



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Année 2019

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Thème :

***CARACTERISATION DES DIFFERENTS TYPES DE
BETON A BASE DE COPEAUX DE BOIS***
(Béton Ordinaire – Béton Autoplaçant – Béton A Haute Performance)

Domaine : Sciences et Technique

Spécialité :
GENIE CIVIL

Option :
MATERIAUX EN GENIE CIVIL

Par :

1. AYACHE Brahim
2. RAHAL Ilyes
3. BENMANSOUR Walid

DIRECTEUR DU MEMOIRE : KHLIFI Walid. MCB. GENIE CIVIL. U B M ANNABA.

DEVANT LE JURY

PRESIDENT: BEHIM Mourad. Professeur. GENIE CIVIL. U B M ANNABA.

EXAMINATEURS : ALI-BOUCETTA Tahar MCB. GENIE CIVIL. U B M ANNABA.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Dr : ***KHELIFI Walid***, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury Le Professeur. ***BEHIM Mourad*** et le Docteur : ***ALI BOUCETTA Taher***, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous et à toutes.

العنوان: خصائص مختلف الخرسانات المدعمة برفائق الخشب.

(خرسانة عادية – خرسانة ذاتية التسوية - خرسانة عالية الأداء)

النفایات الصناعية تبعث حاليا مشاكل صعبة للعایة. أو إعادة استخدامها يمكن أن یجل ثلاثة مشاكل: مشاكل تقنية ومشاكل اقتصادية وبيئية. وعلاوة على ذلك، فقد أصبح تعزيز المواد المحلية حاليا حلا ضروريا للمشاكل الاقتصادية في البلاد. تعتبر النفایات الصناعية من المشاكل المطروحة في البلاد، وإعادة تصنيعها يمكن أي یجل تلك المشاكل الثلاث، وعلاوة على ذلك فقد أصبح استخدام النفایات المحلية حاليا حلا ضروريا للمشاكل الاقتصادية في البلاد. وفي هذا الوضع الذي یفتح النقاش حول وضع الخرسانة الجديدة باستخدام موارد وفيرة وذات خصائص تعادل الخرسانة العادية أو على الأقل تضمن الخصائص الأساسية. في هذه الدراسة والتي تحتوي على دمج مخلفات خشبية من أعمال النجارة في الخرسانة العادية، عالية الأداء وذاتية التسوية لتصنيع الخرسانة خفيفة الوزن. وأظهرت النتائج أنه من الممكن الحصول على خرسانة مدعمة برفائق الخشب وذلك بخواص ميكانيكية وخصائص فيزيائية مهمة. اعتمادا على كمية من الخشب. ونلاحظ أيضا أن رفائق الخشب الغير معالجة لم تحسن بشكل كبير من خصائص الخرسانة المدروسة، بما في ذلك قوة الضغط.

الكلمات المفتاحية:

الخرسانة العادية. خرسانة ذاتية التسوية، خرسانة عالية الأداء، رفائق الخشب، القوة الميكانيكية.

RÉSUMÉ

**TITRE : CARACTERISATION DES DIFFERENTS TYPES DE BETON CHARGÉ DE
COPEAUX DE BOIS.**

(Béton Ordinaire – Béton Autoplaçant – Béton Haute Performance)

Les déchets industriels dégagent actuellement des problèmes particulièrement difficiles à résoudre. Or leur réutilisation pourrait résoudre un triple problème : problèmes techniques, économiques et environnementaux. Par ailleurs, la valorisation des matériaux locaux est devenue, actuellement, une solution nécessaire aux problèmes économiques des pays. C'est dans cette situation que s'ouvre la réflexion sur la formulation d'un nouveau béton utilisant des ressources abondantes et présentant des caractéristiques soit comparables aux bétons usuels, soit répondant à des exigences mal assurées par ces derniers. Dans cette étude, on consiste, alors, à incorporer des résidus de bois provenant des travaux de la menuiserie dans des différents types de béton ordinaire, à Haute Performance et Autoplaçant pour la fabrication du béton léger. Les résultats montrent qu'il est possible d'obtenir des bétons à base de copeaux de bois présentant des propriétés mécaniques et propriétés physiques intéressantes. Selon la quantité de bois, Notons, enfin, qu'une utilisation des copeaux de bois non traité (Mouillé) n'a pas amélioré considérablement les caractéristiques du béton étudié, notamment la résistance mécanique en compression. On peut dire que les copeaux de bois non traités présentent des résistances mécaniques acceptables.

MOT CLES : *Béton ordinaire, béton haute performance, béton autoplaçant, copeaux de bois, résistance mécanique.*

ABSTRACT

TITLE:

CHARACTERIZATION DIFFERENT TYPES OF CONCRETES WITH WOOD CHIPS.

**(ORDINARY CONCRETE - HIGH PERFORMANCE CONCRETE - SELF-COMPACTING
CONCRETE)**

Industrial waste currently emits particularly difficult problems. On the other hand, reuse could solve a triple problem: technical, economic and environmental. Furthermore, the promotion of local materials has become currently a necessary solution to the economic problems of the country. It is in this situation that opens the debate on the formulation of a new concrete using abundant resources and having characteristics is comparable to conventional concrete or answering insecure by these funds requirements. In this study it is, then, to incorporate wood residues from the work of carpentry in different types of concretes: ordinary concrete and high performance concrete and self-compacting concrete, for the manufacture of lightweight concrete. The results show that it is possible to obtain concrete base of the wood chips with interesting mechanical properties and physical properties. Depending on the amount of wood. We also note that wood chips did not significantly improved the characteristics of the studied concretes, including compressive strength.

Keywords: *ordinary concrete, high performance concrete, self-compacting concrete, wood chips, mechanical resistance.*

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

RESUME

ملخص

ABSTRACT

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

NOMENCLATURE

INTRODUCTION GENERALE.....01

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. INTRODUCTION.....03

I.2. BETON ORDINAIRE BO..... 04

I.2.1. définition du béton ordinaire 04

I.2.2. La composition du béton ordinaire..... 04

I.2.2.1. Le ciment.....04

I.2.2.2. Les granulats04

I.2.2.3. Rapport ciment-eau.....04

I.2.2.4. Rapport granulats-sable.....04

I.2.4. Formulation du béton ordinaire05

I.3. BETON A HAUTES PERFORMANCES BHP.....05

I.3.1.Définition du béton à haute performance05

I.3.2.Spécifications sur les constituants du béton à haute performance.....06

I.3.2.1.Ciments.....06

I.3.2.2. Granulats.....	06
I.3.2.3. Additions.....	06
I.3.2.4. Adjuvants.....	06
I.3.3. Formulation du béton à haute performance.....	06
I.3.4. propriétés physico-chimiques et mécaniques des bétons à haute performances.....	06
I.3.4.1. Résistances mécaniques.....	06
I.4. BETON AUTOPLAÇANT.....	07
I.4.1. Définition du béton Autoplaçant.....	07
I.4.3. Formulation du béton autoplaçant	08
I.4.3.1. Méthode japonaise.....	08
I.4. GENERALITES SUR LES DECHETS.....	08
I.4.1. Définition des déchets	08
I.6. BETON A BASE DES DECHETS DE BOIS.....	09
1.6.1. Généralité	09
I.6.2. Domaine d'utilisation des déchets de bois dans le béton	09
I.7. LE BOIS	10
I.7.2. Types des déchets de bois	11
I.7.2.1 Les copeaux de bois	11
I.7.2.2 Sciure de bois	11
I.7.2.3 Granulats de bois	12
I.7.2.4 Le bois déchiqueté ou plaquette forestière	12
I.8. DEFERENTES UTILISATIONS DES BETONS A BASE DES COPEAUX DE BOIS.....	12
CONCLUSION.....	14

