente la courbe granulométrique du sable utilisé.



Figure II.2. Le sable utilisé

Tableau II.3 : Propriétés physiques d'identification des granulats utilisés

Caractéristique	Sable
Provenance	Oued M'zi Laghouat
Classe granulaire	02
Module finesse	2.25
Masse volumique absolue (g/cm3)	2.66
Masse volumique apparent (g/cm3)	1.590
Equivalente de sable (%)	71.2
Taux d'absorption d'eau (%)	1

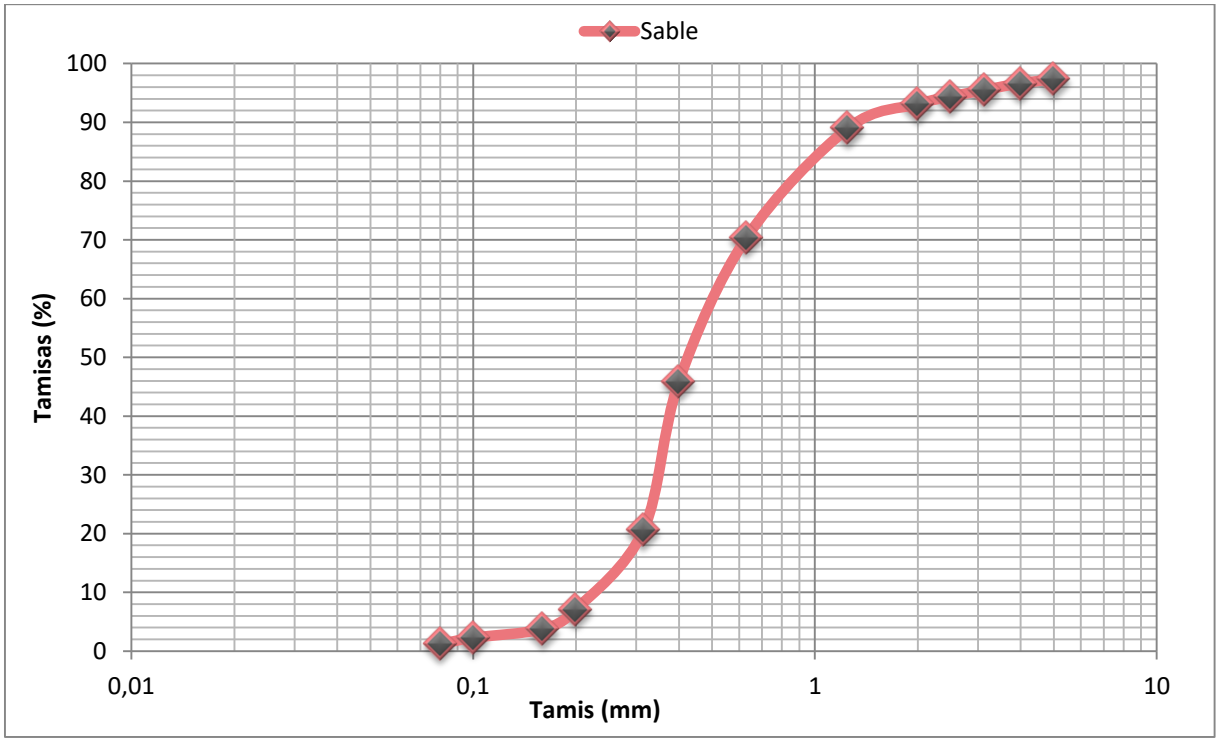


Figure II.3 : Courbe granulométrique du sable utilisé

II.2.3 Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée pour la confection des mortiers est celle du robinet considéré comme potable, exempte de toute impureté nuisible au mortier et conforme à la norme NF EN 1008 **[2]**. Sa température est comprise entre 18 et 20°C.

II.2.4. Super plastifiant

Le super plastifiant utilisé est SIKA-VISCO-TEMPO -10 répond aux exigences de la norme NF EN 934-2, c'est un super plastifiant /haut réducteur d'eau polyvalent de nouvelle génération non chloré, à base de copolymère acrylique [3].

Voir la fiche technique en < annexe B> pour avoir plus de détaille sur cet adjuvant.

II.2.5. Granulats de liège

Les granulats de liège utilisés dans notre recherche ont été fournis par la société JLE EPE Jijel liège étanchéité SPA, son siège social et son unité de production sont situés au niveau de la route de Bejaïa BP Jijel 18000 Algérie. Ce type de granulat est obtenu à partir des chaines de lièges, en passant par le concassement de celles-ci et puis le liège est torréfié dans des autos claves vers 350°c sa densité sèche varie entre 65 et 140 kg/m3.

Les grains de liège expansé sont caractérisés suivant les normes en vigueurs, les résultats sont représentés dans le tableau II.4 et la figureII.4.

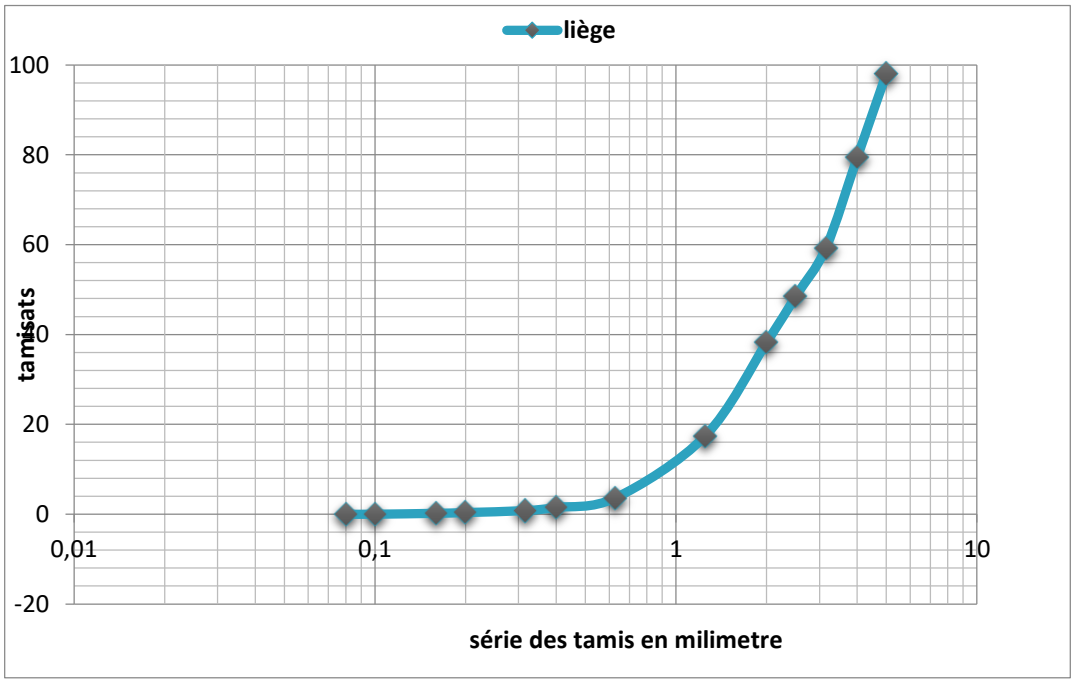


Figure II.4 : Courbe granulométrique de liège

Tableau II.4 : les caractéristiques de liège

Caractéristiques	Liège
Module de finesse	4.31
Masse volumique absolue (g/cm^3)	1.125
Masse volumique apparente (g/cm^3)	0.0833
Taux d'absorption d'eau (%)	60

