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 civile

Etude des propriétés physico-mécanique des composites écologique application sur les bétons allégés par les grains de liége

---

Présenté par

Klalibe Rabeh

Belkacem nadhir

Proposé et Dirigé par

Herihiri Ouided

Promotion Juin 2021

DEDICACE

Au nom de dieu le tout -puissant, le tout –compatissant, je dédie ce travail à l'esprit de ma Mère, à mon père, à mes frères (Hamid, tayeb), à mes sœurs, à toute la famille klalibe, ainsi que Mes amis pour leurs encouragements illimités.

Merci à tous.

Remerciements

Nous remercions dieu de nous avoir donné la volonté et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier cordialement et sincèrement Nos chers parents et nos chères familles klalibe et belkacem.

Nos vifs remerciements s'adressent à mme herihri, notre promotrice pour nous avoir proposé ce sujet et nous donner l'opportunité d'approfondir nos connaissances et notre expérience dans un domaine aussi passionnant.

Et pour être sûr de n'oublier personne, nous sommes reconnaissants, à tous ceux qui de prêt ou de loin, ont contribué par leurs conseils, leurs encouragements et leurs amitiés, à la réalisation de ce travail.

ملخص

هذه الأطروحة جزء من مشروع بحثي عالمي مصمم في مختبر الهندسة المدنية بجامعة ميديا. هذا المشروع مخصص لدراسة تصميم الخرسانة خفيفة الوزن من المواد المتوفرة في بيئتنا. نحن نركز على محور استغلال واستخدام مجاميع الفلين الموسعة كبديل للركام الطبيعي في الخلطة الخرسانية من أجل تحسين الخصائص الفيزيائية وخصائص العزل الحراري لتقليل استهلاك الطاقة.

حبيبات الفلين الموسعة هي نفايات من صناعة الفلين ، وإدراجها هو وسيلة للتعافي وكذلك مساهمة في حماية البيئة. كان الهدف من هذا العمل إجراء دراسة تجريبية للخرسانة التي يتم إنتاجها عن طريق الاستبدال الجزئي للحصى بحبوب الفلين الممتد. لذلك ، فإن المواد التي تم تطويرها في هذا العمل هي مركبات اسمنتية تعتمد على حبيبات الفلين الممتدة. عبارة عن خرسانة مصنوعة من رمل سيليسي وفئتين من الحصى (8/3 ، 16/8) حيث تم استبدال الحصى بحبيبات الفلين الممدد LE بمحتويات حجم تتراوح من 0 ، 25 ، 50 ، 75 إلى 100٪.

أظهرت النتائج إمكانية استخدام حبيبات LE في الخرسانة من أجل الحصول على الخفة المطلوبة وخاصة معايير العزل المحسنة ، على الرغم من ضعف الخواص الميكانيكية الملحوظة ونسبة المسامية عند مستوى هذا. كما أن ارتفاع المياه عن طريق الامتصاص مرتفع جدًا مقارنة بالخرسانة العادية.

الكلمات المفتاحية: الخرسانة خفيفة الوزن ، الفلين ، الكثافة ، الامتصاص الشعري ، المسامية

RESUME

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche globale conçu dans le laboratoire de génie civil de l'Université de Médéa. Ce projet est consacré à étudie la conception des bétons légers à partir des matériaux disponibles dans notre environnement. Nous nous concentrons sur l'axe de l'exploitation et de l'emploi des granulats de liège expansé comme alternative aux granulats naturels dans le mélange de béton afin d'améliorer les propriétés physiques et les propriétés d'isolation thermique pour réduire la consommation d'énergie.

Les grains de liège expansé sont des déchets de l'industrie de liège, leur l'incorporation est une voie de valorisation ainsi qu'une contribution à la protection de l'environnement. Le but de ce travail était d'étudier expérimentalement les bétons confectionnés par substitution partielle des graviers par des grains en liège expansé. Donc, les matériaux élaborés dans ce travail sont des composites cimentaires à base de grains de liège expansé. Il s'agit d'un béton, élaboré avec du sable siliceux, et deux classes de gravier (3/8, 8/16) dans lequel le gravier a été substitué par les grains de liège expansé LE à des teneurs volumiques allant de 0, 25, 50, 75 à 100%.

Les résultats montrent la possibilité d'utiliser des grains de LE dans le béton dans le but d'avoir la légèreté recherchée et spécialement les critères d'isolations améliorées, malgré l'affaiblissement des propriétés mécaniques constaté et le pourcentage de porosité au niveau de ce béton a été enregistré, ainsi que la remontée d'eau par absorption est très élevée par rapport au béton ordinaire.

Mots clés: béton léger, liège, masse volumique, absorption capillaire, porosité

Abstract

This thesis is part of a global research project designed in the civil engineering laboratory of the University of Médéa. This project is dedicated to studying the design of lightweight concrete from materials available in our environment. We focus on the axis of exploitation and use of expanded cork aggregates as an alternative to natural aggregates in the concrete mix in order to improve the physical properties and thermal insulation properties to reduce the consumption of 'energy.

Expanded cork grains are waste from the cork industry, their incorporation is a way of recovery as well as a contribution to environmental protection. The aim of this work was to experimentally study concretes made by partial substitution of gravel by expanded cork grains. Therefore, the materials developed in this work are cementitious composites based on expanded cork grains. It is a concrete, made with siliceous sand, and two classes of gravel (3/8, 8/16) in which the gravel has been replaced by the grains of LE expanded cork at volume contents ranging from 0 , 25, 50, 75 to 100%.

The results show the possibility of using LE grains in concrete in order to have the desired lightness and especially the improved insulation criteria, despite the weakening of the mechanical properties observed and the percentage of porosity at the level of this. concrete has been saved, as well as the upwelling of water by absorption is very high compared to ordinary concrete.

Key words: lightweight concrete, cork, density, capillary absorption, porosity

SOMMER

Dédicace

Remerciement.

ملخص.

Summaries.

List des tableaux

List des figures

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I: Revue bibliographique

1. Introduction.....01
2. Le liège 02

2.1 Définition.....02

2.2 L'origine 02

2.3 Types de liège.....03

2.4 Caractéristiques des lièges.....04

2.5 L'utilisation du liège dans la construction.....05

3. Béton légers à base de granulats de liège.....05

3.1 Composition 05

3.2 Les méthodes de formulation.....06.

3.3 Propriétés des bétons légers à base de granulats de liège.....09

3.2.1 La rhéologie à l'état frais.....09

3.2.2 La masse volumique.....10

3.2.3 La porosité.....11

3.2.4 La sensibilité à l'eau.....12

3.2.5 La résistance à la compression des bétons légers.....13

3.2.6 La résistance à la compression des bétons légers.....13

3.2.7 La résistance à la traction des bétons légers.....16

3.2.8 Module d'élasticité des bétons légers.....17

3.2.6 La durabilité des bétons légers.....18

3.2.7 Les propriétés thermiques.....19

4. Les avantages et les inconvénients 21
5. Conclusion 22

Chapitre II : Matériaux et Essais

II.1. Introduction 23

II.2. Matériaux utilisées.....24

II.2.1. Le ciment.....24

II.2.2. Le sable.....24

II.2.3.Gravier.....26

II.2.4 .L'eau de gâchage 28

II.2.5. Le liège.....28

II.2.5.1 L'origine du liège.....28

II. 3 Effet du prétraitement des particules de liège.....30

II.3.1. Les caractéristiques des particules de liège.....30

II.3.1.1. masse volumique.....30

II.3.1.2. Absorption.....30

II.3.1.3. Résistance.....30

II.3.2.Effet de la substitution des grains de liège expansé sur les performances des bétons

II.3.2.1. L'affaissement.....32

II.3.2.2. Masse volumique.....34

II.3.2.3. Résistance à la compression.....35

II.3.2.4. Flexion.....36

II.3.2.5. Retrait.....36

II.3.2.6. Conductivité.....37

II.3.2.7. Module d'élasticité.....38

II.3.2.8. Porosité.....38

II.3.11. Vitesse ultrasonore.....40

II.3. Capillarité.....41

II.4. Conclusion.....42

Chapitre III : résultats et interprétations

III.1.Introduction.....43

III.2.Résultats et interprétation

III.2.2.Masse volumique à l état durci.....45

III.2.3.Résistance à la comprissions.....46

III.2.4.Résistance à la traction.....47

III.2.5.Vitesse des ondes sonique.....48

III.2.6. Porosité.....49

III.2.7.Absorption capillaire.....50

III.2.8.conductivité thermique.....51

III.2.8.Gonflement.....52

III.2.9.Retrait.....53

III.2.10. Conclusion 54

III.3.Conclusion générale.....55.

Liste des tableaux

Chapitre I : Revue bibliographique

Tableau 1 : Pourcentages massiques des différents constituants du liège [13].....03

Tableau2 : Caractéristiques déciment [14].....06

Tableau 3: Evolution de la résistance à la compression à l'état durci en fonction de la teneur en polystyrène par la méthode 01 pour les deux rapports E/C=0.45&0.5.....08

Tableau 4: Evolution polystyrène par la méthode 02 pour les deux rapports E/C=0.45&0.5de la résistance à la compression à l'état durci en fonction de la teneur en eau.....09

Chapitre II : Matériaux et Essais

Tableau II. 1. Analyse granulométrique de sable d'oud souf 25

Tableau II. 2. Caractéristiques physiques des sables.....26

Tableau II.3. Propriétés physiques de gravie 27

Tableau II. 4. Analyse granulométrique de gravie, fraction 3/8.....27

Tableau II. 5. Analyse granulométrique de gravie, fraction 8/16.....27

Tableau II. 6. Analyse granulométrique de Liège 8/16.....29

Tableau II. 7. Analyse granulométrique de Liège 3/8.....29

Tableau II.8. Consistance du béton suivant l'essai d'affaissement.....33

Liste des figures

Chapitre I: Revue bibliographique

Figue I. La façon de retirer le liège.[2].....03

Figure I.1: Ouvrabilité des bétons à base de 50% de liège en fonction de l'ordre d'introduction des constituants dans le malaxeur. [6].....10

Figure I.2: Masse volumique en fonction des bétons testés en fonction du pourcentage de liège. [15].....11

Figure I.3.Variation de la porosité en fonction de la composition de béton. [6].....11

Figure I.4. Variation de l'absorption en fonction de la composition de béton. [6].....12

Figure I.5:Corrélation entre la résistance à la compression sur cube et lamasse volumique après séchage à l'étuve d'un béton léger à argile expansée .[9].....13

Figure I.6.Variation de la résistance à la compression en fonction de la composition de béton. [6].....14

Figure I.7 : Résistance à la compression à 28 jours des bétons de liège en fonction du pourcentage de liège substitué. [15].....15

Figure I.9: Courbe de résistance à la traction par fendage des bétons sen fonction de l'âge. [7].....16

Figure I.8: Courbe de résistance en compression des bétons fonction de l'âge.[7].....16

Figure I.10.Courbe de contrainte – déformation pour les cylindres en béton léger. [11].....18

Figure.11.conductivité thermique en fonction de différentes masses volumiques **. [8]**.....19

Figure I.12: Courbe de la masse volumique apparente des bétons. [7].....20

Figure I.13 : Courbe de capacité thermique massique des bétons.[7].....20

Chapitre II : Matériaux et Essais

Figure 1. NA442 CEM - II/A-L 42,5.....24

Figure II.2. Sable d'oued souf.....25

Figure .II.3.Gravie 8/16.....26

Figure II. 4 : Analyse granulométrique des granulats (GN 3/8, GN 8/16 et sable).....28

Figure .II.5.Granulat de liège 8/16.....29

Figure .II.6.l'éprouvette après la compression.....30

Figure II.7. Le malaxage des bétons au laboratoire.....31

Figure II.8.Essai d'affaissement au cône d'Abrams.....32

Figure .II.9.La masse volumique apparent.....34

Figure II.10.Mesure la compression des éprouvettes (10*10*10).....35

Figure II.11.L'éprouvette (10*10*10) après la compression.....35

Figure .II.12. L'essai de flexion.....36

Figeur.II.13:l'essai de retrait sur l'éprouvette de (7 *7 *28).....36

Figure .II.14.mesure de la conductivité thermique (Le CT-METRE).....37

Figure II. 15. Mesure de la porosité accessible à l'eau.....39

Figure .II.16.La mesure de vitesse des ondes à l'aide d'ultrason.....40

Figure .II.17. Essai d'absorption de l'eau.....41

Chapitre III: Résultats et Interprétation

Figure III .1.Variation de l'affaissent en fonction de la composition de béton. 43