CHAPITRE II

CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX

ET PROCÉDURES EXPÉRIMENTALES

INTRODUCTION	15
II. 1. ESSAIS DE CARACTERISATION DES MATERIAUX	16
II.1.1. L'analyse granulométrique (NF P 18-56).....	16
II.1.2. Module de finesse (XP P 18-540).....	16
II.1.3. Mesure de la propreté (l'essai d'équivalent de sable) (NF EN 933-8).....	16
II.1.4 La masse volumique apparente (NF EN 1097-3).....	17
II.2. MATERIAUX UTILISE	18
II.2.1 Le ciment.....	18
II.2.2 L'eau de gâchage.....	18
II.2.3 Les composants solides.....	19
II.2.3.1 Le sable.....	19
a) L'analyse granulométrique.....	19
II.2.3.2 Le gravier 3/8.....	20
II.2.3.3 Gravier 8/16.....	20
II.2.4. Les copeaux de bois.....	21
II.2.6. Additions minérales.....	24
II.3. FORMULATION DES BETONS	24
II.3.1. Formulation du béton ordinaire par la méthodes de Dreux-Gorisse.....	24
II.3.2. Formulation du béton autoplaçant "BAP".....	26
II.3.3. Formulation du béton à haute performance BHP.....	29
II.4. PREPARATION ET CONSERVATION DES EPROUVETTES	31
II.5. TESTE ET APPAREILLAGES UTILISES	32
II.5.1. Formulation des bétons d'étude.....	32
II.5.2. Malaxage (NF EN 206-1).....	32
II.5.3. L'affaissement (NF EN 12350-2).....	32
II.5.4. l'étalement.....	33
II.5.5. Essai de la boîte en « L » écoulement en milieu confiné.....	34
II.5.6. Essai de stabilité au tamis NF EN 12 350-11.....	35
II.5.7. Le coulage des bétons.....	36
II.5.8. Vibration (NF P 18-421).....	37
II.5.9. Démoulage et conservation (NF EN 12390-2).....	37

II.6. LES ESSAIS MECANIQUES	38
II.6.1. L'essai de résistance à la compression (EN 12390-3).....	38
CONCLUSION.....	39

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

INTRODUCTION.....	40
III.1. PROPRIETES DES BETONS A BASE DES COPEAUX DE BOIS	41
III.1.1 Ouvrabilité des bétons	41
III.1.1.1. Ouvrabilité du béton ordinaire.....	41
III.1.1.2. Ouvrabilité du béton à haute performance.....	42
III.1.1.3. Etalement, écoulement et laitance du béton autoplaçant.....	42
III.2. PROPRIETES DES BETONS A BASE DES COPEAUX DE BOIS A L'ETAT DURCI.....	44
III.2.1. Masse volumique des bétons.....	44
III.2.1.1. Masse volumique du béton ordinaire.....	45
III.2.1.2. Masse volumique du béton à haute performance.....	45
III.2.1.3. Masse volumique du béton autoplaçant.....	46
III.2.2. Capacité d'absorption d'eau (NF EN 1097-6).....	47
III.2.3. Résistance à la compression.....	49
III.2.3.1. Résistance à la compression de béton ordinaire.....	49
III.2.3.2. Résistance à la compression de béton autoplaçant.....	50
III.2.3.3. Résistance à la compression de béton à haute performance.....	50
CONCLUSION.....	52
CONCLUSION GENERALE.....	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	54

LISTE DES FIGURES

- **Chapitre I**

Figure I.1. <i>Les copeaux de bois</i>	11
Figure I.2. <i>Sciure de bois</i>	11
Figure I.3. <i>Granulats de bois</i>	12
Figure I.4. <i>Le bois déchiqueté</i>	12

- **Chapitre II**

Figure II.01. <i>Tamis d'analyse granulométrique</i>	16
Figure II.02. <i>Equivalent de sable</i>	17
Figure II.03. <i>Mesure de la masse volumique apparente</i>	17
Figure II.04. <i>Sable de dune</i>	19
Figure II.05. <i>Courbe granulométrique des copeaux de bois</i>	22
Figure II.06. <i>Observations confocales des copeaux de bois utilisés</i>	22
Figure II.07. <i>Observation au MEB des copeaux de bois</i>	23
Figure II.08. <i>Copeaux de bois immergés dans l'eau</i>	23
Figure II.11. <i>Courbe granulométrique</i>	25
Figure II.12. <i>Formulation d'un béton autoplaçant avec copeaux de bois</i>	29
Figure II.13. <i>Essai d'affaissement au cône d'Abrams</i>	33
Figure II.14. <i>Détermination de l'étalement</i>	34
Figure II.15 <i>Essai de la boîte en L (L-box test)</i>	35
Figure II.16 <i>Essai de stabilité au tamis</i>	35
Figure II.17 <i>Représentation schématique de l'essai de stabilité au tamis</i>	36
Figure II.18. <i>Moules utilisés</i>	36
Figure II .19. <i>Table vibrante</i>	37
Figure II .20. <i>Ecrasement en compression</i>	38

- **Chapitre III**

Figure III.1. <i>Maniabilité des bétons ordinaire avec copeaux de bois</i>	41
Figure III.2. <i>Maniabilité des bétons à haute performance avec copeaux de bois</i>	42
Figure III.3. <i>Essai d'étalement de béton autoplaçant avec copeaux de bois</i>	43
Figure III.4. <i>Essai de la boîte en L de béton autoplaçant avec copeaux de bois</i>	43

Figure III.5. Essai de stabilité au tamis de béton autoplaçant avec copeaux de bois.....44

Figure III.6. La masse volumique à l'état durci de béton ordinaire avec copeaux de bois.....45

Figure III.7. La masse volumique à l'état durci de béton à haute performance avec copeaux de bois.46

Figure III.8. La masse volumique à l'état durci de béton autoplaçant avec copeaux de bois.....46

Figure III.9. Capacité d'absorption d'eau de béton ordinaire à base des copeaux de bois.....47

Figure III.10. Capacité d'absorption d'eau de béton à haute performance à base de copeaux de bois.48

Figure III.11. Capacité d'absorption d'eau de béton autoplaçant à base des copeaux de bois.....48

Figure III.12. *Résistance à la compression pour béton ordinaire à base de copeaux de bois.....49*

Figure III.13. *Résistance à la compression pour béton autoplaçant à base de copeaux de bois....50*

Figure III.14. *Résistance à la compression pour béton à haute performance à base de copeaux des bois.....51*

LISTE DES TABLEAUX

• **Chapitre II**

Tableau II. 01. Caractéristique physique et chimique du ciment.....18
Tableau II.02. Granulométrie du sable de dune..... 19
Tableau II.03. L'analyse granulométrique du gravier 3/8.....20
Tableau II.04. L'analyse granulométrique du gravier 8/16.....20
Tableau II.05. Caractéristique des granulats.....21
Tableau II.06.Les pourcentages des granulats.....25
Tableau II.07. La formulation des bétons.....26
Tableau II.08. La formulation des bétons.....28
Tableau II.09. La formulation des bétons.....31

NOMENCLATURE

Formule

Elément

- **BO** Bétons ordinaire
- **BHP** Béton haute performance
- **BAP** Béton autoplaçant
- **BBois**
- **B_{0%}** Béton sans Bois (0% de Bois)
- **B_{1%}** Béton avec 1% de Bois.
- **B_{2%}** Béton avec 2% de Bois.
- **B_{3%}** Béton avec 3% de Bois.
- **B_{4%}** Béton avec 4% de Bois.
- **B_{5%}** Béton avec 5% de Bois.
- **B_{6%}** Béton avec 6% de Bois.
- **AC** Affaissement en (cm)
- **Et** Etalement en (cm)
- **Lt** Laitance en (%)
- **H/H** Ecoulement
- **ρ** La densité en (g/Cm³)
- **w** La capacité d'absorption d'eau en (%)
- **σ** La résistance Mécanique en (MPa)

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les résidus générés par l'industrie de bois présentent un grand volume de déchets issus de l'usinage de bois. Les copeaux de bois désignent l'ensemble des résidus produits par le sciage et l'usinage du bois. Ils peuvent être ainsi, récupérés et valorisés dans le domaine de la construction. Ceux-là constituent une gêne environnementale, et font l'objet de nombreux travaux de recherche. Les études abordées concernent beaucoup plus des recherches sur l'amélioration des propriétés des composites à matrices cimentaire et argileuse avec des ajouts de copeaux de bois sous forme de granulats, de fillers, et de renforts. Les propriétés de ces nouveaux bétons sont étroitement liées aux caractéristiques intrinsèques des ajouts et leur durabilité vis-à-vis de l'environnement dans lequel ils sont exposés et en tenant compte de leur traitement. Bouguerra et al ont mentionné dans une étude réalisée sur les bétons, à base d'argile, de ciment et de copeaux comme granulats, que les propriétés mécaniques et thermiques dépendent fortement de la microstructure des bétons formulés et en particulier de la porosité. Ces auteurs montrent que la variation de la résistance à la compression ainsi que la conductibilité thermique sont influencées par la fonction taille et distribution de la porosité. Par ailleurs, ces caractéristiques s'améliorent davantage lorsque les copeaux de bois subissent un traitement comme mentionné dans une étude menée par Bederina et al. Et qui concerne un travail sur le béton de sable.

Ce travail analyse les propriétés mécanique de différents types de bétons ordinaire, à haute performance et Autoplaçant chargé de copeaux de bois.