II.3. Formulation des mortiers

L'objectif de la formulation est de déterminer la quantité nécessaire pour chaque matériau utilisé afin d'obtenir un mortier autoplaçant avec des propriétés souhaitées. Notre étude est focalisée sur l'influence de l'ajout des de granulat de liège (GL)sur les caractéristiques à l'état frais et durci du MAP. Afin de déterminer les quantités des matériaux : sable, ciment, eau et adjuvant, granulat de liège, nous nous sommes basés sur la formulation japonaise (JSCE), en assurant un rapport S/M=0.45, un rapport E/C=0.4, et nous avons confectionné deux catégories de mélange : mortier autoplaçants témoin à 0 substitution de liège (MAPT) et quatre mélanges avec une variation de dosage de liège 25%,50%,75%,100% noté par MAP 25% MAP, 50% MAP, 75%, MAP 100%. Les différentes compositions sont présentées dans le tableau II.5.

Tableau II.5 : les composantes des mortiers formulés ont basé de Granulat de liège(v=1.4l)

Map	E/C	Ciment (g)	Sable (g)	Liège (g)	L'eau (ml)		Super plastifiant(ml)
					E_1	E_2	
Map T	0.40	1063.021	1675.8	0	204.7	130.6	9.04
Map 25%	0.40	1063.021	1654.065	21.735	301.5	128.9	9.1
Map 50%	0.4	1063.021	1632.33	43.47	301.5	128.9	9.1
Map 75%	0.4	1063.021	1610.595	65.205	300.5	127.4	9.25
Map100%	0.4	1063.021	0	86.9	316.4	135.6	9.04

II.4. Séquence de malaxage du mortier

Pour la confection du mortier, les proportions du mélange (ciment, sable, eau super plastifiant) ont été calculés selon une procédure donnée en<Annexe D>La séquence de malaxage décrite dans la figure I.8 suit les étapes suivantes **[4]** :

→ Malaxer à sec le ciment et le sable afin d'homogénéiser le mélange pendant 30 seconde (on a utilisé un malaxeur à mortier de capacité de 4 litres).

→ Ajouter pendant 1 minute la première quantité d'eau (w1 = 70% Eau).

→ Ajouter pendant 1 minute le restant de l'eau de gâchage (w2 = 30% Eau) mélangé avec le super plastifiant.

→ Malaxer le mélange pendant 3 minutes.

La séquence de malaxage est la même pour tous les mélanges du mortier. Pour assurer une meilleure incorporation, et d'après la séquence de malaxage de ce produit cité en fiche technique, l'ajout de granulats de liège doit être mélangé avec les agrégats (ciment, sable) cette quantité a été prise d'un pourcentage massique du ciment.