Figure III.2.Variation de la masse volumique à l`état durci en fonction de la composition de béton...44

Figure III. 3. Variation de la résistance à la compression en fonction de la composition de béton.....45

Figure III.4 variation de la résistance à la traction.....45

Figure. II.5.variation de la vitesse des ondes sonique.....46

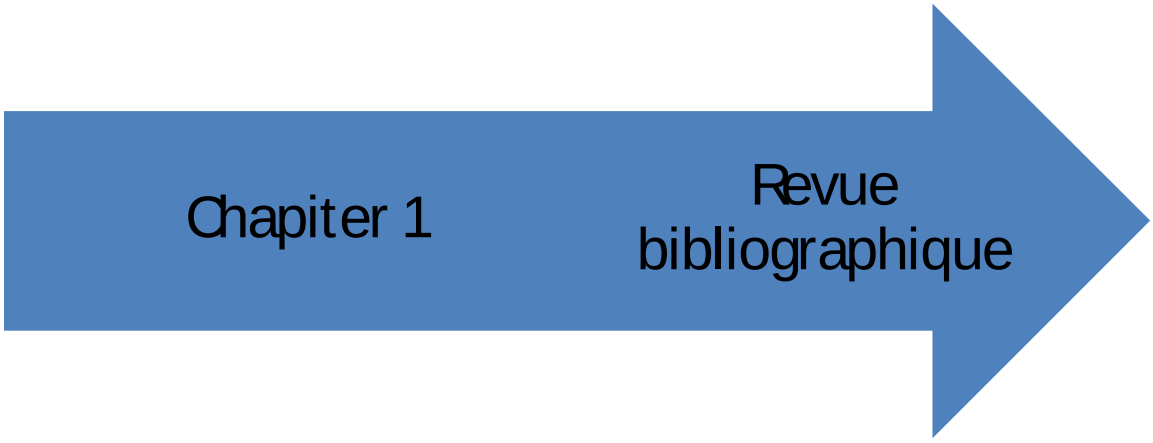
Figure III. 6. Variation de la porosité en fonction de la composition de béton.....47

Figure .III.7. Variation de l'absorption en fonction de la composition de béton.....47

Figure III.8. Variation de la conductivité thermique en fonction de la composition de béton.....48

Figure.III.9.LE GONFLEMENT 49

Figure.III.10.LE RETRAIT.....50


Chapiter 1
Revue bibliographique

1. Introduction

Le phénomène du dérèglement climatique, a contraint le secteur résidentiel, connu pour être énergivore, à développer des programmer permettant la maîtrise de la consumation énergétique. La réflexion autour de l'utilisation des bétons légers et particulièrement ceux à base de granulats végétaux pour améliorer l'isolation thermique dans les bâtiments est une alternative pour une meilleure efficacité énergétique. Parmi les matériaux végétaux utilisés dans la fabrication des bétons légers, le liège qui semble être un matériau très intéressant grâce à la grande diversité de ses caractéristiques. Dans ce premier chapitre, Nous donnons d'abord une définition détaillée du liège, puis montrons son origine, ses types, ses propriétés et ses utilisations dans la construction, puis nous étudions le béton léger et discutons en suite de ses avantages et inconvénients dans le secteur du bâtiment.

2. Le liège

2.1. Définition

Le liège est un matériau dur et léger fabriqué à partir de l'écorce d'un arbre appelé chêne-liège. C'est une matière première totalement naturelle, qui possède des propriétés uniques qui lui confèrent un caractère sans pareil. Il est léger, imperméable aux liquides et aux gaz, flexible et compressible, fournit une isolation thermique et acoustique, est ignifuge et très résistant à la corrosion. De plus, il est entièrement biodégradable, renouvelable et recyclable. [2]

Des travaux effectués sur la composition chimique du liège on 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. Probablement, cette composition dépend aussi du nombre d'extraction du liège, puisque son arrangement s'améliore en fonction de ce même paramètre [1]

La structure cellulaire de la paroi de liège se compose principalement par un milieu riche en lignine, sous forme de lamelle et c'est l'élément qui apporte la rigidité à la structure. Une paroi secondaire, plus épaisse formée de subérine avec une quantité abondante et des lamelles de cire. La troisième paroi est composée par le polysaccharide, qui donne une rigidité structurelle à la cellule de liège et empêche son effondrement. (1).

2.2. L'origine

Le chêne-liège est la principale source de liège, car il est extrait de l'écorce de cet arbre lorsqu'il a vingt ans jusqu'à ce que l'écorce devienne palpable et que le matériau soit plus dense, et cet arbre appartient à la famille des arbres à feuilles persistantes et l'âge de ces arbres atteint quatre cents ans, et sa longueur pendant cette période à quinze mètres, et l'arbre renouvelle la croissance de ce qu'on appelle l'écorce tous les huit ans lorsqu'il est pelé, et l'écorce est le matériau qui produit une substance cireuse qui se transforme en liège, ce qui signifie que le liège augmente davantage après chaque processus d'épluchage, et nous mentionnons que le liège est la maison dans laquelle ces arbres poussent en abondance en Espagne et au Portugal, en Italie, dans les forêts de Californie et en Inde . [2]



Figue I.1: La façon de retirer le liège.[2]

2.3. Types de liège

On distingue deux types de liège : le liège femelle, qui sert à la fabrication des bouchons, et le liège mâle, qui croit lorsque l'arbre est jeune, fortement crevassé et utilisé principalement pour les matériaux d'isolation. C'est un produit qui possède une faible densité, ce qui le rend très performant en isolation phonique mais aussi thermique, selon le mode de fabrication utilisé. En effet, dans le domaine de l'isolation, il existe deux types de liège, le liège naturel et le liège expansé.

Le liège naturel : Le liège naturel peut prendre différentes formes. Il peut être aggloméré grossièrement en plaques, de manière plus fine en rouleaux mais également être laissé sous son état « naturel » en granulat de granulométrie plus ou moins importante.et la Densité de liège naturel est égal 200 kg/m3

Tableau 1 : Pourcentages massiques des différents constituants du liège [13].

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

Le liège expansé : est un produit 100% naturel, renouvelable, sans adjonction de liants, contrairement à quasiment tous les isolants bio-sources comme la laine de bois, le coton, ou la ouate de cellulose. En effet, le liège expansé est aggloméré avec la subérine, une sève naturellement présente dans le liège.[12]

2.4. Caractéristiques des lièges

De façon générale, on résume les caractéristiques du liège dans huit points essentielles:

1. Légèreté : Sa faible densité est due à la forte teneur en gaz de ses petites cellules.
2. Isolation thermique : grâce à sa légèreté et sa composition unique, le liège est l'un des meilleurs isolants avec une conductivité thermique de l'ordre de 0,045 W/(m.K). Cette dernière est proche à la conductivité thermique de l'air sec qui égale à 0,025 W/ (m.K). Isolation acoustique : le liège est un mauvais conducteur de son, donc un bon isolant acoustique.
3. Elasticité - Capacité d'amortissement – souplesse : le liège ne subit aucune déformation permanente sous l'action de compression en raison de sa mémoire élastique. C'est donc un excellent isolant vibratoire.
4. Imperméabilité aux liquides et aux gaz : l'imperméabilité du liège est due à la contre pression du gaz et aux substances grasses (subérine) existantes dans les cellules.
5. Résistance au feu : ignifuge, il nécessite énormément d'oxygène pour prendre feu. Autant, il se carbonise en surface ce qui contraint la combustion (retardateur naturel de la progression du feu).
6. Sans réaction au produit chimique : sans réaction avec les produits chimiques, le liège ne produit pas d'émissions toxiques.
7. Durabilité : grâce à toutes ces qualités, le liège conserve ses caractéristiques dans le temps. (Imputrescible)
8. Recyclable : grâce à sa durabilité, le liège peut être réutilisé dans différentes applications.[1] [3] [4]

2.5. L'utilisation du liège dans la construction

Le liège est utilisé dans de nombreuses applications :

- Isolation thermique (verticale et horizontale).
- Isolation phonique (bruits d'impact, bruits aériens).
- Correction acoustique.
- Revêtement décoratif.
- Enduits absorbants.
- Dalles en béton allégé.
- Matériaux composites.
- Revêtement de sol. [5]

3. Béton légers à base de granulats de liège

3.1. Composition

(Aziz M A et coll., 1979) a évalué plusieurs paramètres du béton de liège (ciment, liège et de l'eau). Il a abouti qu'un serrage par vibration est beaucoup plus adaptés a ce béton et a aussi trouvé que l'augmentation du pourcentage du liège conduit à une diminution de la résistance mécanique à la compression et de la conductivité thermique.

(Chadi Maalouf et coll., 2015), ont travaillé sur les mortiers de liège. Les auteurs ont expérimenté deux doses de substitution en liège, 50% et 75% par rapport au sable. La conclusion révélée de cette étude est que la composition de 75% a permis la réduction de la consommation d'énergie de 29% en comparant avec la consommation d'énergie des brique creuse.

(Ziregue A et coll., 2016), ont étudié un béton à base des chutes de granulats de liège provenant de la fabrication des panneaux d'isolation. Ils ont trouvé qu'il existe un effet significatif de l'ajout des granulats de liège sur la diminution de la densité du béton et sur l'amélioration de l'isolation thermique ainsi que sur la diminution des performances mécanique.

(Boussetoua H et coll., 2017), ont trouvé que l'augmentation de la quantité du liège dans un béton (liège, sable, ciment et eau) a tendance à diminuer la densité et à réduire la conductivité thermique et les propriétés mécaniques. Ils ont conclu qu'un béton de liège peut être utilisé comme un isolant thermique ou comme un matériau structurel selon sa teneur en liège.

(HERIHIRI OUIDED, 2010) On obtient ces nouveaux bétons par le remplacement total ou partiel du granulat traditionnels par des perles de polystyrène expansé jusqu' on arrive à un mélange de classes granulaires adéquats, cela conduit à une gamme étendue de bétons légers de construction dotés de masses volumiques et de résistances variées. Les constituants utilisés dans la confection des bétons légers de polystyrène sont les mêmes que ceux utilisés pour les bétons conventionnels. En définitive, la principale caractéristique recherchée est davantage axée sur sa masse volumique que sur sa résistance mécanique. Puisque le granulat occupe une partie importante du volume dans le béton, il faut donc tenter de substituer une partie de la masse granulaire par des granulats légers et même ultra- légers. [14]

3.2. Les méthodes de formulation

LIANT :

On a choisi d'utiliser des produits d'usage courant, Le ciment utilisé est de type cimentPortlandcomposéCPJ-CEMprovenantdelacimenteriedeAin-Touta,dont les caractéristiques physico-chimique sont données sur les tableaux(2) [14]

Tableau2 : Caractéristiques déciment [14]

Nomination Caractéristiques	CPJ-CEMII/4 2,5A
Masse volumique apparent (g/cm3)	1.215
Masse volumique Absolue (g/cm3)	3.150
Surface spécifique (Blaine)(g/cm3)	3371
Temps de débute pries (heure : minute)	2h:03
Temps de fin de pries (heure : minute)	3h : 00
La résistance la compression 28jours (MPA)	47

EAU :

L'eau de gâchage utilisée au cours des essais est une eau du robinet de l'Université de Biskra sans aucun traitement. Nous supposons qu'elle répond à toutes les prescriptions de la norme(EN1008) en matière de béton

POLYSTYRENE EXPANSE

La fabrication des billes de polystyrène est réalisé dans l'usine ENL sise à la zone industrielle de Oued- Smar Alger, Proviennent de la ces billes sont ensuite traitées par la société IBER CONSTRUCTION SARL dans la même usine pour obtenir le produit POLYSBETO.