Ce travail consiste à étudier l'influence des copeaux de bois, en tant que granulats pour béton hydraulique. Les propriétés à l'état frais et durci sont étudiées. Les performances mécaniques en compression permettent d'expliquer l'effet de copeaux de bois sur l'amélioration des performances des bétons d'étude.

Ce manuscrit s'articulé autour de trois chapitres :

Le premier chapitre introduit une synthèse bibliographique générale sur les bétons ordinaire, à haute performance et le béton Autoplaçant à travers la formulation des bétons et les paramètres qui influent sur la formulation des bétons et aussi on a parlé sur les propriétés mécaniques et les propriétés physique des bétons, aussi dans ce chapitre nous avons parlé de

sur les déchets d'une façon générale et sur le bois (analyses propriétés et types..) et quelques exemples ont été donnés pour les matériaux à base des déchets ainsi que le béton à base des copeaux de bois.

Dans le deuxième chapitre nous allons exposés les caractéristiques mécaniques et physiques des différents constituants incorporés dans la composition des bétons ordinaire, à haute performance et autoplaçant. Des essais de compression ont été réalisés sur des bétons à l'état durci. D'abord, on à engager par la formulation d'un béton témoin sans copeaux, ensuite, on a cherché le pourcentage optimal de copeaux à additionné afin d'obtenir un béton adhérent, elle a servie par la suite comme formulation de base pour les autres mélanges. Ces essais permettent d'étudier l'influence du dosage des copeaux de bois sur les caractéristiques mécaniques des bétons.

Le troisième chapitre est consacré sur les études des propriétés physico- mécaniques des bétons ordinaire, à haute performance et autoplaçant à base des copeaux de bois. Pour la caractérisation mécanique, en se basant sur la détermination de la densité des bétons à l'état frais et à l'état durci. Les calculs des résistances à la compression sur des éprouvettes cubiques sont utilisés pour expliquer le comportement mécanique des bétons à base des copeaux de bois.

I.1. INTRODUCTION

Depuis des années et dans le cadre de la valorisation des sous-produits d'exploitation du patrimoine construit qui sont considérés généralement, une gêne environnementale, font l'objet de nombreux travaux de recherche [1-5]. En effet ces dernières décennies, la recherche a mené sur l'amélioration des propriétés des composites à matrices cimentaire et argileuse avec des ajouts de copeaux de bois sous forme de granulats, de fillers, et de renforts a été consacré [4-9]. Après l'élaboration du bloc de bauge mécanisée testé thermiquement dans le cas d'une architecture climatique [10] et actuellement commercialisé, la mise au point de procédés d'allègement de pâtes argile-ciment a permis les premiers développements des bétons argileux légers [11]. Leur utilisation en isolation et en climatisation est actuellement en cours d'étude. Pour le béton de bois, c'est un matériau issu de l'alliance du ciment et de granulats de bois (fibres copeaux, baguette,...) possède des qualités exceptionnelles de : légèreté, d'isolation thermique, d'absorption phonique et de régulation hygrométrique qui font de lui un matériau de choix pour la construction de logements, bâtiments industriels.

Les bétons de bois répondent à certains critères qui favorisent leurs utilisations :

- Le bois est une matière première renouvelable.
- Le béton de bois permet de valoriser des déchets de bois non utilisables dans la fabrication du papier.
- Le béton de bois est un matériau qui possède de bonnes caractéristiques physiques et thermiques.

Le béton est un terme générique qui désigne un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats (sable, gravillons) agglomérés par un liant.

Le liant peut être «hydraulique», car il fait prise par hydratation, il est appelé ciment, on obtient dans ce cas un béton de ciment, ou béton tout court. Le liant peut être aussi un hydrocarboné appelé aussi bitume, ce qui conduit à la fabrication du béton bitumineux.

Depuis les années 80, on note l'apparition de nouveaux bétons, destinés à satisfaire des besoins divers: le bétonnage sans vibration (avec les bétons autoplaçants, voire les bétons autonivelants) ; de hautes résistances en compression (bétons à hautes ou très hautes performances), en traction (bétons de fibres métalliques et bétons fibrés ultra-performants)...

Rien ne permet de prédire la fin de cette liste, car des bétons de caractères particuliers font toujours l'objet de recherches.

I.2.BETON ORDINAIRE BO

I.2.1.définition du béton ordinaire

Le béton est un ensemble homogène obtenu par le mélange du ciment, de l'eau, des granulats et quelque fois d'adjuvants. Sa masse volumique se situe aux alentours de 2 500 Kg/m³, Les bétons peuvent être armés ou non, ou même précontraints.

Ses performances (durabilité, résistance au feu, etc.) varient selon ses composants. C'est un matériau dont le moulage est assez facile et il est adapté à tous les types de formes d'ouvrage.

I.2.2.La composition du béton ordinaire

I.2.2.1.Le ciment

Pour un béton ordinaire, nous pouvons utiliser des ciments de type CEM I, CEM II, CEM III, CEM III/C ou CEM V. Le choix et le dosage déterminent la résistance du béton ainsi que ces différentes propriétés.

I.2.2.2.Les granulats

Une bonne partie de la résistance du béton est tirée des granulats, principalement des gros granulats, d'où l'importance de l'emploi des granulats ayant des dimensions maximales et de bonnes qualités. Plus les grains seront fins, plus le dosage du ciment devra être élevé.

I.2.2.3.Rapport ciment-eau

L'eau doit être propre dans le but d'éviter au maximum les impuretés telles que les matières organiques ou les alcalis pouvant entraîner la corrosion du béton armé en cas d'utilisation d'armatures. La quantité d'eau est en général comprise entre 140 et 200 litres/m³. On estime que 50% de l'eau de gâchage servira à l'hydratation du ciment et les 50% restant contribuera à la plasticité du béton, nécessaire pour sa mise en œuvre.

I.2.2.4.Rapport granulat-sable

Le rapport granulat-sable doit être inférieur à 2. En effet, si le rapport est supérieur à 2,2, la résistance en compression ainsi que la densité augmenteront considérablement. Par contre, cela rendra l'ouvrabilité ou la maniabilité du béton moindre.

I.2.4. Formulation du béton ordinaire

Le choix des proportions de chacun des constituants d'un béton afin d'obtenir les propriétés mécaniques et de mise en œuvre souhaitées s'appelle la formulation. Plusieurs méthodes de formulations existent, dont notamment :

- la méthode de Baron.
- la méthode de Bolomey.
- la méthode de Féret.
- la méthode de Faury.
- la méthode de Dreux-Gorisse.

I.3. BETON A HAUTES PERFORMANCES BHP

Les Bétons à Hautes Performances (BHP) ont d'abord été utilisés pour leur haute résistance. Cette caractéristique facilement mesurable a fait des progrès spectaculaires à partir des années quatre-vingt. Elle est passée de 30/35 MPa à plus de 100 MPa pour les bétons à très hautes performances, voire plus (150 à 200 MPa pour des bétons fibrés à ultra hautes performances, BFUP).

Les gains de résistance ne sont pas les seuls avantages de ces bétons qui tirent leurs propriétés de leur microstructure très dense, d'une forte réduction de leur porosité et d'un réseau capillaire non connecté.

Ces bétons sont, en fait, des matériaux à très haute compacité.

Les BHP sont également, du fait de leur porosité extrêmement réduite, plus résistants aux agents agressifs et, de façon générale, présentent une durabilité accrue. Ils permettent d'optimiser les structures, de réaliser des ouvrages soumis à des contraintes élevées ou subissant un environnement sévère (climat, agressions marines, effets du gel, attaques acides, etc.)

I.3.1. Définition du béton à haute performance

Les Bétons à Hautes Performances (BHP) se caractérisent par :

- une résistance à la compression à 28 jours supérieure à 50 MPa sur cylindre ;
- un rapport Eau efficace/liant équivalent inférieur à 0,4.

Ils présentent une micro-texture très dense et une faible porosité et sont donc très résistants à la pénétration d'agents agressifs.

I.3.2. Spécifications sur les constituants du béton à haute performance

Les constituants du BHP font l'objet des principales spécifications suivantes.

I.3.2.1. Ciments : conformes à la norme NF EN 197-1 de types CEM I ou CEM II ou CEM III et de classes de résistance conseillée 42,5 ou 52,5 (N ou R).

I.3.2.2. Granulats : conformes à la norme NF EN 12620 « Granulats pour bétons » et à la norme XP P 18-545 (article 10: « granulats pour bétons hydrauliques »).

I.3.2.3. Additions : conformes aux diverses normes en vigueur – cendres volantes silico-alumineuses, laitiers de haut fourneau, fillers calcaires, filler siliceux, éventuellement ultrafines (fumées de silice).