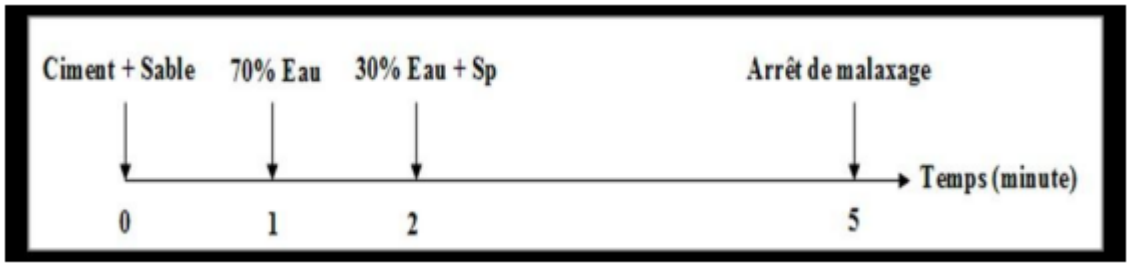


Figure II.6 : Séquence de malaxage du mortier autoplaçants

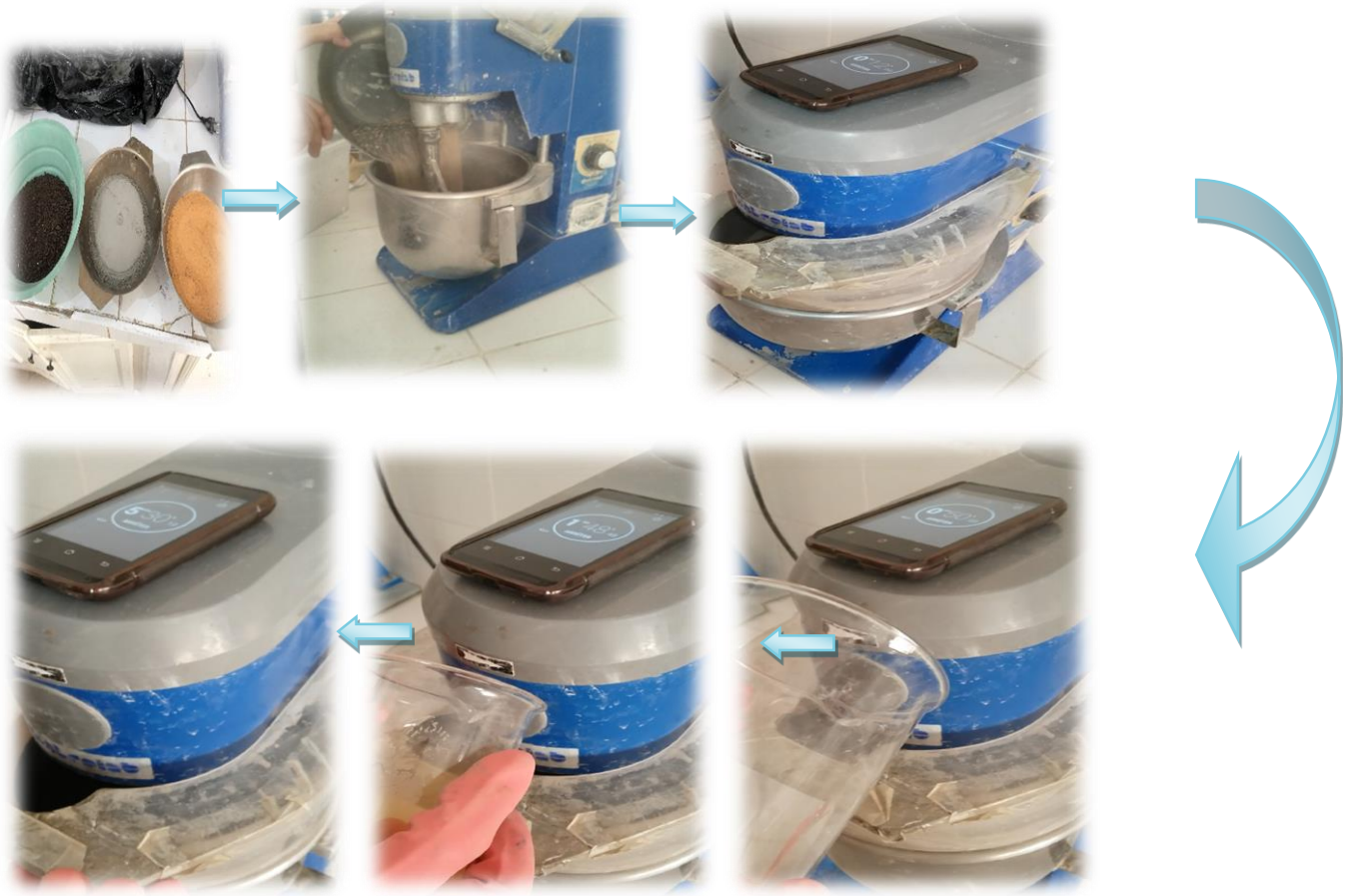


Figure II.7: protocole de malaxage

II.5. Préparation et Conservation des Eprouvettes

La préparation des éprouvettes(40X40X160) mm du mortier autoplaçants est effectuée selon la norme EN196-1 **[5].**

I.6. Caractérisation de MAP à l'état frais

Dans cette étude, deux essais ont été effectués pour valider les caractéristiques des mortiers autoplaçants formulés selon les recommandations de l'AFGC.

I.6.1. Fluidité et déformabilité de MAP

La déformabilité du mortier est définie comme étant la capacité de mortier de subir un changement de forme sous son propre poids. Afin d'obtenir une déformabilité adéquate, il est important de réduire au minimum le frottement inter le sable du mélange. La réduction de la quantité du gros sable et l'augmentation du volume de pâte sont exigées pour obtenir la déformabilité désirée des MAP. Une autre manière de réduire le frottement inter sable est obtenu avec l'incorporation d'additions minérales telles que les fillers [khayat & al.][19].la

déformabilité du béton est directement liée à la déformabilité de la pâte. Pour augmenter la déformabilité de la pâte et réduire le frottement inter sable, des super-plastifiants haut-réducteur d'eau (**SPRE)** sont incorporés dans les mélanges MAP Ces SPRE permettent de maintenir un rapport eau-matières cimentaires relativement bas tandis que la fluidité reste élevée.

La déformabilité de la pâte est augmentée aussi en réduisant la viscosité. Un mortier fortement fluide peut être obtenu sans réduction significative de sa cohésion en améliorant sa résistance à la ségrégation [khayat et al.2004][19]. En général, le critère de fluidité-stabilité est assez difficile à résoudre, mais, au moyen d'agents colloïdaux, de teneurs élevées en ajouts minéraux ou de teneurs appropriés en sable, la stabilité et la déformabilité peuvent être assurées [Khayat & al.]

II.6.1.1.Essais d'étalement au mini-cône

L'essai d'étalement consiste à remplir un moule tronconique place sur une surface horizontale lisse, une fois le moule soulève, le diamètre d'étalement du mortier est mesuré suivant deux directions perpendiculaire, la moyenne est retenue. La figure II.9 montre les étapes de l'essai d'étalement mini cône.