POLYS BETO est constitué de billes de polystyrène de diamètres variant entre 1,5 et 4 mm traitées en surface par un agent tensioactif spécifique. Ce traitement assure aux billes un intégration et une répartition homogènes dans le mortier ou béton qu'on souhaite alléger en se substituant aux Sab les courants ou légers. [14]

Sable

Le sable utilisé dans tous les mélanges du béton léger provient de la région de Loua (wilaya de Biskra). Il s'agit d'un sable fin siliceux de granulométrie Φ<4 mm, ses propriétés physiques :[14]

Masse volumique apparente =1678 kg/m3

Masse volumique absolue=2572kg/m3

Equivalent de sable = ESvisuel86.2%, ES piston=79.3%(Sable propre)

Méthode 01 : Cette méthode est basée sur un choix d'une matrice cimentaire qui s'attribuer au béton léger souhaité, on ledésignéparM$_0$c'est-à-dire le pourcentage du granulat léger est nulle.

Pour nos mélanges, nous avons choisi huit compositions de béton de polystyrène pour les tester, les densités de ces mélanges sont : 2000, 1800, 1600,1400, 1200, 1000, 800 et 600kg/m^3. Les proportions de polystyrène nécessaires pour obtenir ces densités sont calculées. [14]

Les résultants: e tableau 3. Regroupe les valeurs de la résistance moyenne à la compression à 28 jours des différentes compositions du béton de polystyrène expansé. Les résultats confirment une relation tout à fait évidente entre la masse volumique et la résistance à la compression. [14]

Tableau 3: Evolution de la résistance à la compression à l'état durci en fonction de la teneurenpolystyrèneparlaméthode01pourlesdeuxrapportsE/C=0.45&0.5

	La résistance à la Compression(MPa)	
g%	**E/C=0.45**	**E/C=0.5**
0	48,12	37,08
10,26	38,18	35,41
19,4	29,58	25,52
28,51	24,79	21,04
37,64	17,5	14,79
46,76	10	6,87
55,88	5,62	3,33
65	2,5	2,08
74	0,35	0,20

Méthode02:

Dans cette méthode, le sable a été substitué par les granulats de polystyrène expansé à des teneurs volumiques de g=5% puis 10, 20, 30, 50, 75 et finalement 100 % dans le volume d'ensembles naturels par le volume complémentaire d'ensembles artificiels. [14]

Lesrésultants:L'évolutiondelarésistanceàlacompressionducomposite, à différent est teneurs en polystyrène expansé PSE. Elle diminue considérablement avec l'augmentation de la teneur volumique en granulats légers, mais reste dans les valeurs compatibles avec l'utilisation en isolants porteurs pour une teneur de 100%. [14]

Les résultats des essais de compression réalisés par cette méthode sont établis sur le tableau(4). [14]

Dans cette méthode, le sable a été substitué par les granulats de polystyrène expansé à des teneurs volumiques de g=5% puis 10, 20, 30, 50, 75 et finalement 100 % dans le volume d'ensembles naturels par le volume complémentaire d'ensembles artificiels. [14]

Tableau 4: Evolution de la résistance à la compression à l'état durci en fonction de la teneurenpolystyrèneparlaméthode02pourlesdeuxrapportsE/C= 0.45&0.5

	La résistance à la Compression(MPa)	
g%	**E/C=0.45**	**E/C=0.5**
0	48,12	39,58
5	50	48,02
10	54,58	46,25
20	48,75	41,77
30	45,20	40,62
50	29,16	28,54
75	19,16	16,75
100	5	3,12

3.3. Propriétés des bétons légers à base de granulats de liège

3.3.1 La rhéologie à l'état frais

La rhéologie du béton à l'état Frais définit la relation contrainte déformation du matériau en référence à ses propriétés d'élasticité, de plasticité. Qualifie la rhéologie du béton à l'état frais en fonction de l'énergie nécessaire à la mise en place par rapport à la qualité recherchée du fini. En conséquence, les paramètres dont on doit tenir compte lors du dosage relativement à la rhéologie du béton léger à l'état frais sont : les méthodes de moulage et de mise en place, la qualité de la finition et la dimension des granulats et des coffrages. [6]

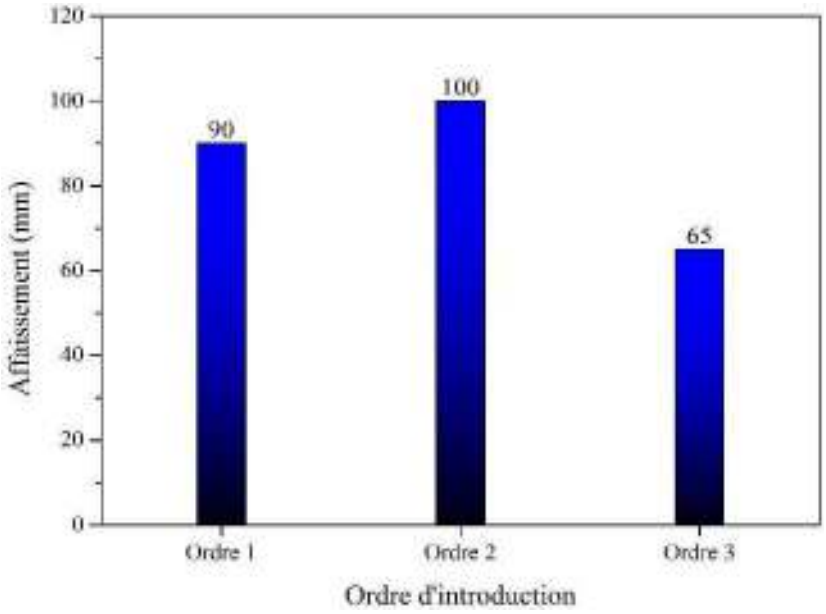


Figure I.1: Ouvrabilité des bétons à base de 50% de liège en fonction de l'ordre d'introduction des constituants dans le malaxeur.[6]

3.2.2. La masse volumique

La masse volumique du béton représente l'une des caractéristiques les plus importantes Dans le cadre de la présente recherche. La réduction de la masse volumique est rendue possible en changeant le type de granulat et en faisant varier les proportions des différents constituants. [6]

DIB Mohammed Riad et AMARA Abdelkrim dans leurs recherches ont obtenu les résultats suivants :

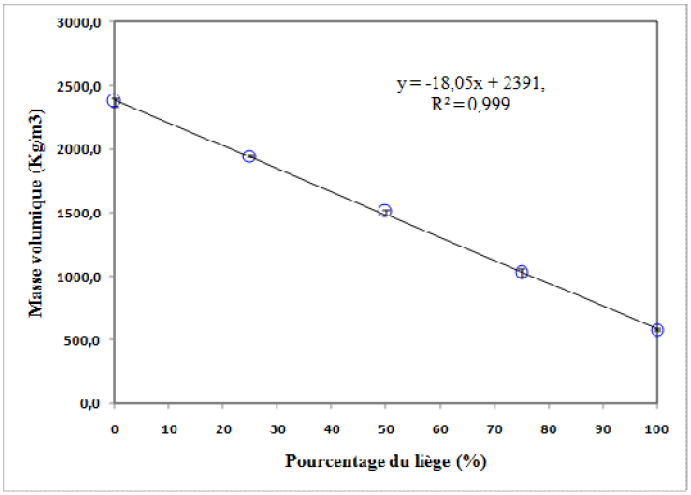


Figure I.2: Masse volumique en fonction des bétons testés en fonction du pourcentage de liège. [15]

3.2.3. La porosité

Le béton est constitué par des éléments solides et des vides. Des vides sont formés lors de la prise du ciment par l'apparition d'un volume d'air microscopique (air intra liant). D'autres vides sont présents à l'intérieur des granulats, ce sont des vides intra particules remplis d'air qui sont d'ailleurs la cause de la grande porosité des bétons légers. [6]

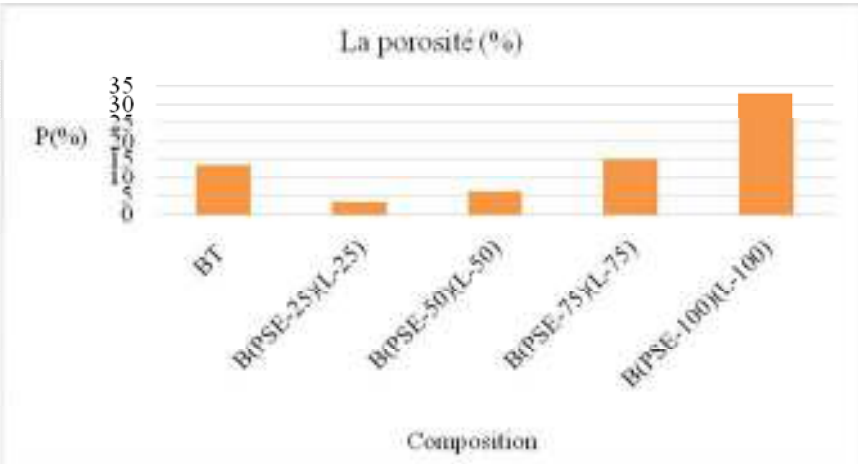


Figure I.3.Variation de la porosité en fonction de la composition de béton.[6]

3.2.4 La sensibilité à l'eau

Les granulats, poreux et perméabilité, permettant les transferts sous forme liquide et sous forme vapeur. Dans le cas d'eau liquide, on parle d'absorption et dans le cas d'eau vapeur, on parle de sorption-désorption .La perméabilité représente la faculté qu'a un matériau de laisser un fluide s'écouler en son sein, sous l'effet d'un gradient de pression. Cette propriété de perméabilité n'existe donc que si le matériau possède une porosité non négligeable et que celle-ci est connectée. En revanche, un matériau peut être très poreux (le béton cellulaire) et peu perméabilité car les pores, non relies entre eux, ne constituent pas des chemins continus, dans lesquels le fluide peut s'écouler. Porosité et perméabilité sont doc liées mais la première n'applique pas forcément le deuxième. [6]

m.zitouni et kh.ouarda dans sa recherche ont obtenu les résultats suivants :

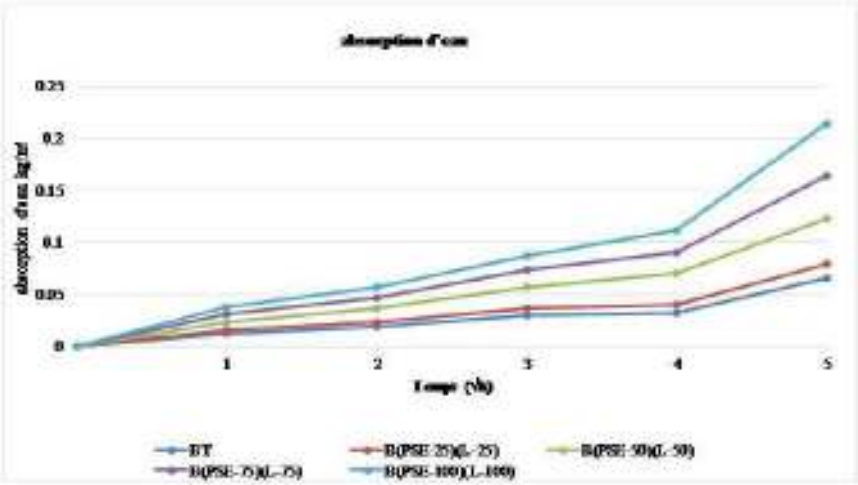


Figure I.4. Variation de l'absorption en fonction de la composition de béton.[6]

D'après la figure suivant on remarque une augmentation de l'absorption des bétons de B (PSE-25..100) (L-25..100) par rapport au béton témoin. Cette augmentation est due au taux d'absorption élevé des granulats de liège 8/15 (WA=33%) et la mauvaise adhérence pate – granulat de PSE. [6]

3.2.5 La résistance à la compression des bétons légers

La Porosité du granulat liée à sa masse volumique au ne influence prédominante sur la masse volumique du béton : plus la masse volumique du granulâtes faible, plus la masse volumique du béton léger sera faible. La résistance à la compression du béton léger dépend directement de la masse volumique du béton : plus celle-ci est basse, plus a Resistance à la compression sera faible (figure suivant)