I.3.2.4. Adjuvants : plastifiants réducteur d'eau et superplastifiants haut réducteur d'eau conformes à la norme NF EN 934-2.

I.3.3. Formulation du béton à haute performance

La recherche des hautes performances passe par la réduction de la porosité du béton durci, c'est-à-dire de son pourcentage de vides. En effet, les dimensions et les volumes des pores capillaires sont les principaux paramètres qui régissent les résistances mécaniques du béton et les propriétés de transfert déterminantes pour la durabilité. L'optimisation de la formulation d'un BHP consiste à diminuer la porosité de la matrice cimentaire et à optimiser le squelette granulaire.

Des outils spécifiques de contrôle ont été développés pour faciliter la formulation des BHP: méthode des coulis AFREM, méthode MBE (Mortier de Béton Équivalent), logiciel BETONLAB.

I.3.4. Propriétés physico-chimiques et mécaniques des bétons à haute performances

Les diverses propriétés des BHP découlent de leur faible porosité, gage de durabilité.

I.3.4.1. Résistances mécaniques :

Les BHP présentent des résistances en compression importantes aux jeunes âges, compte tenu de la rapidité de la cinétique de montée en résistance, et très élevées à long terme (avec une montée en résistance se poursuivant au-delà de 28 jours).

Un BHP de 60 MPa à 28 jours peut offrir des résistances mécaniques de 15 MPa à 24 heures, voire davantage, et 40 MPa à 7 jours. Le gain est aussi important en termes de résistance en traction ou au cisaillement.

I.4. BETON AUTOPLAÇANT BAP

Les maîtres d'ouvrage, architectes, ingénieurs, entrepreneurs du BTP, fabricants de béton et pré-fabricants ont toujours recherché un béton permettant une mise en place aisée ; un bon remplissage des coffrages et des moules ; un parfait enrobage des armatures ; une forte compacité. Avec comme principaux objectifs la suppression des opérations coûteuses en main d'œuvre (vibration, tirage à la règle, ragréage, etc.); l'obtention d'une qualité, d'une régularité et d'une durabilité des bétons encore plus grandes; le coulage facilité de structures complexes et souvent fortement ferraiillées; l'allongement des temps d'ouvrabilité; l'amélioration de la qualité esthétique des parements; l'augmentation des cadences de production et de la productivité des chantiers et des usines; la réduction de la pénibilité des tâches des ouvriers; la réduction des nuisances sonores sur les chantiers; l'obtention d'une parfaite planéité des hourdis et des dalles; la fabrication de ces bétons dans la majorité des centrales du réseau BPE et des usines de préfabrication à partir de matériaux courants disponibles localement; la diminution des reprises de bétonnage.

Le béton autoplaçant a été développé au Japon en 1988, il représente l'un des plus importantes avancées dans la technologie des bétons dans les deux dernières décennies.

Le béton autoplaçant (BAP) est un béton capable, sous le seul effet de la pesanteur, de se mettre en place dans les coffrages même les plus complexes et très encombrés sans nécessiter pour autant des moyens de vibration afin de consolider le mélange avec comme résultat un produit très homogène. Ce type de béton doit être apte à passer à travers les armatures les plus serrées avec, cependant, une vitesse dépendante de la viscosité du mélange. Pour remplir cette condition, le béton doit être très fluide, c'est-à-dire très déformable. Or ceci n'est possible que si le rapport eau/ciment est élevé ou si le béton contient un superplastifiants[12]

I.4.1. Définition du béton Autoplaçant

Les bétons autoplaçant (BAP, ou SCC, en anglais, self compacting concrete) ; Ces bétons sont des bétons spéciaux, très fluides, qui se mettent en place et se serrent

sous le seul effet de la gravité, donc sans apport de vibration interne ou externe, même dans des coffrages très ferrailés.

Les BAP se distinguent des bétons ordinaires principalement par leurs propriétés à l'état frais. Les critères caractérisant un béton autoplaçant sont :

- 1- les valeurs cibles d'étalement au cône d'Abrams sont généralement fixés dans la fourchette 55 cm à 85 cm (et pas de ségrégation visible en fin d'essai : auréole de laitance ou amoncellement de gros granulats au centre).
- 2- le taux de passage à la boîte en L doit être supérieur à 0,8.
- 3- Le béton doit être stable sous l'effet de la gravité (pas de ségrégation) et présenter une capacité de ressuage limitée. L'absence de ségrégation visuelle lors de l'essai d'étalement au cône d'Abrams n'est pas suffisante.

I.4.3. Formulation du béton autoplaçant

Plusieurs approches de formulation des BAP ont été élaborées à travers le monde (approche japonaise, approche suédoise, approche du LCPC, etc.) pour répondre aux exigences d'ouvrabilité de ce type de béton.

On a utilisé la méthode japonaise

I.4.3.1. Méthode japonaise : [13]

La formulation des BAP par l'approche développée à l'Université de Kochi se fait de manière sécuritaire, en privilégiant le volume de pâte au détriment des granulats. Les bétons obtenus sont sous dosés en granulats et par conséquent loin d'un optimum économique.

I.5. GENERALITES SUR LES DECHETS

I.5.1. Définition des déchets

un déchet est tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. Autrement dit, tout élément qui est abandonné est un déchet. Ce n'est pas pour autant que cet élément est inutilisable, en l'état ou après modification. Seuls les déchets qualifiés d'ultimes sont réellement inutilisables et doivent être stockés pour éviter des pollutions de l'environnement. [14]

I.6. BETON A BASE DES DECHETS DE BOIS

1.6.1. Généralité

Les bétons de bois sont des bétons végétaux, ce sont des composites généralement constitués d'une matrice (ciment ou chaux), de granulats naturels (sable et gravillons) ainsi que d'une charge végétale provenant d'une essence de bois et couramment appelée inclusion végétale. Il existe une multitude d'inclusions végétales pouvant servir à la fabrication de composites cimentaires à base végétale. Ces inclusions végétales sont retrouvées sous différentes dimensions (tailles) et formes. Dans la littérature les copeaux de bois provenant de noix de coco, de sisal, d'eucalyptus, balles de riz, mauve, chanvre, sous-produit bois, bagasse et de lin sont souvent employées sous forme de fibres courtes ou longues pour la confection de composites cimentaires. Les inclusions végétales sont également retrouvées sous forme de cendre, des copeaux et de sciure.

I.6.2. Domaine d'utilisation des déchets de bois dans le béton

➤ I.6.2.a. Béton léger à base de fibres de bois (déchets industriels)

Cette étude a été réalisée par M/A. BOUABDALLAH [35]. L'objet de leur étude est le béton léger à base de granulats de fibres de bois non traitées, ces fibres représentent des granulats à faible densité. Ces fibres proviennent des déchets industriels, l'incorporation des fibres de bois dans le béton leur a permis de créer un matériau composite Béton de Bois Léger (BBL) qui a de nombreuses propriétés de légèreté, d'isolation thermique et d'absorption acoustique.

L'amélioration des caractéristiques des matériaux et le recyclage ce sont deux combinaisons qui représentent un défi pour les nations industrielles, c'est pour cette raison que les auteurs ont procédé à la confection d'un béton bois léger (BBL) avec une résistance considérable à la compression.

➤ I.6.2.b. Béton de sable léger à base des déchets de concassage et de menuiserie de bois

Ce travail a été réalisé par BEDERINA [15]. Il rentre dans le cadre de la valorisation des matériaux locaux et le recyclage des déchets industriels. Le matériau valorisé est un sable de dune existant en grandes quantités dans le sud algérien et les déchets recyclés sont des fillers calcaires provenant des déchets de concassage des carrières locales et des copeaux de bois provenant des déchets de la menuiserie.

Cette étude a pour but la mise au point d'un béton de sable léger préparé essentiellement de

sable de dune et de fillers et allégé par ajout de copeaux de bois. Les proportions envisagées vont de 0 à 400 kg/m³ pour les fillers et de 0 à 160 kg/m³ pour les copeaux de bois.

Les résultats montrent que l'ajout des fillers augmente la résistance du béton de sable et l'incorporation des copeaux de bois l'allège et le rend plus isolant. Il convient de noter, que selon la proportion de copeaux de bois incorporés, il est possible d'obtenir des résistances intéressantes qui permettent l'utilisation du matériau comme un béton léger de structure. L'observation du matériau au microscope montre une structure relativement homogène avec une bonne adhérence béton-bois.

➤ **I.6.2.c. Béton de sable à base des déchets de bois**

Cette recherche réalisée par GHOTEICHA [16], s'est intéressé à l'élaboration d'un béton léger apportant ainsi une alternative intéressante au béton classique sur le plan économique et environnemental.