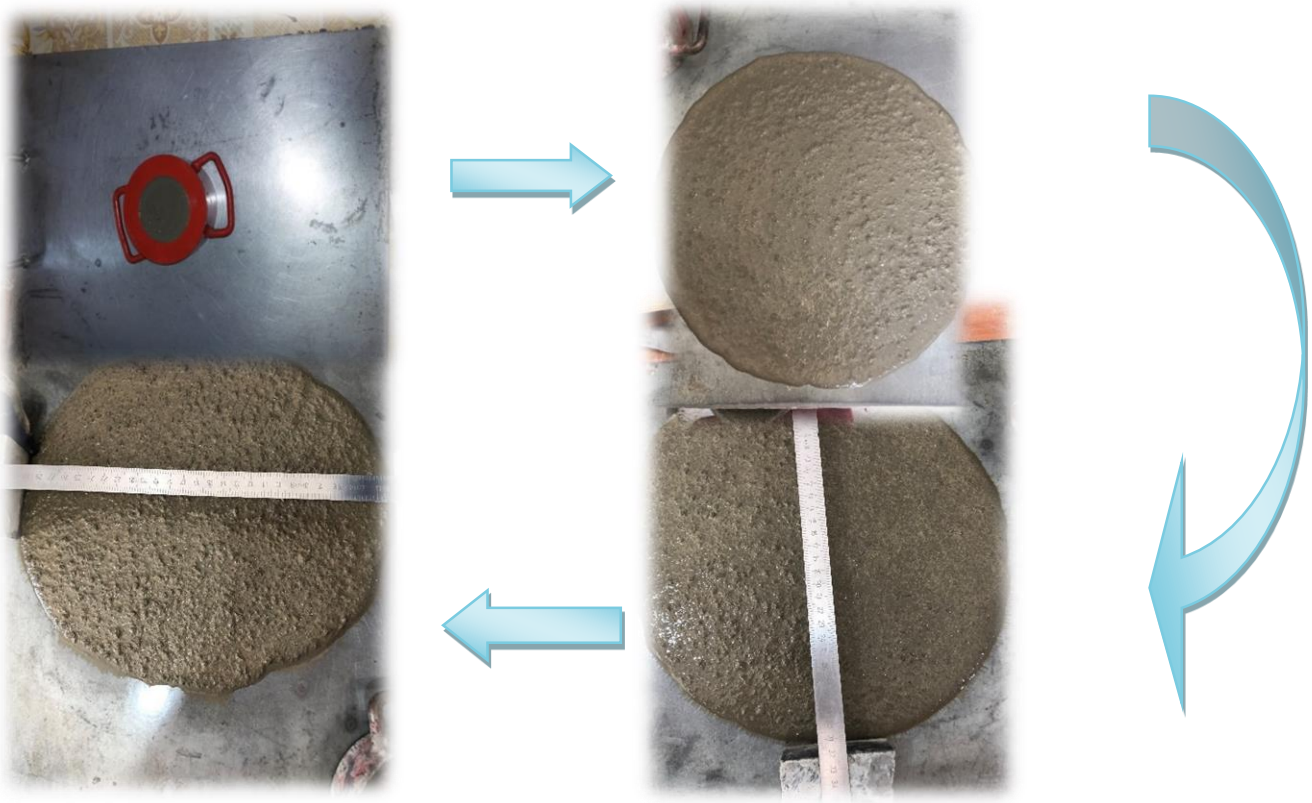


Figure II.8: Protocole de l'essai d'étalement

II.6.1.2. Essai d'entonnoir en V (V-funnel)

L'entonnoir est destiné à imposer un écoulement. L'entonnoir est rempli de mortier et le temps pour lequel le mortier prend pour couler à travers le dispositif est mesure. Ce temps mesure indique la fluidité et Caractérise la capacité du mortier de passage.

La figure II.9 montre les étapes de l'essai.

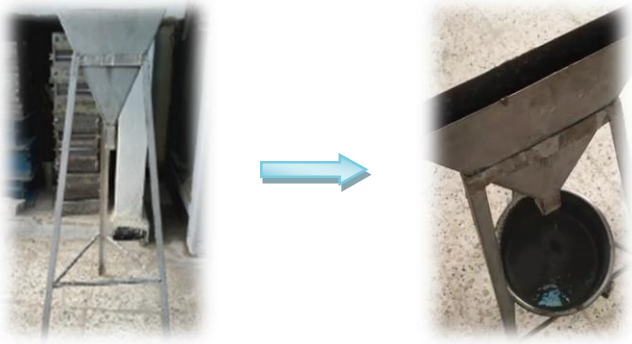


Figure II.9 : protocole de l'essai d'entonnoir (V- funnel)

II.6.1.3. Densité

La densité des mélanges a été calculée en fonction de l'échantillon introduit dans le moule de volume (V= 1 L) est déterminée suivant la norme NF P 18-440 [6]. La figure II.11 montre les étapes de l'essai.



Figure II.10 : Les étapes d'essai de densité

II.6.2. Etat durci

II.6.2.1. 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] **[19]**. C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points) (Figure II.12), une éprouvette prismatique de côté a et de longueur L.

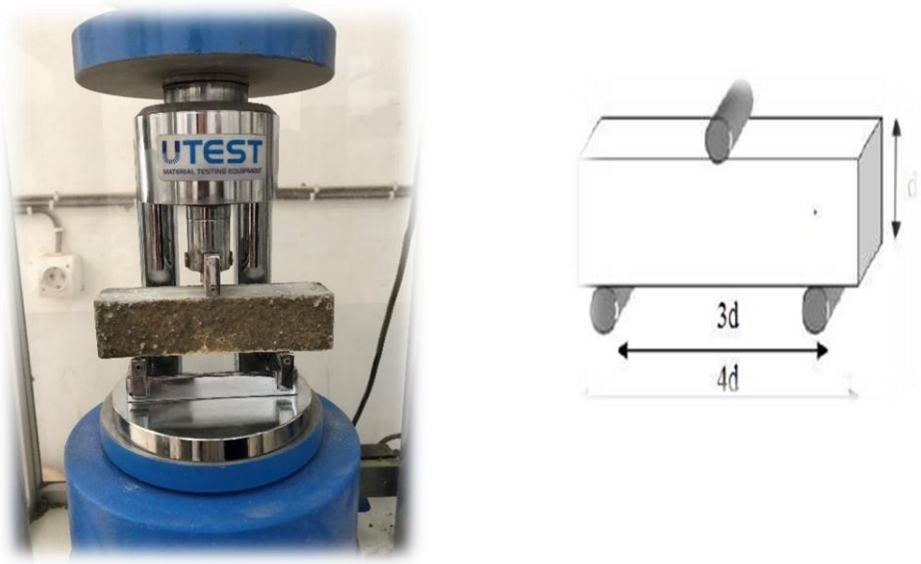


Figure II.11 Essai de traction par flexion sur mortier

La contrainte de flexion sur la fibre inférieure est donnée par la formule suivante :

$$\sigma_t = \frac{M}{I} v$$

Avec :

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

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

v : La distance de la fibre inférieure la plus éloignée : $v = \frac{a}{2}$

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

$$\sigma_t = \frac{1.5 F_f L}{a^3}$$

II.6.2.2. Résistance à la compression

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [EN 196-1] **[19]** par compression axiale pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques après rompre en flexion à l'âge de 7 et 28 jours, (Figure II.13) exprime l'essai. La résistance à la compression correspond à la contrainte moyenne d'écrasement de trois (03) demi-prismes des trois éprouvettes.



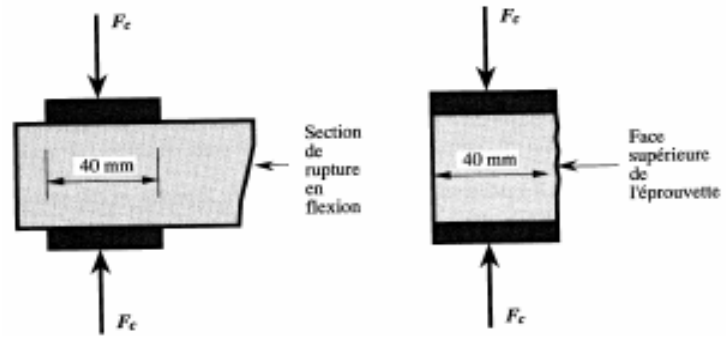


Figure II.12. Essai de compression sur mortier

Si F_c est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra : $\sigma_c = \frac{F_c}{a^2}$

Cette contrainte est appelée résistance à la compression et, si F_c est exprimée en newtons, cette résistance exprimée en méga pascals vaut :

$$f_{c28}\,(\text{MPa}) = \frac{F_c\,(\text{N})}{1600}$$

II.6.2.3. Absorption d'eau par capillarité

Conformément à la norme NF EN 1015-18**[7]**, dans cet essai, on prend un morceau d'éprouvette de mortier puis séché. On le pèse(m_0) au début, après on l'introduire dans un bac remplit d'un film d'eau (5 mm d'eau) (figureII.14) et pendant chaque intervalle de temps(12min,30min,1h,2h,4h,24h,48h,72h,96h) on ressort les morceaux du bac et on les pèse(m_1). Le différent de poids entre $m_1$et m_0 est le poids de l'eau absorbée (m_1- m_0).