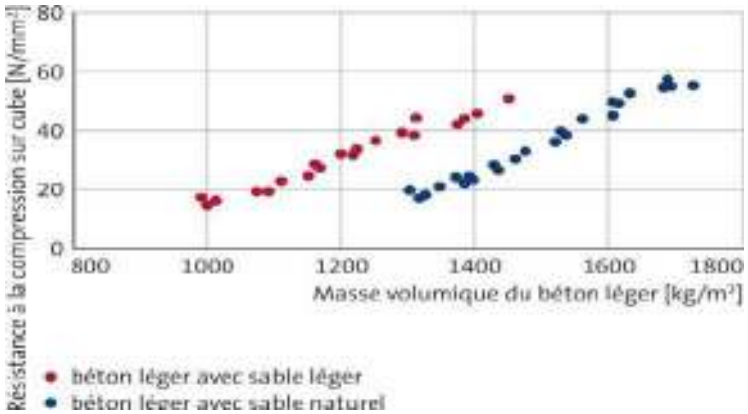


Figure I.5:Corrélation entre la résistance à la compression sur cube et lamasse volumique après séchage à l'étuve d'un béton léger à argile expansée.[9]

Zitouni et al dans leur recherche, on obtenu les résultats suivants :

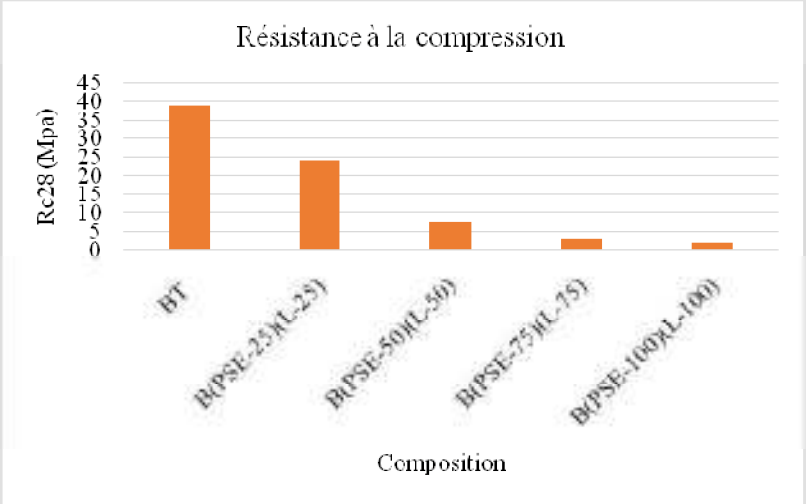


Figure I.6. Variation de la résistance à la compression en fonction de la composition de béton.[6]

Selon la figure I.6, on remarque une baisse de la résistance à la compression des bétons B (PSE-25..100) (L-25..100) par rapport au béton témoin. Cette diminution est de: [6]

- 37%pour le béton de B (PSE-25) (L-25).
- 80%pour le béton de B (PSE-50) (L-50).
- 91%pour le béton de B (PSE-75) (L-75).

DIB Mohammed Riad et AMARA Abdelkrim dans leur recherche trouvent les résultats suivants:

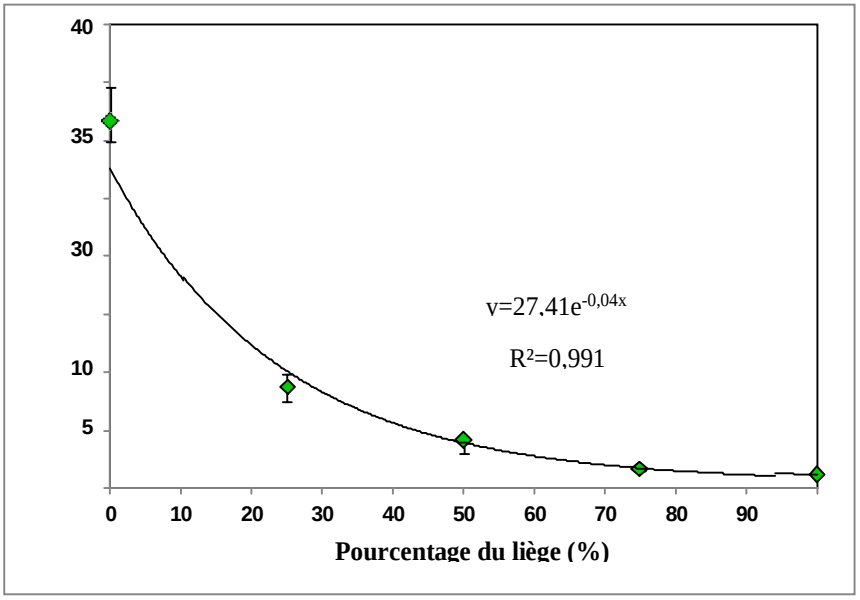


Figure I.7 : Résistance à la compression à 28 jours des bétons de liège en fonction du pourcentage de liège substitué . [15]

Sene licka khadidiatou et DIEYE khadijatou dans leur recherche trouvent les résultats suivants :

La résistance à la compression des bétons augmente en fonction de l'âge. A 3jours, on peut remarquer que la résistance en compression du béton à base de granulés d'argile cuit à 1100°C est très supérieure aux résistances en compression du béton calcique et du béton d'argile cuite à 860°C [7].

Ce pendant elle est légèrement supérieur à celle du béton basaltique. Ce qui signifie que le béton basaltique observé un retard de prise par rapport au béton d'argile cuite à 1100°C.

A partir du 7ème jour jusqu'au 28ème jour la résistance du béton basaltique est plus élevée et elle est suivie du béton d'argile cuite à 1100°C, puis du béton calcique. Le béton d'argile cuite à 860°Caune plus faible résistance [7].

En somme, le béton basaltique a une meilleure résistance que le béton d'argile cuite à 1100°C. Lebétond'argilecuiteà860°C, au ne mauvaise résistance par rapport aux autres bétons donc n'est pas bon pour la construction [7]

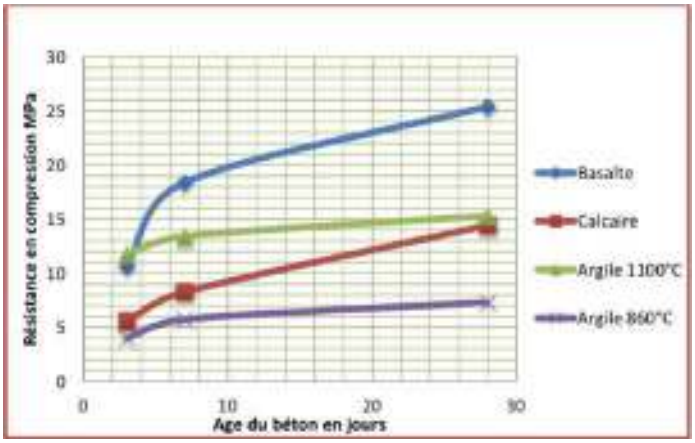


Figure I.8: Courbe de résistance en compression des bétons fonction de l'âge.[7]

3.2.6. La résistance à la traction des bétons légers

Sene licka khadidiatou et DIEYE khadijatou dans leur recherche, ont obtenus les résultats suivants :

La résistance à la traction des bétons en fonction de l'âge. A 3 jours, la résistance à la traction du béton à base de granulés d'argile cuit à 1100°C est très supérieure à celles du béton basaltique, du béton calcique et du béton d'argile cuite à860°C [7].

Apartirdu7èmejourjusqu'au28èmejourlarésistanceàlatractiondubétonbasaltiqueestplusélevée et elle est suivie du béton d'argile cuite à 1100°C, puis du béton calcique. Le béton d'argile cuite à 860°C a aussi une plus faible résistance en compression comme à la traction. Cependant à 7jours, on peut observer une chute de la résistance à la traction du béton d'argile cuiteà1100°C [7].

Le béton basaltique posse d'une meilleure résistance à la compression comme à la traction que tous les autres bétons [7].

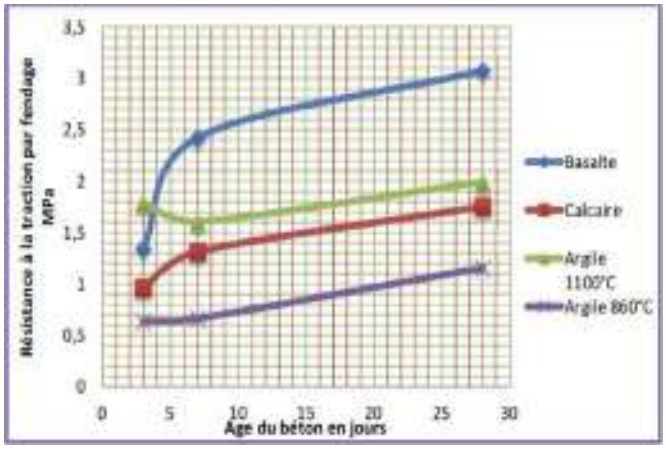


Figure I.9: Courbe de résistance à la traction par fendage des bétons sen fonction de l'âge. [7]

La Figure montre que la résistance à la compression des bétons augmente en fonction de l'âge. A 3jours, on peut remarquer que la résistance en compression du béton à base de granulés d'argile cuit à 1100°C est très supérieure aux résistances en compression du béton calcique et du béton d'argile cuite à 860°C[7].

3.2.7. Module d'élasticité des bétons légers

Le module d'Young d'un béton léger est évidement inferieur à celui du béton traditionnel en raison de sa faible masse volumique. Généralement Le module d'Young d'un béton léger est considère comme valant 0.5 à 0.75 de celui d'un béton traditionnel de même résistance. Une plus faible rigidité peut être parfois souhaitable pour les structures soumises à une sollicitation dynamique ou pour des structures en coques. Un faible module d'Young peut être à l'origine de désordre dans les structures en béton pré contact suite à une relaxation des câbles de précontrainte et à la chute de tension qui en découle. [6]

Mohellebi.S. S dans son recherche trouve les résultats suivants :

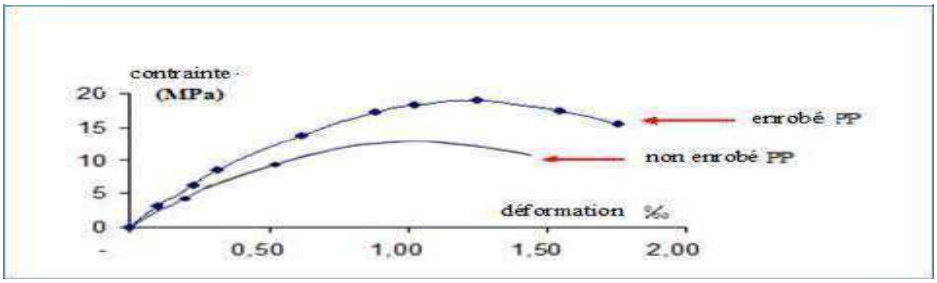


Figure I.10.Courbe de contrainte – déformation pour les cylindres en béton léger. [11]

3.2.6. La durabilité des bétons légers

La surface d'un béton léger compact peut présenter de nombreux pores et cavités d'une taille de plusieurs centimètres. Ils sont, en règle générale, sans influence négative sur la durabilité du béton. Il est recommandé d'employer un coffrage absorbant pour réduire la taille et le nombre des pores.

En outre, une protection par traitement hydrofuge des surfaces des éléments de construction exposé aux intempéries est recommandée lorsque la classe de masse volumique est inférieure à l'intervalle [1000 − 1200] Kg/m3 (au plus tôt à l'âge de 28 jours). Ceci permet d'augmenter la résistance au gel du béton léger et simplifie en plus le nettoyage de la sur face des salissures et graffitis [3].

Les conditions d'exposition conditionnent souvent la conception du béton. En effet, les cycles de gel-dégel en présence ou non des sels fondants représentent un aspect critique de la durabilité des bétons léger exposés aux intempéries. Il est important de faire la distinction entre les deux types d'attaque par le gel, avec osasses fondants, puis que les mécanismes de détérioration sont différents [10]

3.2.7. Les propriétés thermiques

La demande d'une isolation adaptée s'est considérablement accrue. En effet une bonne isolation thermique est économiquement rentable et les économies d'énergie sont devenues une préoccupation majeure des architectes, des concepteurs et des constructeurs. Par ailleurs, les bétons légers de polystyrène ont une faible conductivité thermique notamment pour un taux de billes très important (de l'ordre de 70%). Par conséquent, ils peuvent apporter une solution technique très intéressante au problème d'isolation thermique dans les bâtiments [7].