La voie envisagée dans ce travail est orientée vers la valorisation des matériaux locaux qui sont les sables, fillers calcaire et déchets de bois pour le développement de nouveaux matériaux de construction légers.

Comme résultat l'étude expérimentale a montré que l'allègement du béton de sable par des copeaux de bois réduit la densité du composite, diminue nettement la résistance mécanique et engendre un retrait plus important avec le dosage croissant en copeaux.

Pour améliorer les performances mécaniques et réduire le retrait, les auteurs ont effectué des traitements sur les copeaux de bois par enrobage. Les copeaux traités ont donné une amélioration remarquable sur les performances mécaniques du composite cela est due au fait que les copeaux après traitement deviennent chimiquement compatibles avec le ciment.

I.7. LE BOIS

Le bois est une végétale spermatophyte (qui produit des graines) subdivisé en deux familles : Les Angiospermes communément appelés feuillus ou arbres à bois dure et les Gymnospermes appelés communément conifères ou arbres à bois tendre. Ces deux familles de bois sont différenciées par leurs origines, leurs anatomies et par leurs compositions chimiques. Ces différences sont fortement influencées par le climat. Les Angiospermes sont apparus au crétacé, il y a environ 100 millions d'années [17]. Les conifères généralement présentes sous forme d'arbre ou arbustes, sont apparus au carbonifère (il y a environ 270 millions d'années).

Chacune de ces familles est constituée de milliers d'essences différentes. Les feuillus et les résineux occupent respectivement 67% et 33 % de la forêt française.

I.7.1. Types des déchets de bois

I.7.1.1 Les copeaux de bois : Les copeaux de bois des plaquettes minces avec une masse volumique de 100kg/m^3



Figure I .01. Les copeaux de bois.

I.7.2.2 Sciure de bois : (forme de poudre) désigne l'ensemble des résidus et des copeaux produits par le sciage de bois la masse volumique est égale 350kg/m^3



Figure I .02. Sciure de bois.

I.7.1.3 Granulats de bois : Est un cylindre de sciure de bois compressée sans aucun agent de liaison avec un Diamètre entre 6 à 8 mm et un Longueur environ 3 cm et une masse volumique : $> 650 \text{ kg au m}^3$.



Figure I .03. Granulats de bois

I.7.1.4 Le bois déchiqueté ou plaquette forestière : Est fabriqué grâce au déchiquetage ou au broyage des résidus de l'entretien et de l'exploitation des forêts, haies et espaces non forestiers. Un temps de séchage est nécessaire, séchage qui est généralement effectué pendant une durée de 6 mois à 1 an.

- Taille : 3cm x 1 cm x 0,5 cm
- Masse volumique : environ 250 kg / m^3



Figure I .04. Le bois déchiqueté.

I.9. DIFFÉRENTES UTILISATIONS DES BÉTONS À BASE DES COPEAUX DE BOIS

Les bétons à base des copeaux de bois se caractérisent par des faibles propriétés mécaniques. Cette caractéristique limite principalement leur utilisation à des structures non porteuses, ayant pour objectif d'exploiter leur comportement thermo-acoustique ou leur légèreté. Il est

toutefois nécessaire de s'assurer du caractère autoporteur des structures fabriquées par ces bétons, leur permettant de supporter leur poids propre.

- Les différentes utilisations sont les suivantes :

Dans les murs non porteurs et les cloisons, les bétons à base des copeaux de bois sont utilisés pour leur légèreté et leur performance thermique. Leur résistance mécanique est suffisante pour ce type de structure. La technique de fabrication la plus répandue est la préfabrication.

La légèreté du béton à base des copeaux de bois permet de fabriquer des blocs, briques ou parpaings de dimensions plus importantes que celles de leurs équivalents en béton traditionnel, ce qui assure une mise en place rapide et améliore la productivité. De plus, le traitement de points particuliers d'un bâtiment (tels que les angles par exemple) est facilité par le fait que les blocs puissent être sciés. Pour des dallages sur terre-plein ou des planchers d'étage, les bétons à base des copeaux de bois sont utilisés pour leurs performances thermiques et phoniques. Ils permettent d'assurer des séparations entre étages très confortables et plus légères que les séparations traditionnelles. On peut donc les utiliser pour les hourdis (qui jouent le rôle d'un coffrage perdu) ou en préfabrication des dallages. Le caractère clouable et vissable des éléments facilite leur mise en œuvre. Le béton à base des copeaux de bois est aussi utilisé pour le remplissage des parois d'une ossature en bois (technique dite de banchage). Dans cette application, il ne joue donc pas de rôle porteur et son avantage réside dans ses propriétés d'isolation thermique et phonique ainsi que dans sa légèreté. Le béton est versé généralement entre des banches en bois et compacté manuellement. On peut aussi utiliser des blocs présentant des réservations pour les ossatures. Le béton à base des copeaux de bois est également un matériau bien adapté pour une utilisation en réhabilitation du patrimoine. Les chapes et les dalles isolantes sur planchers existants permettent d'améliorer la résistance thermique conductivité et donc de favoriser les économies d'énergie. Ce type de matériaux est adapté à ce type d'application du fait de sa facilité de mise en œuvre par pompage ou simple coulage, de sa légèreté et de ses comportements acoustique et hygrothermique. Du fait de ses bonnes capacités acoustiques, le béton à base des copeaux de bois permet d'assurer la fonction principale des structures anti bruits. Les éléments de ces structures peuvent être constitués d'une partie en béton à base des copeaux de bois qui leur apporte le comportement acoustique, associée à des ossatures en béton traditionnel ou métalliques pour en assurer la résistance. L'intérêt de ces structures vis à vis de murs anti bruits plus traditionnels réside dans le gain de productivité lié à l'usinabilité et à la préfabrication. [18]

CONCLUSION

D'après cette étude bibliographique, nous déduisons que la valorisation des déchets de la menuiserie soit les copeaux ou bien, les sciures de bois nous conduira à la fabrication d'un béton innovant «béton de bois», qui présenter plusieurs avantages écologiques, et économiques, de plus sa résistance acceptable, ce type de béton peut utiliser largement dans les constructions d'habitation, d'administration, des éléments préfabriqués....etc, selon la nécessité et tout dépend leur caractéristique.

Nous présentons aussi dans cette recherche les différents types des bétons ordinaire(BO), à haute performance(BHP) et autoplaçant(BAP) chargés des copeaux de bois.

INTRODUCTION

Dans cette étude, nous présentons les résultats d'une étude expérimentale portant sur l'évaluation des effets de dosage des copeaux de bois sur les propriétés physico-mécaniques des bétons ordinaire ; à haute performance et autoplaçant à l'état frais et durci.

Des essais de compression ont été réalisés sur des différentes éprouvettes cubiques (10x10x10) cm, pour chaque mélange nous avons utilisé 3 éprouvettes.

Ces essais permettent d'étudier l'influence du dosage des copeaux de bois sur les caractéristiques physico-mécaniques du matériau.

II. 1. ESSAIS DE CARACTERISATION DES MATERIAUX

II.1.1. L'analyse granulométrique (NF P 18-56)

L'analyse granulométrique permet de déterminer et d'observer les différents diamètres de grains qui constituent un échantillon. Pour cela l'analyse consiste à séparer et classer ces grains selon leur diamètre à l'aide de tamis, emboîtés les uns sur les autres dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas (Figure II.01). L'échantillon étudié est mis sur le tamis supérieur et le classement des grains est obtenu par vibration de la colonne de tamis [18].

- Verser l'échantillon séché dans la colonne des tamis classés de haut et en bas dans l'ordre de maille décroissante.
- Agiter manuellement ou mécaniquement cette colonne puis prendre et agiter un par un les tamis en commençant par celui qui a la plus grande ouverture en adoptant un fond et un couvercle. Le tamisage est considéré terminé lorsque le refus ne se modifie pas de plus de 1% en une minute de tamisage.
- Peser le refus dans chaque tamis, et cumuler avec les précédents.

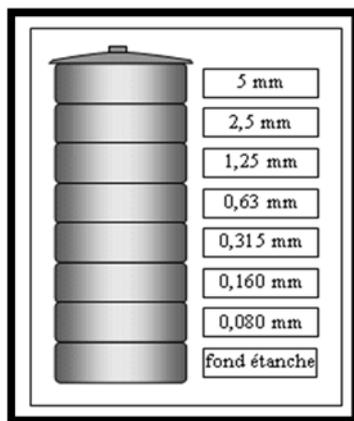


Figure II.01. Tamis d'analyse granulométrique.