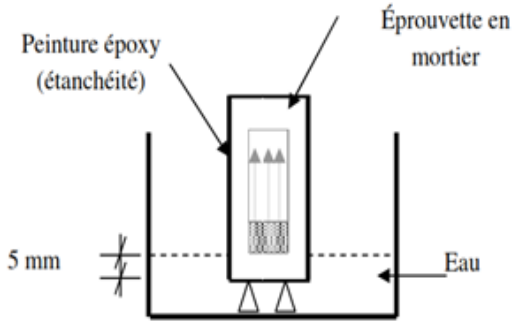


Figure II.13. Essai d'absorption d'eau par capillarité sur mortier

II.6.2.5. Porosité accessible à l'eau

L'essai de porosité accessible à l'eau est réalisé selon la norme AFC-AFREM [8]. Les éprouvettes prismatiques normalisées. La figure suivante montre l'appareillage de l'essai (Figure II.14).



Figure II.14. Essai de Porosité accessible à l'eau

II.6.2.4. Conductivité thermique

La méthode de mesure de la conductivité thermique est réalisée à l'aide de l'instrument appelé CT-mètre, elle consiste à soumettre deux éprouvettes de la même famille et entre ces deux éprouvettes mettant une sonde génère un flux thermique. La figure suivante présente la méthode de l'essai. (Figure II.15).



Figure II.15. Essai de conductivité thermique

II.6.2.6. Résistance au feu

Les éprouvettes retenues pour cette étude sont de teneurs en grains de liège de 0%, 25%, 50%, 75%. Des demis prisme en MAPL sont préalablement préparées pour le traitement thermique, elles sont étuvées à 80°C pendant 6 jours jusqu'à la stabilisation de leurs masses. Ensuite, elles sont chauffées dans un four à moufle dont les dimensions utiles sont de 25x28x18 cm (figure 4) à différentes températures 400°C et 600°C avec une vitesse de chauffe égale à 10°C/min, puis maintenues en température dans le four pendant 1 heure conformément à la norme ISO 834(Ramli Sulong, Mustapa, & Abdul Rashid, 2019). Tous les d'éprouvettes sont refroidis à l'air (en dehors du four) pendant 24 heures puis testés.

Pour chaque température deux critères sont évalués, d'abord des mesures de pertes de masse et ensuite les mesures de la résistance à la compression. Le degré de déshydratation (Perte de masse (%)) est évalué par la relation suivante :

$$\text{Perte de masse (\%)} = ((M1-M2)/M1)) \times 100$$

Cette perte de masse, permet de quantifier de façon globale, la quantité de matière perdue au cours des cycles de chauffage-refroidissement.