Les recherches réalisées par A. GUEZOULI et A. BENAISSA ont montées que l'évolution de la conductivité thermique du béton de polystyrène décroit avec l'augmentation des perles de polystyrène dans le béton comme l'indique la figure I.11. [9]

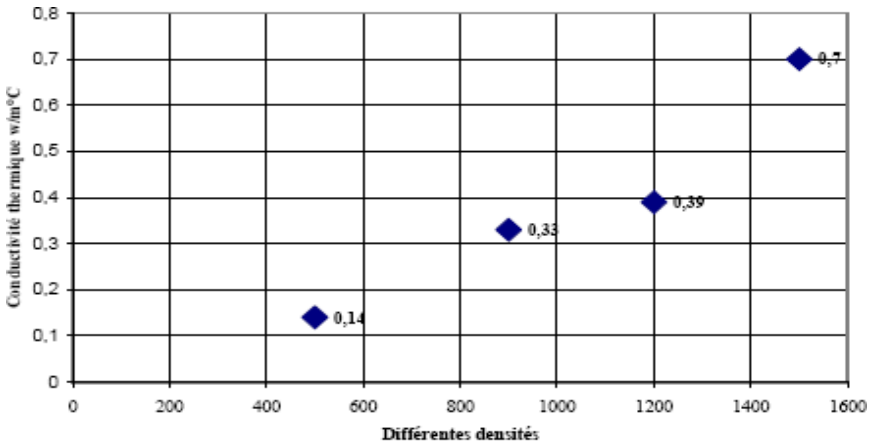


Figure.11.conductivité thermique en fonction de différentes masses volumiques **. [8]**

Selon l'investigation de Sene licka khadidiatou et DIEYE khadijatou, l'utilisation des granulats légers améliore les propriétés thermiques, la figure I.12 présente le taux de diminution de la conductivité thermique quand on emploi les granulats d'argile cuite.[9]

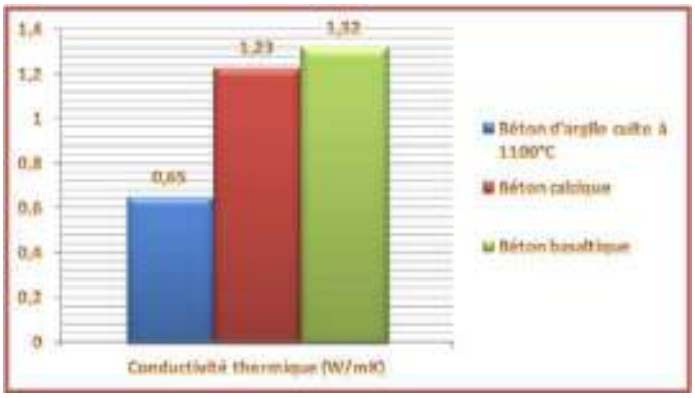


Figure I.12: Courbe de la masse volumique apparente des bétons. [7]

La figure montre que la conductivité thermique du béton d'argile est plus faible, elle est suivie du béton calcique. Le béton basaltique a une conductivité plus élevée. Ce qui signifie que le béton d'argile est isolant, et que les autres bétons sont moins isolants donc conducteurs[7].

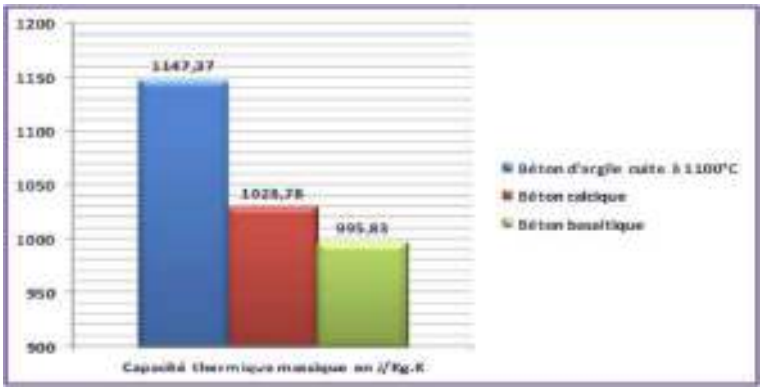


Figure I.13 : Courbe de capacité thermique massique des bétons.[7]

La figure montre par contre que la capacité thermique du béton d'argile cuite à 1100°Cest plus élevée que les autres bétons, elle est suivie de celle du béton calcique et enfin le béton basaltique a une plus faible capacité thermique. Ce qui signifie qu'il faut apporter une importante quantité de chaleur pour élever la température du béton, donc le béton d'argile cuite à 1100°Crésiste mieux à la chaleur donc aux températures élevées que les autres bétons [7].

4. Les avantages et les inconvénients

4.1. Les avantage

Le béton léger est utilisé pour plusieurs avantages, on peut les classés en trois catégories qui sont :

Avantages techniques

- Légèreté: plus léger qu'un béton classique, le béton léger a une densité de 0,4 à 1, 2 en comparaison de 2 ,2 à 2,5 pour un béton classique.
- Isolant: Le béton léger a un pouvoir isolant thermique et phonique beaucoup plus importants qu'un béton classique.
- Non inflammable: La chape en béton léger est classées M0 au test de réaction au feu à partir d'un certain dosage en ciment.
- Imputrescible: Le béton léger est un matériau à pH basique, constitué de ciment, de sable lavés et des granulats légers stabilisés.
- L'augmentation des propriétés d'isolation thermique et acoustique.
- Les excellentes qualités de finition d'une pièce en béton léger.

Avantages de Mises En Œuvre

Exécution simple et rapide: accessibilité sur chantier entre 24 et 48 h après coulage, selon l'épaisseur.

- Maniabilité : Pompable sur de longues distances et de grandes hauteurs, il est facile à mettre en œuvre, notamment en forte épaisseur.
- Coffrages plus légers.
- Les pièces de béton léger sont aussi plus faciles à manipuler et à déplacer, en raison de leur relative légèreté (transport possible de pièces plus grandes).

Avantages Economiques

- une augmentation de la productivité sur le chantier en raison du faible poids du matériau ;
- le béton léger, par sa légèreté, réduit le poids mort des bâtiments, ce qui réduit considérablement la dimension, donc le poids, des fondations ;

- Économie sur le ferraillage des éléments ;
- Le plus faible volume de béton utilisé, il est aussi possible d'économiser sur les quantités de ciment par rapport au béton ordinaire.

Les inconvénients

Malgré le côté positif présenté par le béton léger, nous avons également noté les aspects négatifs, parmi lesquels nous citons :

- Le prix est plus élevé à cause du dosage en ciment plus important ;
- Les fournisseurs sont plus restreints selon le béton léger choisi ;
- Le prix est plus élevé à cause de l'utilisation de granulats légers, malaxage du béton plus long ;
- La mise en place est délicate car le béton est plus sensible ;
- Il est difficile de le mettre en place avec une pompe à béton ;
- Consommation d'eau plus importante à cause de la porosité élevée des granulats légers.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit des notions générales sur les alternatives nécessaires à la haute performance énergétique dans le bâtiment ayant pour objectif une meilleure maîtrise de la consommation énergétique. Nous nous sommes ensuite focalisés sur les éco- matériaux et spécialement les éco-bétons utilisant les particules végétales et qui sont au stade des applications de laboratoire. A la fin, nous avons identifié le végétal, sujet de notre intérêt, le liège issu de sa cueillette du chêne liège ; une essence largement répandue dans la forêt algérienne ; mais aussi dans les monts de Jijel.

-Les caractéristiques des granulats et de la matrice jouent un rôle important sur la réponse mécanique du matériau, et On remarque que le béton léger est très utile et son application est très large et Le béton léger à utiliser dans plusieurs domaines, notamment l'isolation thermique et acoustique, sa résistance à la compression est faible par rapport le béton ordinaire.


chapiter.II:
matéreau
et essais

II.1. Introduction :

La connaissance de comportement rhéologique et mécanique des matériaux et leurs diverses propriétés ; physiques, chimiques, minéralogiques et mécaniques, permet de faire un choix répondant à leur destination. Par ailleurs, il est essentiel que ces matériaux soient malaxés correctement afin de produire un mélange homogène à grande échelle et possédant par conséquent des propriétés uniformes. Ainsi, pour évaluer ces propriétés, on doit choisir des moyens adéquats afin de parvenir à un meilleur contrôle. Nous présenterons dans ce chapitre, les caractéristiques des matériaux utilisés durant ce projet de recherche, les procédures des malaxages pour confectionner nos mélanges ; ainsi que les différents essais expérimentaux pour les caractériser à l'état frais et durci. Et on va présenter aussi les compositions des différents mélanges utilisés dans le cadre de cette étude

• Les bétons légers qui ont des masses volumiques qui vont de 800 à 2000 kg/m3. Dans ce chapitre nous allons d'abord parler des différents constituants du béton (béton courant), et ensuite des différents types de bétons.

II.2.Matériaux utilisées

II.2.1 Ciment

Le ciment employé lors de l'étude est un ciment portland composée CEM II/A 42,5 ; de classe commerciale 42.5 MP ; Mais sa résistance moyenne à 28 jours (classe vrais), est estimé a 45 MP. Le ciment AWTAD présente des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conforment à la norme NA 442, EN 197-.



Figure 1.NA 442 - CEM II/A-L 42,5N

II.2.2. le sable :

Le sable sont utilisés et sont comme suit :

a) Sable de wilaya d'oued souf

Le sable utilisé dans cette étude provient de wilaya d'oued souf



Figure II.2. Sable d'oued souf

Tableau II. 1. Analyse granulométrique de sable d'oud souf :

Tamis, (mm)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en(%)	Tamisât (%)
5	**19**	**19**	**81**
4	**33.9**	**33.9**	**66.1**
3.15	**51.8**	**51.8**	**48.2**
2	**85.4**	**85.4**	**14.6**
1.25	**97.2**	**97.2**	**2.8**
0.2	**98.7**	**98.7**	**1.3**
0.16	**99.4**	**99.4**	**0.6**
0.1	**99.8**	**99.8**	**0.2**
0.08	**99.9**	**99.9**	**0.1**

Tableau II. 2. Caractéristiques physiques des sables.

Caractéristiques	Sable d'oud souf	Normes
Module de finesse	**2.24**	**NF EN 933-1 [85]**
Masse volumique absolue (Kg/ m3)	**2.6**	**NF EN 1097-6 [86]**
Masse volumique apparente (Kg/m3)	**1.658**	**NF EN 1097-3 [87]**

II.2.3 Gravier :

De nature calcaire, elle provient de la carrière de MON GUORNO de la région de berrouaghia (Médéa), Algérie, avec deux fractions granulaires de 3/8 mm et 8/16 mm Les caractéristiques physiques et l'analyse granulométrique de gravie sont présentées aux Tableaux



Figure .II.3.Gravie 8/16

Tableau II.3. Propriétés physiques de gravie

Propriétés	Gravir 8/16	Gravir 3/8	Observation
Masse volumique abs kg/m	**2.58**	**2.245**	

Masse volumique App	**1.35**	**1.38**	
Coefficient los Angeles	**26.5**	**19.9**	**Dure**

Tableau II. 4 Analyse granulométrique de gravie, fraction 3/8

Tamis, (mm)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en(%)	Tamisât (%)
6	595.3	39.53	60.47
5	849.4	84.94	15.06
4	974.6	97.46	2.54
3.15	995.1	99.51	0.49
2	1000	100	0

Tableau II. 5. Analyse granulométrique de gravie, fraction 8/16

Tamis, (mm)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en(%)	Tamisât (%)
20	0	0	100
14	410.6	20.53	79.47
10	1370.1	68.505	31.495
6.3	2000	100	0

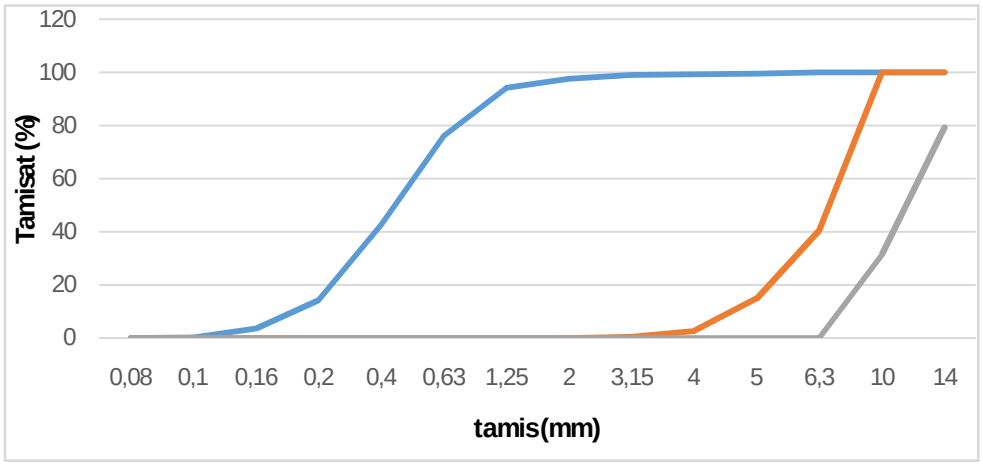


Figure II. 4 : Analyse granulométrique des granulats (GN 3/8, GN 8/16 et sable)

II.2.4 Eau de gâchage

L'eau utilisée pour la confection du béton est celle du robinet de laboratoire de génie civil de l'université de MEDEA. Associé au ciment, l'eau remplit deux fonctions : D'une part elle sert à l'hydratation du ciment et d'autre part elle permet la fluidification de la pâte.