II.1.2. Module de finesse (XP P 18-540)

La norme XP P 18-540 définit le module de finesse d'un sable qui caractérise sa granularité, comme le 1/100 de la somme des refus, exprimés en pourcentage, sur les différents tamis de la série suivante : (0.16 – 0.315 – 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5 mm).

II.1.3. Mesure de la propreté (l'essai d'équivalent de sable) (NF EN 933-8)

L'essai a été réalisé selon la norme NF EN 933-8.

La figure II.02 montre un schéma de la procédure.

L'équivalent de sable visuel est donné par la formule suivante :

$$ES = \frac{h_1}{h_2} \times 100\%. \dots\dots\dots (II.1)$$

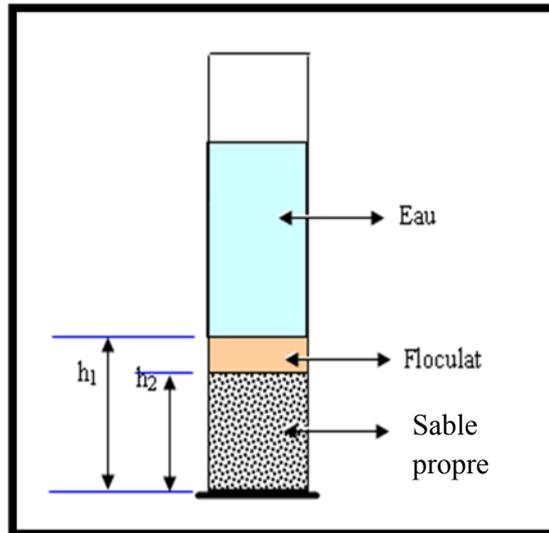


Figure II.02. Equivalent de sable.

II.1.4 La masse volumique apparente (NF EN 1097-3)

La masse volumique apparente, est la masse d'un corps par unité de volume y compris les vides entre les grains. Cet essai est réalisé selon la norme NF EN 1097-3.

La figure II.03 montre la mesure de la masse volumique apparente.



Figure II.03. Mesure de la masse volumique apparente.

L'essai consiste à remplir un récipient vide de volume connu de matériau sec sans le tasser et à peser ensuite cette quantité de matériau.

$$\rho = \frac{M}{V} \text{ g/cm}^3 \dots\dots(\text{II.2})$$

M : Est la masse de l'échantillon à l'état sec en gramme.

V : Volume de l'échantillon en centimètre cube.

II.2. MATERIAUX UTILISE

II.2.1 Le ciment

Le ciment utilisé dans cette étude est un ciment portland composé de classe CPJ-CEM II/A 42,5 répondant à la norme Algérienne NA 442 [19], dont la composition minéralogique est calculée suivant la méthode de BOUGUE et la composition chimique est réalisée par le laboratoire de la cimenterie de HDJAR ESSOUD wilaya de SKIKDA, le tableau II.01 illustre ces compositions :

Masse volumique absolue	Masse volumique apparente	Surface spécifique Blaine	Composition minéralogique						
			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF			
3000 kg/m ³	1020 kg/m ³	3480 g/cm ²	58,2 %	18,5 %	9,3 %	8,2 %			
Consistance normal	Début de prise	Fin de prise	Composition chimique						
			CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	CaO libre
27 %	1h : 40min	4h : 50min	60,41%	21,91 %	5,19%	2,94%	1,6%	2,19%	1,01 %

Tableau II. 01. Caractéristique physique et chimique du ciment.[20]

II.2.2 L'eau de gâchage

L'eau potable sert de référence pour la formulation du béton à cause de sa disponibilité (distribuée par les services publics). L'eau utilisée ne doit pas présenter un excès d'impureté qui peuvent détériorée les propriétés du béton (résistance, propriétés esthétiques). Une partie de l'eau ajoutée au béton est mobilisée par les granulats (absorption, adsorption), alors qu'une deuxième partie est consommée par l'hydratation, et une troisième partie reste libre dans la matrice du béton. Cette dernière est principalement responsable de la fluidité du béton. Dans cette étude, on a utilisé l'eau potable du robinet du laboratoire de Génie Civil de l'université Annaba.

II.2.3 Les composants solides

II.2.3.1 Le sable

Nous avons utilisé un sable de dune figure II.04 provenant de la région de BOUTHELDJA (Wilaya d'EL-TARF), avec un module de finesse de 2.21.



Figure II.04. Sable de dune.

➤ L'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique du sable de dune est présentée dans le tableau II.02 :

N° Tamis	Mi (g)	a i (%)	Ai	Tamisât (%)
5	0	0	0	100
3.15	4,86	0,48604763	0,48604763	99,5139524
2.5	5,171	0,51715068	1,00319831	98,9968017
1.6	13,399	1,34003132	2,34322964	97,6567704
1.25	23,241	2,32432778	4,66755742	95,3324426
1	26,458	2,64605931	7,31361673	92,6863833
0,63	269,393	26,9419403	34,255557	65,744443
0.315	513,254	51,3304304	85,5859874	14,4140126
0,16	107,487	10,7497535	96,3357409	3,6642591
0,125	23,361	2,33632896	98,6720699	1,32793014
0.08	6,253	0,62536129	99,2974311	0,70256885
fond	7,025	0,70256885	100	0
Somme	999.902			

Tableau II.02. Granulométrique du sable de dune.

II.2.3.2 Le gravier 3/8

Dans cette étude, nous avons utilisé un gravier concassé. Ils présentent une granulométrie continue.

Le tableau II.03 Présente l'analyse granulométrique du gravier 3/8.

N° Tamis	Mi (g)	a i (%)	Ai	Tamisât (%)
8	0,6	0,0375474	0,0375474	99,9624526
6,3	1173,61	73,4433472	73,4808946	26,5191054
5	248,1	15,5258514	89,006746	10,993254
4	129,98	8,1340192	97,1407652	2,85923478
3	32,53	2,03569507	99,1764603	0,82353972
fond	13,16	0,82353972	100	0
Somme	1597.98			

Tableau II.03. L'analyse granulométrique du gravier 3/8.

II.2.3.3 Gravier 8/16

Le gravier utilisé dans cette étude est un granulat concassé de roche calcaire provient de la même compagne locale du gravillon3/8. Il présente une granulométrie continue Tableau II.04.

N° Tamis	Mi (g)	a i (%)	Ai	Tamisât (%)
16	5,99	0,1879	0,1879	99,8121
12.5	759,40	23,832	24,0199	75,980
10	1513,77	47,5061	71,526	28,474
8	777,93	24,4135	95,9395	4,0605
Fond	129.38	4,0602	100	0

Tableau II.04. L'analyse granulométrique du gravier 8/16.

Le tableau II.05 rassemble les principales caractéristiques des granulats et la moyenne des valeurs mesurées.

Caractéristiques	Sable roulé	Gravillon concassé	Gravier concassé	Unité	La norme
Masse volumique apparente	1380	1390	1360	(Kg/m ³)	NF P 18 554 et 18 555.
Masse volumique absolue	2 600	2450	2450	(Kg/m ³)	NF EN 1097-3
Module de finesse	2.21	-	-	-	NF 18-540
Equivalent de sable visuel	84.72	-	-	(%)	NF EN 933-8
d/D	0/5	3/8	8/16	-	-
Résistance à la fragmentation (los Angeles)	-	23	23	(%)	NF P 18-573
Résistance à l'usure (Micro-Deval)	-	16	16	(%)	
Coefficient d'aplatissement	-	8	8	(%)	NF P 18-561
Absorption d'eau	-	0,2	0,2	(%)	NF P 18 554 et 18 555

Tableau II.05. Caractéristique des granulats[20]

II.2.4. Les copeaux de bois

Les copeaux de bois utilisés proviennent des déchets de la menuiserie, plus particulièrement, des déchets résultant des travaux défonçage et des rabotages. Il présente un aspect de forme irrégulière, avec une limite granulométrique supérieure voisine de 8 mm et une limite granulométrique inférieure voisine de 0.1mm. Toutes ces caractéristiques n'ont aucune importance relative en raison du manque de rigidité et de la géométrie des copeaux.

II.2.4.1. Le bois

Dans ce travail nous avons utilisé un seul type de copeaux de bois est :

- **Sciages bois Rouge**, d'origine de Suède, Essence : Pin Sylvestre. Qualité : selon les normes de classement Européennes NF EN 1611, équivalent à US, Vème, VI selon les règles de classement de Scandinavie.