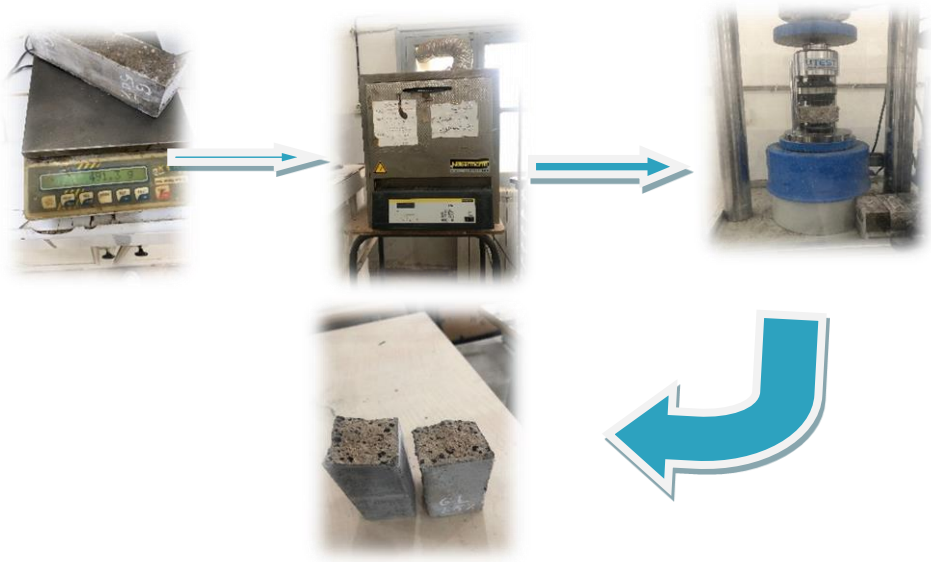
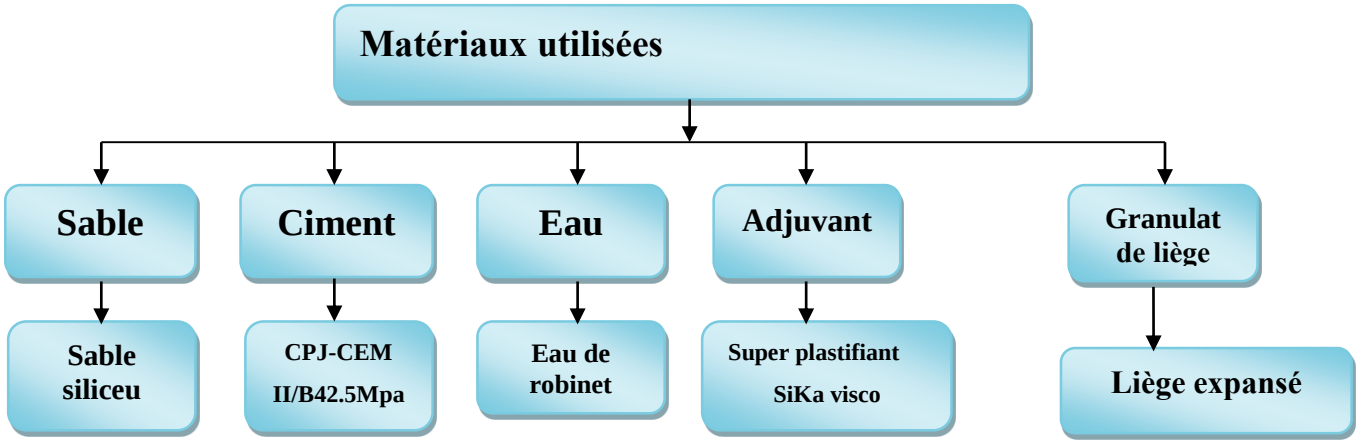
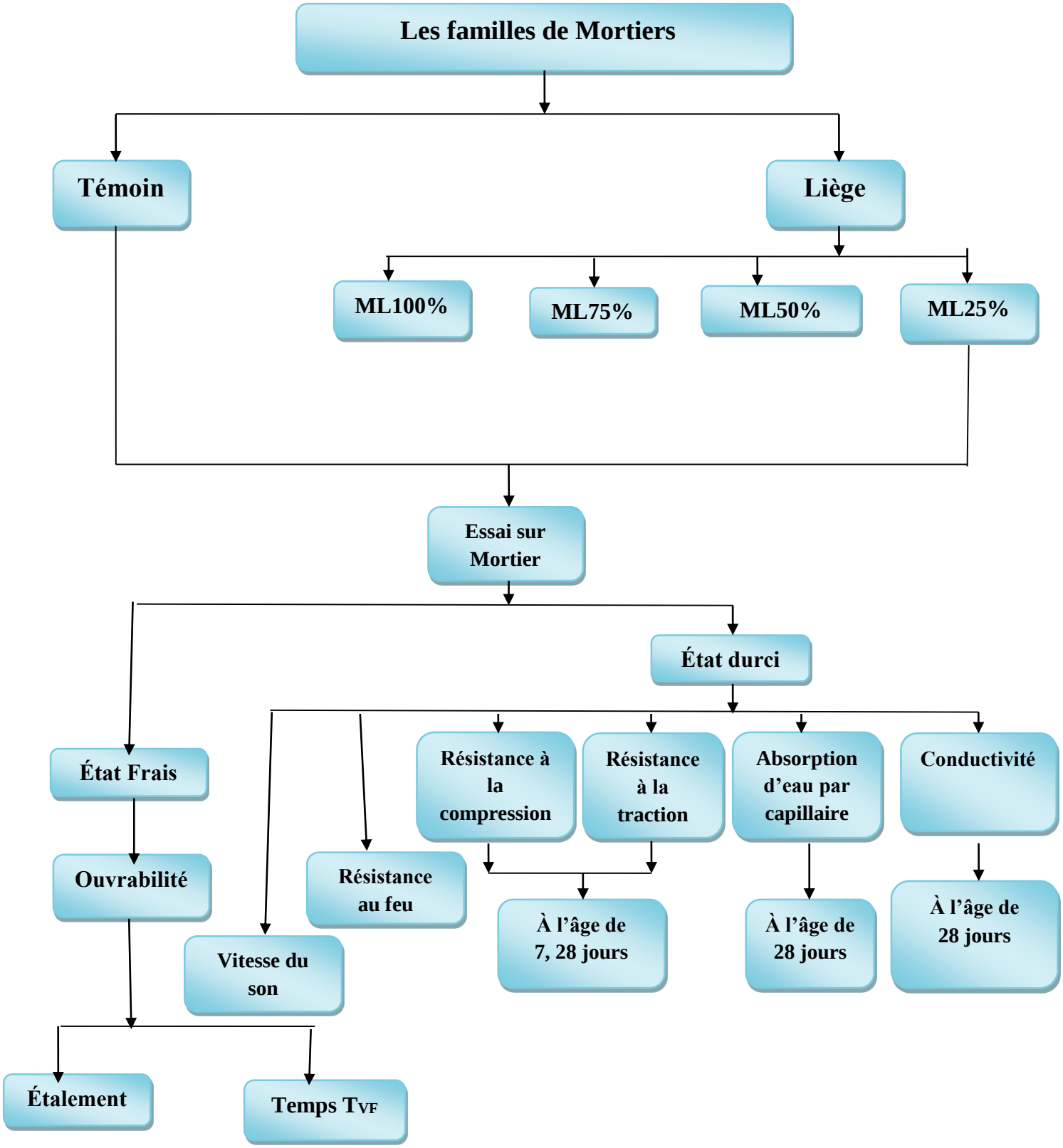


Figure II.16 : Essai de résistance au feu

II.7. Variables étudiées




Les familles de Mortiers
Témoin
Liège
ML100%
ML75%
ML50%
ML25%
Essai sur Mortier
État durci
État Frais
Ouvrabilité
Étalement
Temps TVF
Vitesse du son
Résistance au feu
Résistance à la compression
Résistance à la traction
À l'âge de 7, 28 jours
Absorption d'eau par capillaire
À l'âge de 28 jours
Conductivité
À l'âge de 28 jours

II .8. CONCLUSION

Dans ce chapitre, des essais de caractérisation des matériaux utilisés sont réalisés au sein du laboratoire pédagogique de l'université de Médéa. Ainsi, après la formulation de nos composites à base de granulats de liège expansé, une série des essais effectuées dans le but de connaitre l'effet de ces granulats sur les propriétés rhéologiques, physico-mécaniques et thermiques. De plus, une investigation est élaborée pour découvrir l'effet de la haute température sur les mortiers autoplaçants de liège expansé.

Conclusion générale

Conclusion Général

L'objectif de ce travail était de déterminer l'influence de déférents pourcentages de liège sur le comportement de mortier autoplaçants. Sur la base des résultats expérimentaux obtenus on peut tirer les conclusions suivantes :

Effet de granulats de liège

A l'état frai :

Le liège influent positive sur la maniabilité des mortiers en fonction de l'augmentation du taux de substitutions pour toutes les mortiers de déférents pourcentage de liège.

A l'état durci :

- Les résistances à la compression de tous les mortiers diminuent régulièrement avec l'âge et avec augmentation de pourcentage de liège et un présentent de chute.
- Augmentation de conductivité chaque augmentation de pourcentage de LG
- Augmentation de pourcentage de GL suivre une augmentation de perte de masse.
- Augmentation de pourcentage de GL suive une diminution de perte de résistance à la compression.
- Augmentation d'eau adsorbé pour l'augmentation de quantité de liège, une augmentation des pores.
- A 28 jours le temps d'ultrason augmente pour chaque augmentation de GL

A la fin on peut conclu que :

On peut utiliser le mortier autoplaçant à base de granulat de liège comme un mortier mural pour l'isolation thermique et phonique

Aussi il est possible d'utiliser comme des séparations entre les mures double croisant

Recommandation

Référence

Introduction générale

[1] Bektas, F., Wang, K., Ceylan, H., Effects of crushed clay brick aggregate on mortar durability. Constr. Build. Mater. 23,1909-1914(2009)

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.09.006

[2] mémoire de master de thème **propriétés de mortier autoplaçant à base de différents types de sables**, présenté par : yahiaoui Khalil et sadki Mohamed, présenté à l'université université Ziane Achour – Djelfa, faculté des sciences et de la technologie, département de génie civil, spécialité : géotechnique et matériaux, soutenue le : 14/06/2017

[3] mémoire de master de thème **caractérisation d'un mortier à base de sable de dune avec caoutchouc**, présenté par : ardjani Kamel Khachbat Mohammed ettahir, présenté à l'université 8 mai 1945 Guelma, faculté des sciences et de la technologie, département de génie civil & hydraulique, spécialité de génie civil, option : matériaux en génie civil

[4] https://www.easy-liege.fr/

Chapitre 1 : : synthèse bibliographique

[5] https://blog.teralta- emortier#:~:text=Le%20mortier%20de%20montage%20se,1% 20ou% 20du%200%2F4.