II.2.5 Granulats de liège

II.2.5.1 L'origine du liège

Les granulats de liège utilisés dans notre étude 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.



Figure .II.5. Granulat de liège 8/16

II. 3 Effet du prétraitement des particules de liège

II.3.1. Les caractéristiques des particules de liège

Tableau II. 6. Analyse granulométrique de Liège 8/16

Tamis, (mm)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulés en(%)	Tamisât (%)
20	0	0	100
14	5.1	5.1	94.9
10	78.5	78.5	21.5
6.3	100	100	0

Tableau II. 7. Analyse granulométrique de Liège 3/8

Tamis, (mm)	Refus cumulés en (g)	Refus cumulésen(%)	Tamisât (%)
10	0	0	100
6.3	5.9	5.9	94.1
5	22.25	22.25	77.75
4	39.7	39.7	60.3
3.15	65.65	65.65	34.35
2	100	100	0

II. 3.1. La masse volumique :

Ce type de granulat est obtenu à partir des 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.

♦ La densité : la masse volumique apparente ρ app = 130 Kg/m3 et la masse volumique absolue ρabs = 138 Kg/m3 chaines de lièges,

II.3.2. Absorption :

Le liège est un bon absorbant acoustique car il est constitué à 95 % de gaz inerte et remarquablement poreux. Prenez en compte que l'absorption par le matériau n'est pas la même pour les fréquences graves, moyennes, ou hautes.

♦ Coefficient d'absorption : WA (%) =33 %.

II.3 .3. Résistance :

Le liège conserve la résistance au feu Euro classe E. Toutefois, ce détail dépend de nombreux facteurs. En règle générale, des plaques de liège, en raison de l'inertie thermique élevée, sont ignifuges.

II.4.1.Essais Deux types d'essais sont :

❖ les essais à l'état frais pour évaluer :

➢Consistance :

- Affaissement au cône d'Abrams.

- La masse volumique

❖ Les essais à l'état durci pour déterminer :

➢ La masse volumique.

➢ Résistance à la compression RC.

➢ Vitesse des ondes soniques.

➢ Essais d'absorption d'eau par capillarité.

➢ La conductivité thermique.

➢ La porosité.

II.5.2.Mode opératoire

Le malaxage des bétons au laboratoire a été effectué dans un malaxeur à cuve verticale Tournante d'une capacité de 7.5 L pour confection des éprouvettes de 16X32, et à l'aide d'un Malaxeur à axe vertical d'une capacité de 7.7 L pour la confection des éprouvettes de 10*10*10. Le but recherché est de répartir, le plus régulièrement possible, chaque constituant afin d'assurer un mélange homogène et d'obtenir ainsi les mêmes propriétés. La même procédure De gâchage a été utilisée pour toutes les séries de béton :

♦Introduction du sable, du ciment et les deux classe des graviers (3/8 et 8/16) ; liégé (8/16) ; puis un malaxage à sec pendant 1 minute



Figure II.7. Le malaxage des bétons au laboratoire

II.2. Béton frais :

II.2.1. L'affaissement au cône d'Abrams :

Cet essai sert à déterminer la consistance des bétons c.-à-d. caractérisé par une valeur numérique la plus ou moins grande difficulté rencontrée dans la mise en œuvre (malaxage, transport et mise en plac des bétons.

L'appareil de mesure de l'affaissement est composé d'un moule en acier de forme tronconique et sans fond, une tige de piquage, d'un portique de mesure, et d'une sur face d'appui.

Selon la norme NFP 18-451, après avoir huilé le moule, il est fixé sur la surface d'appui légèrement humidifiée. Le béton est ensuite introduit dans le premier tiers du moule, et vibré en appliquant 25 coups de tige. L'opération est recommencée pour le deuxième tiers du moule, le béton est de nouveau vibré 25 fois avec la tige en pénétrant la couche précédente.

Le dernier tiers du moule est remplit généreusement et piqué 25 fois puis araser en faisant rouler la tige sur le dessus du moule. Le cône de béton est délicatement démoulé, celui-ci 'affaisse sous son propre poids selon sa consistance. Celle-ci est caractérisée par cet affaissement, noté A, et dont la lecture est procédé dans la minute en mesurant la distance entre le point haut du béton et le portique de mesure.

Suivant la valeur de son affaissement A f un béton peut être ferme, plastique, très plastique ou fluide. (http://www.la.refer.org/materiaux/chapitre_six_exp.html)



Figure II.8.Essai d'affaissement au cône d'Abrams

Tableau II.8 : Consistance du béton suivant l'essai d'affaissement

ent au cône AF	Consistance	Désignation (Norme NF P 1 305)	Classe (Norme ENV 206)
De 1 à 4 cm	Ferme	F	S1
De 5 à 9cm	Plastique	P	S2
De 10 à 15 cm	Très Plastique	TP	S3
Supérieur à 16 cm	Fluide	F	S4

Cet essai sert à déterminer la consistance des bétons c.-à-d. caractérisé par une valeur numérique la plus ou moins grande difficulté rencontrée dans la mise en œuvre (malaxage, transport et mise en place) des bétons.
L'appareil de mesure de l'affaissement est composé d'un moule en acier de forme tronconique et sans fond, une tige de piquage, d'un portique de mesure, et d'une surface d'appui (la figure suivant .II9

II.2.2 .La masse volumique à l'état frais :

Les granulats légers sont caractérisés par deux masses volumiques apparentes à savoir :

❖La masse volumique en vrac qui est le rapport de la masse volumique de granulats légers secs
(granulats qui remplissent aléatoirement et sans compactage un contenant spécifié) sur le volume du contenant ;

❖La masse volumique réelle qui est le rapport de la masse d'un échantillon de granulats légers secs sur le volume qu'il occupe dans l'eau.



. **Figure. II.9.**La masse volumique apparent**.**

II.3. Béton durci

II.3.1. La masse volumique

La masse volumique du béton léger a été mesurée selon la norme NF EN 12350-6 [53], à l'aide d'une balance à 0.01 g près, et mesure des dimensions des échantillons, à l'aide d'un pied à coulisse avec une précision de 0,01 mm. Pour chaque composition, la masse volumique sèche apparente représente la moyenne de trois.

II.2.2. Résistance à la compression RC :

Avec des granulats légers et une formulation de béton appropriée, il est possible d'obtenir des résistances à la compression comparables à celles obtenues avec du béton traditionnel. L'évolution des connaissances et des technologies du béton ont permis au fil des ans d'améliorer les propriétés des bétons, dont celles des bétons légers. Par exemple, l'utilisation d'ajouts minéraux (fumée de silice cendrés volantes, laitiers), agent tiré dicteurs d'eau (WR) et accélérateurs de prise) ont donné la possibilité notamment de diminuer le rapport E/L tout en conservant une bonne maniabilité. Des résistances en compression de 100 MPA ont, même été obtenues et sont présentées (voir figure suivante)



Figure II.10. Mesure la compression des éprouvettes (10*10*10)



Figure II.11. (10*10*10) Après la compression.

III.3.3.Résistance à la traction

En général la valeur de la résistance à la tractions d'un béton est estimée proche de 10% de sa résistance en comprissions.

II.3.4. Flexion :

L'essai de flexion d'une poutre est un essai mécanique utilisé pour tester la flexion. On utilise la flexion dite (quatre points).



Figure. II.12. l'essai de flexion sur l'éprouvette de (7 *7 *28)

II.3.5 .Retrait :

Re=(L1-L2)/L0

Le retrait du béton est un contraction dimensionnelle du béton due à des phénomènes chimique et physique le joint de retrait longitudinal et transversal réalisé par traits de scie ou par mis en place d'un joint profilé PVC avant coulage de la dalle permet le liber retrait de béton.

Le retrait du béton est Independent de tout chargements du matériau, ce phénomène se produit des la misse en œuvre du béton, pendent sa pris est son durcissement et développe au cou du temps



Figeur.II.13:l'essai de retrait sur l'éprouvette de (7 *7 *28)

II.3.6 La conductivité thermique :

De nombreuses méthodes sont utilisées pour mesurer la conductivité thermique des Matériaux. Ces méthodes consistent à soumettre l'échantillon à un flux thermique et mesurer par la suite soit un profil de température soit un flux de chaleur.

Dans notre cas Les Propriétés Thermiques des déférents mélanges ont été mesuré à l'aide d'un CT Mètre conformément la Norme ISO 8497-1 [92]. CT METRE Norme de référence NF EN 993-15

C'est un appareil aisément transportable, a été élaboré dans le but de permettre d'évalue avec précision, les caractéristiques de résistance thermique d'un certain nombre de matériaux tels que la brique, les roches, le bitume et le béton.

Le CT-mètre se compose de deux éléments qui sont l'organe de commande, chargé de généré la puissance de chauffe et d'interpréter la courbe d'élévation de température induite dans le Température induite



Figure. II.14.mesure de la conductivité thermique sur l'éprouvette de(10*10*10) (Le CT-METRE).

II.3.7 Module d'élasticité

Le module d'élasticité du béton léger dépend principalement du module d'élasticité des granulats et de
celui de la pâte de ciment. Les valeurs usuelles du module d'élasticité du granulat léger

varient entre :

3000 et 18000 N/mm2 et n'atteignent qu'une fraction du module d'élasticité du granulat normal. En général, il est même inférieur à celui de la pâte de ciment.

Selon le type de granulat léger, la résistance à la compression et la masse volumique du béton léger, le module d'élasticité du béton léger de construction varie entre 5000 et 24000 N/mm2. A résistances à la compression identiques, le béton léger présente un module d'élasticité 30 à 70 % inférieur à celui du béton normal.

Le module d'élasticité du béton léger diminue avec sa masse volumique. Cette dépendance est illustrée.

II.3.8 La porosité :

Le béton est constitué de plusieurs éléments solides (granulat, liant) et de plusieurs familles de vides
dont la taille varie de quelques dizaines d'Angstrom (A) à quelques millimètres selon l'origine de ces porosités.

La porosité accessible à l'eau Ɛ, exprimé en pourcentage en volume, est donnée par L'équatif



Figure II. 15. Mesure de la porosité accessible à l'eau.

$$Ɛ = (Ma - Ms) / (Ma - Me) * 100$$

Ma : La masse d'éprouvette imbibée pesé dans l'a mis : La masse d'éprouvette sec

Me : La masse d'éprouvette immergée dans l'eau.

II.3.9. VTESSE ULTRASON ORE (NF EN 12504-4) :

La vitesse de propagation des ondes sonores a été évalue selon la norme NF EN 12504-4. Le principe de la méthode, consiste de générer un train d'ondes longitudinales produit par un transducteur électro-acoustique maintenu au contact d'une surface du béton soumis à l'essai. Après avoir parcouru une longueur connue dans le béton, le train de vibrations est converti en signal électrique par un deuxième transducteur, et des compteurs électroniques de mesure du temps permettent de mesurer le temps de parcours de l'impulsion.



Figure .II.16.La mesure de vitesse des ondes à l'aide d'ultrason

Sur l'éprouvette de (7 *7 *28)

V=L /T

V : est la vitesse de propagation du son, en m/s.

L : est la longueur d'éprouvette, en mm.