II.2.4.2. les propriétés physique des copeaux de bois :

a) **Densité** : la densité des copeaux de bois est généralement inférieure 0.6 kg/l en raison des vides dans sa structure. Cette densité varie fortement selon un certain nombre de paramètres : l'essence, son degré d'humidité, la géométrie. On exprime cette densité normalement pour un taux d'humidité égal à 15 % (la moyenne est entre l'état anhydre et l'état de saturation).

b) **Propriétés isolantes** : les copeaux de bois au bien le bois d'une façon générale est un mauvais conducteur de la chaleur. Cependant sa conductibilité thermique est très variable en fonction de son degré d'humidité, de sa densité et de l'essence considérée.

II.2.4.3. Analyse granulométrique des copeaux de bois :

Les copeaux de bois utilisés proviennent des déchets de menuiserie. Ils présentent un aspect de forme irrégulière, avec une limite granulométrique supérieur voisine de 12,5 mm et une limite granulométrique inférieure voisine de 3.15mm. Toutes ces caractéristiques n'ont aucune importance relative en raison du manque de rigidité et de la géométrie des copeaux.

La figure II.05 présente une courbe granulométrique des copeaux de bois.

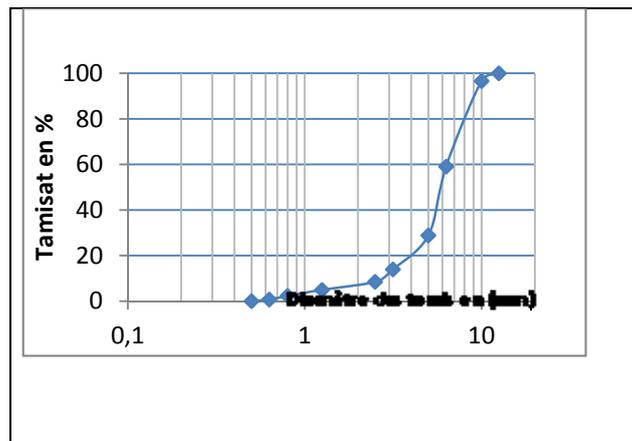


Figure II.05. Courbe granulométrique des copeaux de bois.

Nous nous sommes intéressés à la structure du copeau de bois d'où des observations confocales ont été effectuées : la structure du copeau (figure II.06).

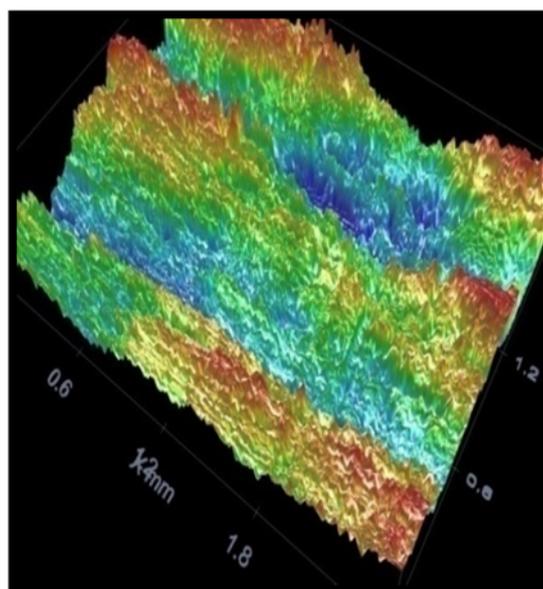


Figure II.06. Observations confocales des copeaux de bois utilisés [20]

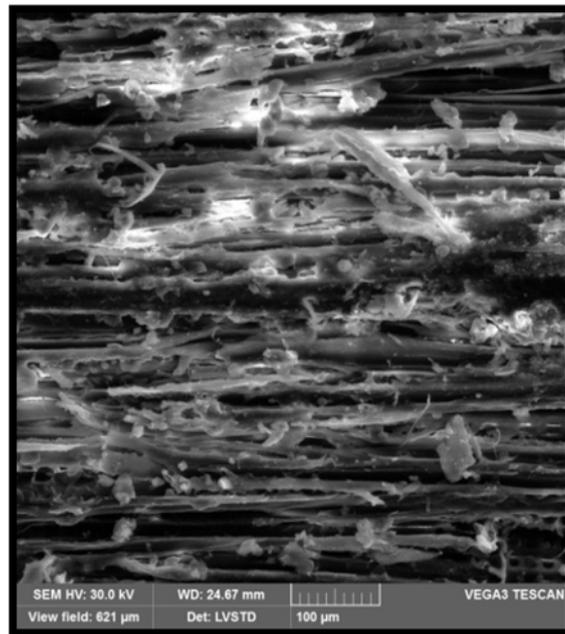


Figure II.07. Observation au MEB des copeaux de bois

Des observations au MEB ont été également réalisées (Figure II.07), pour pouvoir discuter la structure microscopique des copeaux de bois utilisés. On peut clairement constater que les copeaux de bois présentent un matériau relativement compacté.

II.2.4.2. Copeaux de bois non traité "mouillé"

Nous avons immergé les copeaux de bois dans l'eau jusqu'à leur saturation, avant les introduire dans le mélange ensuite les ajoutés dans le mélange (Figure II.08).



Figure II.08. Copeaux de bois immergés dans l'eau.

II.2.6. Additions minérales :

Un béton doit contenir un certain volume de fines, pour assurer sa stabilité à l'état frais.

Lorsque ce volume est occupé intégralement par du ciment Portland, il fournit au matériau Durci un niveau de performance excessif par rapport aux spécifications, il est naturel de l'occuper en partie avec des matériaux fins, moins réactifs que le clinker mais d'un coût inférieur ; notamment sur les plans énergétiques et environnementaux. Ces additions minérales peuvent être mélangées au ciment lors de sa fabrication (ciments composés) ou ajoutées directement dans le malaxeur à béton [21].

Dans notre sujet de recherche, nous avons utilisé un fillers de calcaire.

II.3. FORMULATION DES BETONS

II.3.1. Formulation du béton ordinaire par la méthode de Dreux-Gorisse.

La composition des bétons de cette étude est calculée par la méthode de Dreux-Gorisse.

La propriété mesurée à l'état frais est la maniabilité déterminée par l'affaissement au cône d'ABRAMS.

II.3.1.1 Données de base

Le but de cette formulation est de produire un béton courant de résistance caractéristique envisagée en compression de 30 MPa à 28 jours.

Le dosage en granulats :

On trace la référence OAB de la courbe granulométrique et on calcul les points :

O(0,0), A(X, Y), B (D_{\max} , 100%), la figure 11 illustre la procédure.

$$D_{\max} = 16 \text{ mm}$$

$$X = \frac{D_{\max}}{2}$$

$$X = 8 \text{ mm}$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s$$

On utilise des granulats concassé de $D \leq 16 \text{ mm}$ et une vibration moyenne donc :

$$K = 0 \quad (\text{d'après Dreux})$$

$$K_s = 6 M_f - 15$$

$$K_s = - 2$$

II.3.1.2. La courbe granulométrique

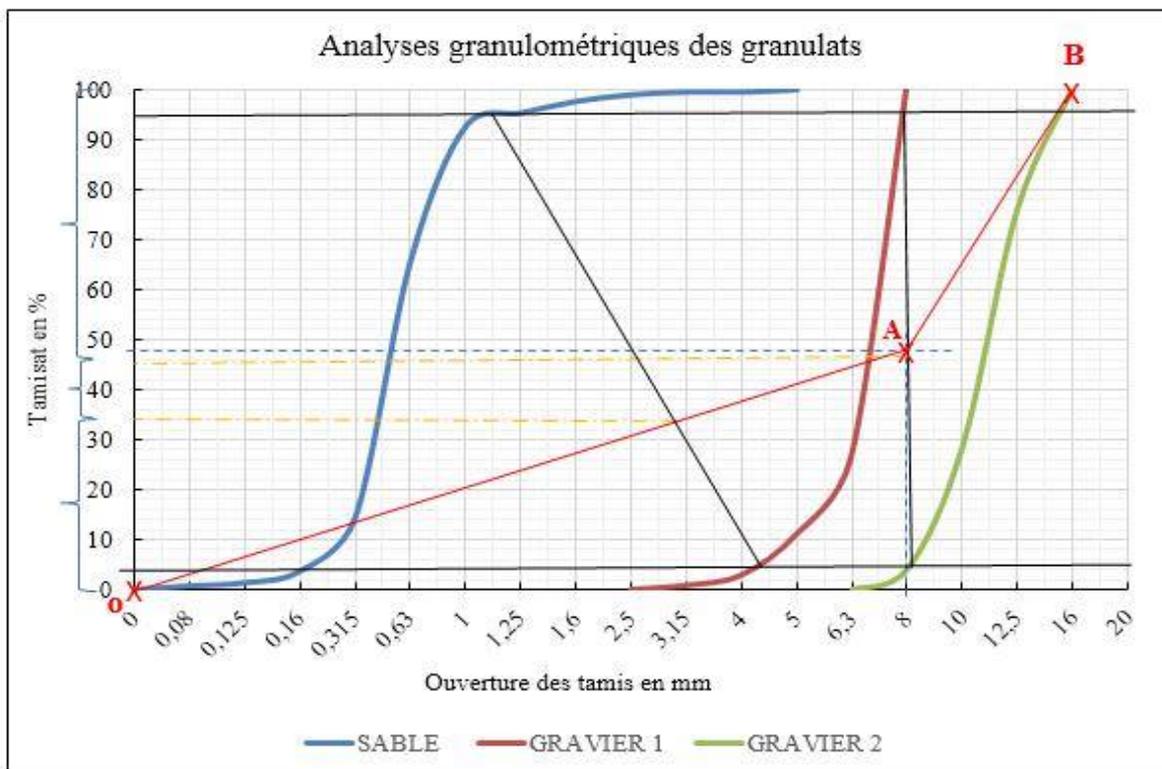


Figure II.11. Courbe granulométrique.