[6] https://www.khalesindustrie.com/nos-articles/ligne-de-transformation-de-ciment-colle.

[7] F. Michaud, ''Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique : Aptitude post formage'' thèse Phd, univ Laval, 2003

[8] SYLVER.P. (2005 ,2006). ≪science des matériaux≫ université pierre et marie curie (type de mortier ciment)

Référence

[9] Charles A.S, Marcel Dekker, Inc. (2004). Herd-book

[10] G. DREUX & J. FESTA : « Nouveau guide du béton et de ses constituants ». 8ème Édition. Eyrolles. Mai1998

[11] Matériaux de construction≥ par une réunion d'ingénieur 1979-eyrolles

[12] Bektas, F., Wang, K., Ceylan, H. : Effects of crushed clay brick aggregate on mortar durability. Constr. Build. Mater.23,1909-1914 '2009)

[13] https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.combuildmat.2008.09.006

[14] https://www.alsabrico.fr/isoler/materiaux-d-isolation-ecologique/liege/granulat-de-liege-expanse.html

[15] Debieb.F., cours bétons innovant 2. Béton légers, département de Génie Civil, Faculté des sciences et de la technologiques, Université de Médéa.

[16] Latifou Bello « Méthodologie de formulation des Bétons Auto-Plaçants Légers »2015.

[15] Nassima Sotehi : « Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation ». Thèse de doctorat en Génie civil. MENTOURI - CONSTANTINE. 2010

[17] M. yurugi, N. Sakata, M.I. and G.S. : Mix proportion for Highly Workable concrete.

[18] Okamura et al. 2003 : Okamura H. and Ouchi M., "Self-Compacting Concrete", Journal of Advanced Concrete Technology Vol. 1, No. 1, 5-15, April (2003).

[19] Okamura et al. 1999 : Okamura H. and Ouchi. M., "Self-compacting concrete, développement,

Present use and future", In Proceedings of the First International RILEM Symposium of Se lf-Compacting Concrete ; RILEM,1999.

[20] Association Canadienne de l'isolation thermique, « Guide des meilleures pratiques d'isolation mécanique » ,1485

Référence

[21] Coulomb Philippe, Herrmann Guillaume, Sarlin Sophie, « L'isolation thermique dans la conception et la réalisation des locaux de travail »

[22] Nassima Sotehi thèse doctorat 2010, Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation Constantine

[23] https://les-nouvelles-moroquineries.com/

[24] http://www.techni.ch/.

[25] PINTUS A. (2012). Les propriétés techniques du liège Intérêt pour la construction. Colloque International "Liège et éco construction", 13-15 juin, Vivès. Agenzia Regionaleper la RicercainAgricoltura.

[26] Messali S, 2003 : Le liège : histoire, transformationet utilisation. Alger : Ed. Jijel Liège Etanchéité.7 p.(brochure).

[27] https://www.ameduliege.com. (Âme du liège)

[28] https://www.easy-liege.fr/

[29] Boulahia Hakima. (2016) : Etude du comportement physico-mécanique de nouvelle bio composite poudre de liège–PVC. Thèse de doctorat. Université M'HAMED BOUGARABOUMERDES, Algérie, 150page

[30] Benamirouche S., Chouial M., « Cartographie et description des peuplements portegraines de chêne liège (Quercus suber L.) dans les wilayas de Jijel, Mila et Bejaia(Nordest algérien) », Station régionale de recherche forestière de Jijel Oued kissir El Aouana- Jijel – Algérie Tél/fax (213) 34 51 32 76

[31] mémoire de fin d'étude, Etude expérimentale d'un mortier renforce par des fibres végétales, Dirigé par : Pr. AIT TAHAR KAMAL, Réalisé par : M. MOUGARI Brahim, UNIVERSITE MOULOUD MAMERI DE TIZI-OUZOU, FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL , LABORATOIRE : LAMOMS . 2016.

Référence

[32] Mémoire, Economie du bois en Algérie Etat actuel et perspectives, Présenté par : KECHEBAR M.S.A, Université Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biologie et Ecologie. 2007 -2008

[33] https://coseils-thermique.org/.

[34] https://www.alsabrico.fr/isoler/materiaux-d-isolation-ecologique/liege/granulat-de-liegeexpansé.

Chapitre 2 : caractérisation des mâtereaux

[1] Khayat, 2004 : Khayat, K.H., Assaad, J., Daczko J., (2004). “Comparison of Field-oriented Test Methods to Assess Dynamics Stability of Self-Consolidated Concrete”, ACI Materials Journal, V. 101, No. 2, March –April 2004, pp. 168-176.

[2] Abdelhamid R’MILI : Étude de formulation et de comportement des Bétons Auto-Plaçants : Incorporation du sable de concassage et du sable du désert 13 janvier 2010

[3] NF EN 12350-6, 1999, « Essai pour béton frais. Partie 6 : Masse volumique ».AFNOR.

[4] Mémoire de master de thème : Valorisation du liege expansé dans la composition des mortiers, dirigé par MAANSER Roumaissa , Université Mohamed KHIDHER-Biskra Faculté des Sciences et des la Technologie, Département de Génie civil et d'Hydraulique . 2019-2020

[4] NA 436 ,1992-08-20 « béton frais, détermination de la consistance-essais d’affaissement ». Norme algérienne.

[5] EN 1992-1 2005 : Norme NF EN 1992-1, 2005, "Eurocode 2 – Calcul des structures en béton Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments", AFNOR

[6] NF EN 196-1 Méthodes d'essais des ciments - Partie 1 : détermination des résistances mécaniques - Avril 2006

[7] NF P 18-412, « caractéristiques particulière des machines hydrauliques pour essais de compression. 1981.