T : est le temps que met l'impulsion pour parcourir la longueur en μs.

II.3.10. capillarité :

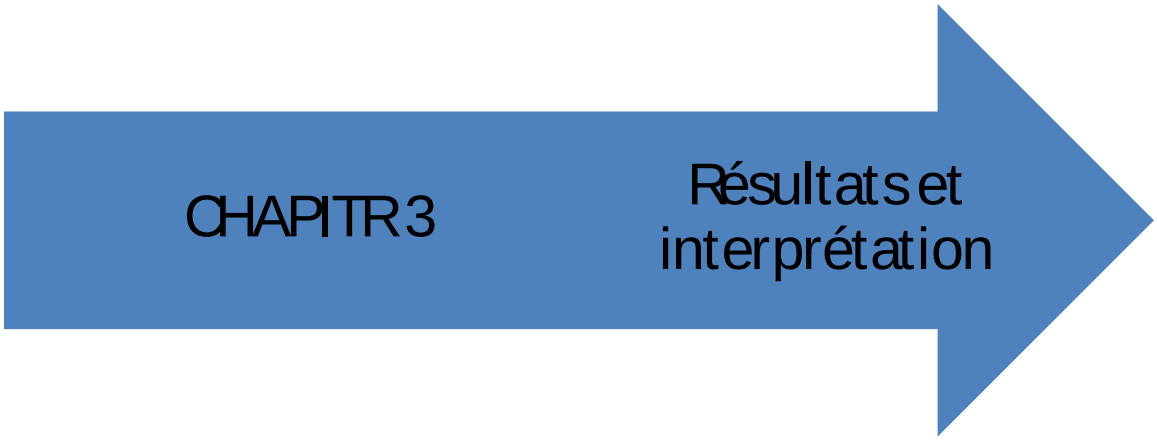
Dans cet essai de mesure d'absorption de l'eau de béton, on prend les éprouvettes de béton (7*7*28 cm) déjà sécher et on le pesé (m0), après on introduire le dans un bac remplir de 1 cm d'eau de profondeur et de suivre l'évolution de la masse de ces éprouvette au cours du temps. La nappe d'eau est maintenue à niveau constant par un trop-plein (II.6), pendant chaque intervalle de temps (60s, 5min, 10min, 20min, 30 min ,1 h, 2h ,4h ,24h, on remesure les morceaux (mi), le différent de poids c'est le poids de l'eau absorbé (mim0)(ASTM C1585 – 11)Les essais sont réalisés dans les conditions de laboratoire (T= 23±2°C).



Figure .II.17. Essai d'absorption de l'eau.

II.4.Conclusion:

La présentation des caractéristiques des matériaux utilisés, la composition des mélanges et les procédures de mesure va nos permettre de mieux analyser les résultats et faciliter la compréhension de l'influence de différents paramètres étudiés dans notre mémoire


CHAPITRE 3
Résultats et interprétation

III.1Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter et d'expliquer les résultats du programme expérimental que nous avons effectué au laboratoire et qui nous a permis d'étudier l'influence des paramètres de malaxage d'une part sur l'homogénéité des diverses compositions du béton de liège (substitution des granulats minéraux par les granulats de liège de même classe : 25, 50, 75 et 100%) et d'autre part sur ses propriétés rhéologiques et mécaniques.et nous tirons les résultats que nous avons obtenus grâce aux expériences que nous avons menées dans le laboratoire universitaire, puis nous expliquons chaque schéma séparément.

III.2.Résultats et interprétation

III.2.1.L ouvrabilité du béton

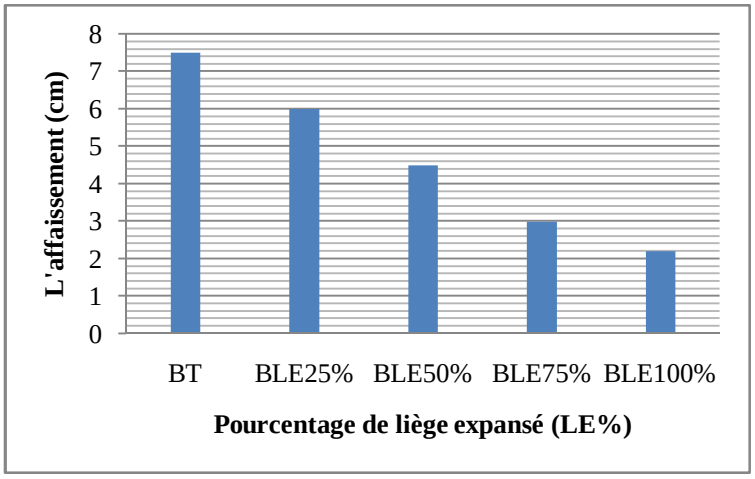


Figure III .1. Variation de l'affaissement en fonction de la composition de béton.

D'après la figure III.1, on remarque une diminution de l'affaissement des bétons (25 /100.50/100.75/100.100/100) par rapport au béton témoin. Cette diminution du à

l'utilisation des granulats léger (granulats de liège 3/8 et 8/16) qui caractérisé par un taux élevé d'absorption, alors diminuer la fluidité de nos mélanges.

La figure III.1. Renseigne sur les classes de consistance de chaque béton réalisé. Ainsi les bétons (T) et béton (25%) sont fluides à cause de la quantité d'eau importante. Par contre le béton (75%et 100%) est un béton très plastique.

III .2.2. Masse volumique à l'état durci

La figure III.2. Monter une diminution logique de la masse volumique des bétons de liège expansé par rapport au béton témoin.

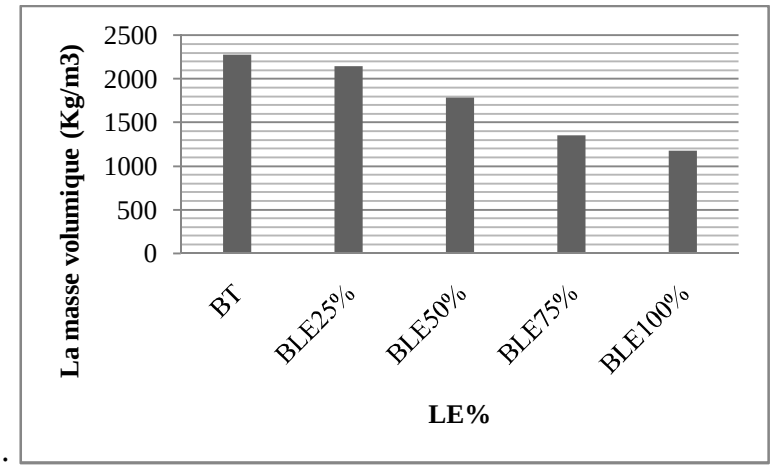


Figure III.2. Evolution de la masse volumique à l`état durci en fonction de la teneur en LE%.

Cette diminution est due à la faible masse volumique de granulats de liège (3/8 et 8/16) incorporés par substitution par rapport à celle du gravier (3/8 et 8/16) et le sable utilisé.

III.2.3.Résistance à la compression

Tableaux III .3 : la résistance à la comprissions (MPa)

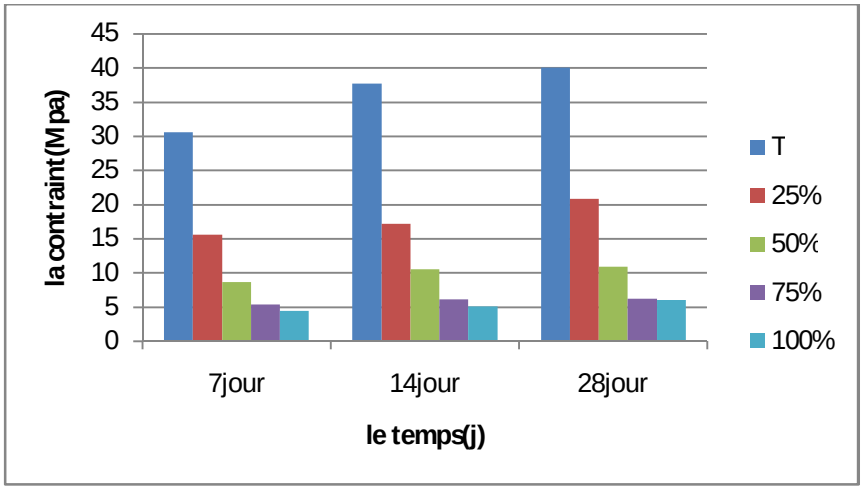


Figure III. 3. Variation de la résistance à la compression en fonction de la composition de béton.

La figure III.3. Montre que la résistance à la compression des bétons augmente en fonction de l'âge. A 28 jours, on peut remarquer que la résistance en compression du béton Témoin C est très supérieure aux résistances en compression du béton léger (25% et 50% et 75%et 100%)

III.2.4. Résistance à la traction

Tableaux III. 4 : la résistance à la traction

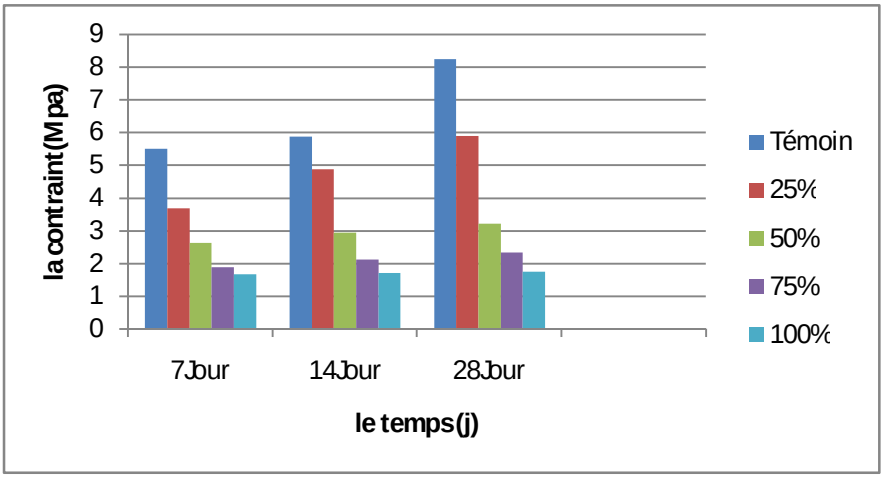


Figure III.4 variation de la résistance à la traction

La figure III.4. Montre que la résistance à la traction des bétons augmente en fonction de l'âge. A 28 jours, on peut remarquer que la résistance en traction du béton Témoin C est très supérieure aux résistances en traction du béton léger (25% et 50% et 75%et 100%)

III.2.5.Vitesse des ondes soniques

D'après la figure.III.4, on remarque une diminution de la vitesse des ondes soniques des bétons de (25% et 50% et 75% et 100%) par rapport au béton témoin.

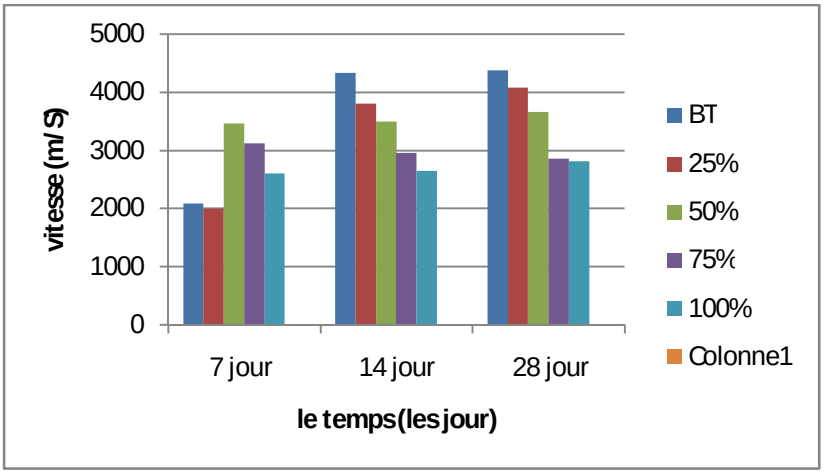


Figure .III.5.variation de la vitesse des ondes sonique**.**

La figure .III.5.montre que la variation de la vitesse des ondes sonique des bétons augmente en fonction de l'âge a 28 on peut remarquer que la vitesse du béton témoin Cet très superuire aux vitesses de son du béton léger (75et100%) L'augmentation de pourcentage des granulats léger (liège 3/8 et 8/16) accompagnée par l'augmentation des porosités ceci à justifier donc la diminution de la vitesse des ondes sonique.

III.2.6. Porosité

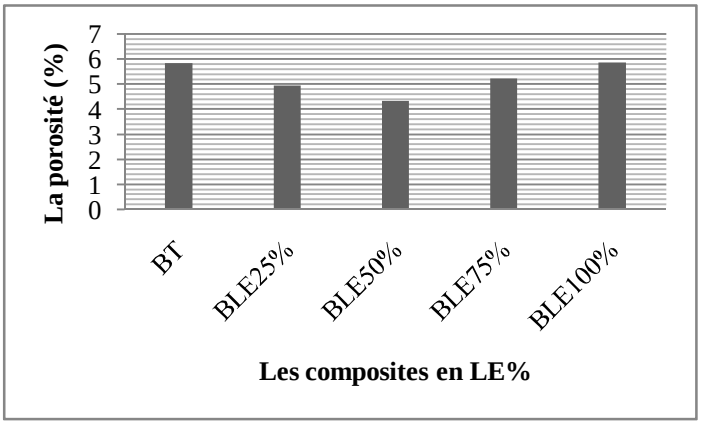


Figure III.6. Variation de la porosité en fonction de la composition de béton.

A travers la figure.III.5, on remarque une diminution de la porosité des bétons de (25% et 50% et 75%) par rapport au Béton témoin. En revanche pour le mélange de 100 de LE, une augmentation de la porosité presque égale à la porosité du béton témoin.

III.2.7. Absorption capillaire

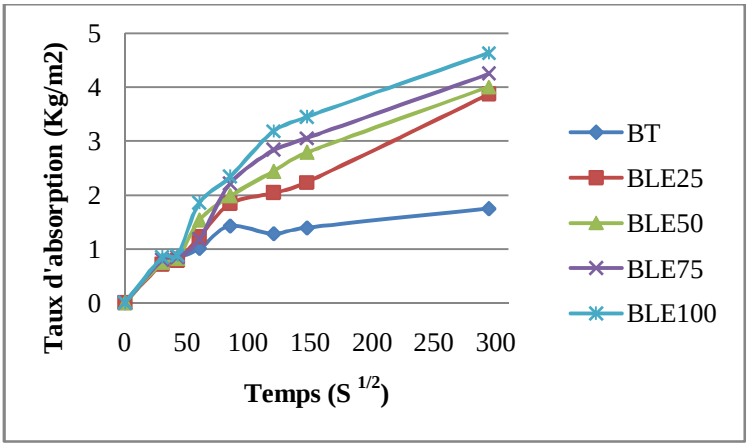


Figure .III.6. Variation de l'absorption en fonction de la racine carrée du temps pour les différents composites.

D’après la figure.III.6on remarque une augmentation de l'absorption des bétons de (25% et 50% et 75%et 100%) par rapport au béton témoin.

Cette augmentation est due au taux d'absorption élevé des granulats de liège (8/15 et 3/8).

Le résultat obtenu montre que l’absorption de béton témoin est moins importante que le béton avec des granulats léger (granulats de liège8/16et 3/8) .

III.2.8.La conductivité thermique

Le remplacement du sable et du gravier par du liège dans le but d’améliorer les propriétés thermiques.

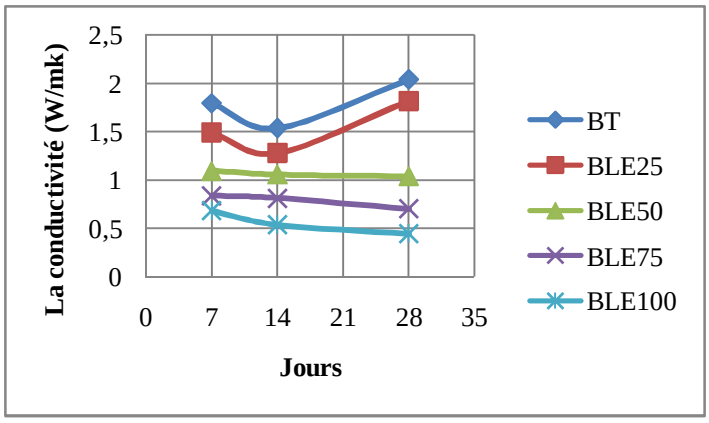


Figure III.8. Variation de la conductivité thermique en fonction de la composition de béton

D’après la figure III.7 on constate que la diminution de (λ) est inversement proportionnelle au dosage de granulats de liège (25% et 50% et 75% et 100%)

La conductivité thermique la plus faible est de 0,4439 W/(m.K) pour la substitution maximum en liège (100%),donc les granulats de lièges ont permis de diminuer la conductivité thermique par rapport au béton témoin.

C.-à-d que l’augmentation du taux de granulats léger (Granulats de liège 8/16 et 3/8) permet d’avoir une isolation thermique meilleure parce que la conductivité thermique de granulats de

liège 8/16est3/8 très faible: Les Granulats de liège (λ=0,04 W/m.K).Alors, plus la teneur des granulats légers (liège)est élevée, plus la baisse de la conductivité thermique est importante.

III.2.9.Gonflement

D'après la figure.III.8.on remarque une augmentation de GONFLEMENT des bétons en fonction de l'âge Cette augmentation est due au taux d'absorption élevé des granulats de liège (8/15 et 3/8) par rapport de granulat classique.

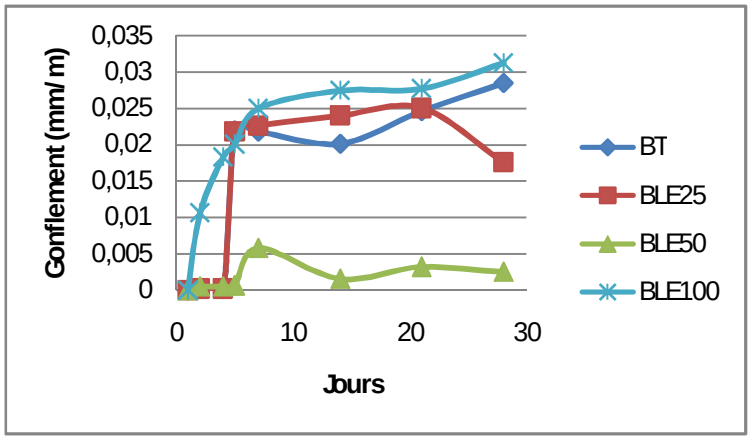


Figure.III.9.LE GONFLEMENT

III.2.10.Retrait:

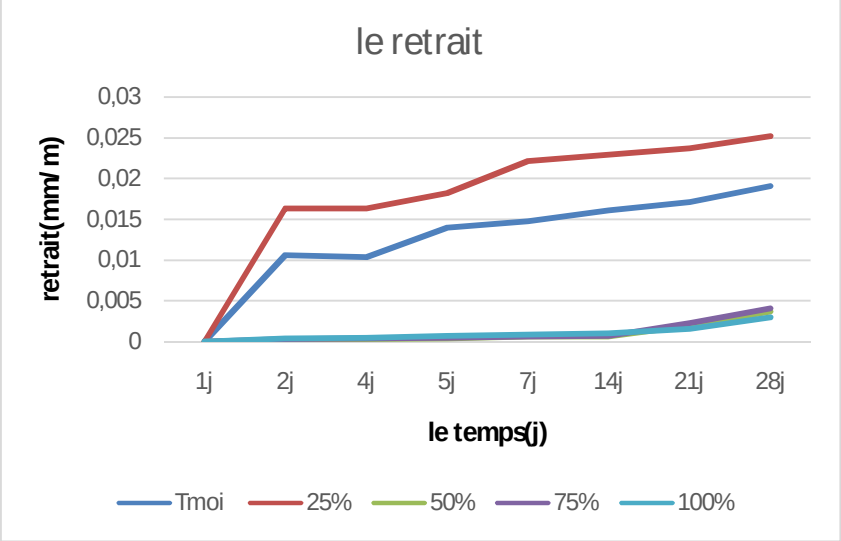


Figure.III.10.LE RETRAIT

A partir de la figure III.10, nous remarquons que la proportion de liège (75%.50%.100%) a très peu de retrait pour le Témoin, le retrait à 25% est le plus élevé par rapport au Témoin

Être le retrait super en 24h chez Témoin et 25%.

III.3.Conclusion

Ce chapitre a été consacré à présenter et interpréter les résultats des essais physico-mécaniques et thermiques à l'état frais et durci des bétons légers élaborés. Les résultats trouvés ont montré qu'il est possible de fabriquer des bétons à base de liège malgré la défaillance mécanique de ces granulats. Ce pendant, ils ont une porosité et une absorption capillaire assez importantes que le béton ordinaire.

Conclusion générale

Bien que connus dans le monde depuis plus d'un quart de siècle, les bétons légers ont été employé dans notre pays d'une façon timide et individuel, mais ils connaissent à l'heure actuelle un regain d'intérêt, qui semble tout a fait mérité en raison de leurs propriétés techniques et économiques intéressantes.

Ce chapitre a fait l'objet d'une évaluation de l'apport du prétraitement des granulats végétaux sur les propriétés d'un béton de liège.

Dans un premier temps, les propriétés des granulats de liège ainsi que leur microstructure après traitement ont été évalués. Ensuite, les propriétés physiques, mécaniques, ainsi que la conductivité thermique des bétons ont été mesurées. Les résultats que nous avons obtenus ont montré l'impact du prétraitement sur les propriétés des granulats ainsi que sur les performances des bétons.

En se basant sur les résultats trouvés dans ce travail, on peut donc conclure que le traitement à la chaux offre les meilleures performances et peut donc être choisi pour la suite des travaux sur ce béton de liège.

Références bibliographiques

[1] Silva S. P., Sabino M. A., Fernandes E. M., Correlo V. M., Boesel L. F & Reis R. L. (2005) Cork: properties, culpabilités and applications International Material Reviews, VOL 50, NO6, (345-365).

[2]https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%84%D9%8A%D9%86

[3][Sotehi N, 2010], [C. Manuel - Amoraim - Vivexpo 2012], [A. Pintus - AGRIS - Vivexpo 2012] (Silva P., 2005)

4SoutehiNassima. (2010) : Caractéristique thermique des parois de bâtiment set amélioration de l'isolation. Thèse de doctorat. Universités Mentouri, Constantine, Algérie,

[5]https://www.suberaievaroise.com

[6] m.zitouni et kh.ouarda : recherche Mémoire de fin d'études de Master matériaux en génie civile

[7]:Mémoire de Génie Civil Sénégal : Etude thermomécanique de béton à base de granulat sar gileux, janvier 2017, GAYE Aida.

[8]K. MILLED: «Effet de taille dans le béton léger de polystyrène expansé». Thèse de Doctorat. L'école Nationale Des Ponts Et Chaussées.21Novembre2005.

[9]GUEZOULI &A. BENAISSA «le polys béton un nouveau matériau de construction». Décembre2005

[10]: Guide pratique du béton : Concevoir et mettre en œuvre des bétons durables. 6em Edition (français,éditionsuisse),janvier2015,Dr.PeterLunk,CathleenHo"mann,ErichRitschard,Dr.Jean-Gabriel Ham mers chlag ,Kerstin Wassmann ,Dr. Thomas Schmidt.

[11] : Thèse de Doctorat Génie Civil Tizi-Ouzou : Caractérisation et modélisation des paramètres physico-hydro-mécaniques d'un béton léger à base granulats composites, 2014, réalisée par Mme .MOHELLEBI Samira née BOUAZIZ.

[12]DIB Mohammed Riad et AMARA Abdelkrim recherche Mémoire de fin d'études de Master en génie civile Tlemcen.

[13] Boulahia Hakima. (2016) : Etude du comportement physico-mécanique de nouvelle bio

composite poudre de liège–PVC. Thèse de doctorat. Université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES, Algérie, 150 pages.

[14] : Mémoire de Génie Civil Biskra : ≪ Formulation et caractérisation des bétons légers ≫, 2010, réalisé par HERIHIRI Ouided.

[15] : Mémoire de Génie Civil Tlemcen : Influence du mode de malaxage sur les propriétés du béton de liège, 2018, réalisée par : DIB Mohammed Riad et AMARA Abdelkarim.