Référence

[8] Mémoire de master de thème : Valorisation du liege expansé dans la composition des mortiers, dirigé par MAANSER Roumaissa , Université Mohamed KHIDHER-Biskra Faculté des Sciences et des la Technologie, Département de Génie civil et d'Hydraulique . 2019-2020

[9] SEKANDER. ., typé durabilité, Matériaux en Génie Civil, Département Génie Civil, Faculté de technologie, 2022.2023 selon la norme AFREM

[10] ISO 8497, 1994 Isolation thermique : Détermination des propriétés relatives au transfert chaleur en régime stationnaire dans les isolants thermiques pour conduites

[11] Boukhalkal. Djamilla. Cours méthode expérimentale, Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Université de Médéa,2016,2017.

[12] la norme [NA 442]

[13] NF EN 1008

[14] https://dza.sika.com/content/dam/dms/dz01/0/sika-viscocrete-tempo-10.pdf

[15] P.L. Domone, J. Jing, « Properties of Mortar for Self Compacting Concrete », Proceedings of RILEM International Symposium on SCC, Stockholm, Septembre 1999, RILEM Proceedins PRO 7, Paris pp109-120

[16] EN 196-1 : Norme européenne, « méthodes d'essais des ciments, partie 3 » Août 1995.

[17] NF P 18-440

[18] la norme NF EN 1015-18

[19] AFC –AFREM

[20] A. Mardani-Aghabaglou, M. Tuyan, K. Ramyar, Mechanical and durability performance of concrete incorporating fine recycled concrete and glass aggregates, Materials and Structures 48(8) (2015) 2629-2640

Chapitre 3 : Résultats et Discutions

Référence

[1] Ziregue Ahmed., Mouldi Khenfer Mohamed., Qu´eneudec-t'Kint Michèle & Montrelay Nicolas. (2016). Developmental potentiality of insulating lightweight concrete based on cork and calcareous sand. Journal of Adhesion Science and Technology, 30 :9, 934-946

[2] Mémoire de master de thème : Valorisation du liège expansé dans la composition des mortiers, dirigé par MAANSER Roumaissa, Université Mohamed KHIDHER-Biskra Faculté des Sciences et de la Technologie, Département de Génie civil et d'Hydraulique. 2019-2020

[3] Boussetoua H., Maalouf C., Lachi M., Belhamri A & Moussa T. (2017) Mechanical and hydrothermal characterisation of cork concrete composite : experimental and modelling study, Européen Journal of Environnemental and Civil Engineering, Taylor & Francis. DOI.

[4] Bràs, A., Leal, M., & Faria, P. (2013). Cement-cork mortars for thermal bridges correction. Comparison with cement-EPS mortars performance. Construction and Building Materials, 49, 315-327. doi : https ://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.08.006

[5] Hocine BOUSSETOUA, thème de mémoire Étude des transferts de chaleur et de masse dans les matériaux de construction : Caractérisation d'un agro-matériau à base du béton et de liège, de l'Université Mohammed Seddik BENYAHIA – Jijel, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département : Génie des procédés

[6] Jannot Y., Isothermes de sorption : modèles et détermination. http://www.thermique55.com/principal/sorption.pdf ; 2008 (Juin 2008).

[7] IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting Physiosorption data for Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity. Pure and Applied Chemistry 1985 ; 57 (4) : 603–619

ANNEXE A



ALGÉRIE

مثين
MATINE

LAFARGE
Construire
des villes meilleures™



Ciment portland au Calcaire

NA442 CEM II/B-L 42,5 N

Matine Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné à la construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments

Matine
NA442 CEM II/B-L 42,5 N

Matine est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 – 2013) et Européenne (EN 197-1)

AVANTAGES PRODUIT

- Une résistance initiale élevée pour vos ouvrages nécessitants un décoffrage rapide
- Favorise la maniabilité du béton et le maintien de sa rhéologie
- Une Classe Vraie qui offre une haute performance au béton.
- Meilleure durabilité du béton.

A member of LafargeHolcim

ANNEXE A

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments
- Préfabrication légère
- Béton de haute performance



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment	Sable (sec) 0/5	Gravillons (sec) 8/15mm 15/25mm	Eau (litres)
Dosage pour béton C25/30	X 1	+ X7	+ X5 + X4	+ 25 L

Remaque: un bidon = 10 Litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

• Analyses chimiques	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	10.0±2
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.05

• Temps de prise à 20° (NA 230)	Valeur
Début de prise (min)	150±30
Fin de prise (min)	230±50

• Composition minéralogique du Clinker (Bogue)	Valeur
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

• Résistance à la compression	Valeur
2 jours (MPa)	≥ 10.0
28 jours (MPa)	≥ 42.5

• Propriétés physiques	Valeur
Consistance Normale (%)	26.5±2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm^2/g) (NA231)	3 700 - 5 200
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	≤ 3.0

Conditionnement: Sac et vrac

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

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

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



A member of LafargeHolcim

LAFARGE ALGÉRIE
Bureau n°02, 16ème étage, tour Geneva,
les Pins maritimes, Mohammadia, Alger.
tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
Tél: 021 98 55 55

LAFARGE لافارج

ANNEXE B

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

ANNEXE C

Feuille Excel donnant composition et résultats des essais sur mortier

Essais sur Mortier

Entrer data dans cellules en rouge

Valeurs calculées dans cellules en noir

Référence du mélange | Essai N° | CEM I 42,5 | Date ######

0 % de Mg

0 % de Poudre de marbre

MAPPZ

volume de mortier (litres) 1000,00

sable/mortier vol 0,45

E/P par vol. 1,339 poudre vol : 23,514 Eau volume 31,486

composition Poudre(vol %)	type
ciment portland	100
pz	0
Poudre de Marbre	0

superplast - MEDAFLOW30 0,35 % (Sp/P)

Densité relative de la poudre 3,00

teneur en eau du sable

	humidité (%ab)		absorption(	correction (%)
poids humide (g)	200	0,00	1,00	-1,00
poids sec (g)	200			

Materiaux	Volume litres	Densité kg/m³	Masse kg	Contenance d'eau %	kg	poids mélange kg		
poudre	235,143	3080	724,241			724,241		
Ciment	235,143	3080	724,241			724,241		
Pz	0,000	2670	0,000			0,000		
Poudre de marbre	0,000	2700	0,000			0,000		
Eau	314,857	1000	314,9			322,52	W1	225,762 70% W
							W2	96,755 30% W
superplastifiant MEDAFLOW 30		1060	6,16	70	4,309	6,156		
Sable	450,000	2660	1197,000	-1,00	-11,970	1197,000		
Total	######					2249,915		

E/P poids = 0,435

100ZC			
Volume	1,4	poids mélange g	
poudre		1013,938	T
Ciment	0,329	1013,94	
--	0,000	* **	