Le pourcentage des granulats d'après cette référence est donné sur le tableau.

Sable (0/5)	Gravier (3/8)	Gravier (8/16)
35%	10%	55%

Tableau II.06. Les pourcentages des granulats.

II.3.1.3. Formulation du béton avec les copeaux de bois.

Exemple:

$$G_{3/8} = 192.4 \text{kg/m}^3 \rightarrow V = \frac{1.924}{0.6} = 3.21 \text{l} \rightarrow 3.21 \text{l} * 2.45 \text{kg/l} = 7.865 \text{kg}$$

$$G_{8/16} = 1057.78 \text{kg/m}^3 \rightarrow V = \frac{10.58}{0.6} = 17.63 \text{l} \rightarrow 17.63 \text{l} * 2.45 \text{kg/l} = 43.20 \text{kg}$$

$$G_{3/8} = 192.4 - 7.865 = 184.54 \text{kg/m}^3$$

$$G_{8/16} = 1057.78 - 43.20 = 1014.58 \text{kg/m}^3$$

Le tableau suivant résume les dosages des constituants en Kg/m³ pour chaque type de béton :

Type des bétons					Dosages des constituants (Kg/m ³)			
	A-C (cm)	E/C	Ciment	Eau	Sable	Gravillon	Gravier	Cop de bois
BO	8	0.55	400	208	708.8	192.4	1057.78	-
BN₁	7.2	0.55	400	208	708.8	184.54	1014.58	12.5
BN₂	6.5	0.55	400	208	708.8	176.67	971.38	25
BN₃	5.3	0.55	400	208	708.8	168.81	928.18	37.5
BN₄	4.7	0.55	400	208	708.8	160.95	884.98	50
BN₅	4	0.55	400	208	708.8	153.95	841.78	62.5
BN₆	3.5	0.55	400	208	708.8	145.22	798.58	75

Tableau II.07. La formulation des bétons

Nous avons dénommé les bétons de la manière suivante :

BO : béton ordinaire (témoin)

BN₁ : béton ordinaire chargé de copeaux de bois non traités (1% copeaux)

BN₂ : béton ordinaire chargé de copeaux de bois non traités (2% copeaux)

BN₃ : béton ordinaire chargé de copeaux de bois non traités (3% copeaux)

BN₄ : béton ordinaire chargé de copeaux de bois non traités (4% copeaux)

BN₅ : béton ordinaire chargé de copeaux de bois non traités (5% copeaux)

BN₆ : béton ordinaire chargé de copeaux de bois non traités (6% copeaux)

II.3.2. Formulation du béton autoplaçant "BAP"

Nous avons utilisés la méthode japonaise.

II.3.2.1 La composition d'un 1m³ de béton :

Dosage en ciment : on pose C = 400kg

Dosage en filler :

$$\frac{F}{C} + F = 0.33$$

$$F_{LC} = 197 \text{kg/m}^3$$

Dosage en eau :

$$\frac{E}{F} + C = 0.35$$

$$E = 209 \text{L}$$

Rapport E/C : $\frac{E}{C} = 0.52$

Dosage en sable :

$$V_S = 40\% * V_{\text{mortier}}$$

$$V_{\text{mortier}} = 1000 - V_{GG} = 1000 - 294.6 = 705.4$$

$$\text{Donc } V_S = 292.24$$

Dosage en granulats :

On trace la référence OAB de la courbe granulométrique et on calcul les points :

O(0,0), A(X, Y), B (D_{max}, 100%).

$$D_{\text{max}} = 16 \text{mm}$$

$$X = \frac{D_{\text{max}}}{2} = 8 \text{mm}$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_p + K_s = 56.6 \text{cm}$$

Dosage en SP :

$$SP = 1.4\% \text{ liant} = 1.4 * \frac{400}{100} = 5.6 \text{kg/m}^3$$

II.3.2.2. Formulation du béton autoplaçant avec les copeaux de bois :

$$G_{3/8} = 200\text{kg/m}^3 \rightarrow V = \frac{2}{0.6} = 3.33\text{l} \rightarrow 3.33\text{l} * 2.45\text{kg/l} = 8.16\text{kg}$$

$$G_{8/16} = 566\text{kg/m}^3 \rightarrow V = \frac{5.66}{0.6} = 9.45\text{l} \rightarrow 9.45\text{l} * 2.45\text{kg/l} = 23.15\text{kg}$$

Pour 1% :

$$G_{3/8} = 200 - 8.16 = 191.84\text{kg/m}^3$$

$$G_{8/16} = 566 - 23.15 = 542.85\text{kg/m}^3$$

Le tableau suivant résume les dosages des constituants en Kg/m³ pour chaque type de béton :

Type des bétons	Dosages des constituants (Kg/m ³)										
	A-C (cm)	F _{C28} MPa	E/C	Ciment	Eau	Sable	F _{LC}	g(3/8)	g(8/16)	SP	Cop de bois
BAP	74.5	42	0.52	400	209	760	197	200	566	5.6	-
BAP₁	70.3	20	0.52	400	209	760	197	191.84	542.85	5.6	7.66
BAP₂	68.2	14.1	0.52	400	209	760	197	183.68	519.78	5.6	15.32
BAP₃	65	13	0.52	400	209	760	197	175.52	496.67	5.6	22.98
BAP₄	62.9	11.3	0.52	400	209	760	197	167.36	473.56	5.6	30.64
BAP₅	60.4	10	0.52	400	209	760	197	159.20	450.45	5.6	38.3
BAP₆	57	6.5	0.52	400	209	760	197	151.05	427.34	5.6	45.96

Tableau II.08. La formulation des bétons

Nous avons dénommé les bétons de la manière suivante :

BAP : béton autoplaçant témoin sans fibre

BAP₁ : béton autoplaçant chargé de copeaux de bois non traités (1% copeaux)

BAP₂ : béton autoplaçant chargé de copeaux de bois non traités (2% copeaux)

BAP₃ : béton autoplaçant chargé de copeaux de bois non traités (3% copeaux)

BAP₄ : béton autoplaçant chargé de copeaux de bois non traités (4% copeaux)

BAP₅ : béton autoplaçant chargé de copeaux de bois non traités (5% copeaux)

BAP₆ : béton autoplaçant chargé de copeaux de bois non traités (6% copeaux)



Figure II.12. Formulation d'un béton autoplaçant avec copeaux de bois.

II.3.3. Formulation du béton à haute performance BHP

Nous avons utilisés la méthode des coulis AFREM avec Dreux-Gorisse

II.3.3.1. La composition d'un 1m³ de béton :

Rapport E/L :

Résistance visé = 60 MPa à 28 jrs.

$$\frac{E}{L} = 0.27$$

Sp : point de saturation est 1%

E = 160 l/m d'après le point de saturation

Dosage en liant :

$$L = \frac{E}{E/L} = \frac{160}{0.27} = 592.59 \text{ kg/m}^3$$

Dosage en filler :

$$F = 20\% \text{ Liant} = 0.2 * 592.59 = 118.52 \text{ kg}$$

Dosage en ciment :

$$C = L - F = 592.59 - 118.52 = 474.07 \text{ kg}$$

Dosage en gros granulats :

On trace la référence OAB de la courbe granulométrique et on calcul les points :

O(0,0), A(X, Y), B (D_{max}, 100%),

$$D_{\text{max}} = 16 \text{ mm}$$

$$X = \frac{D_{\text{max}}}{2} = 8 \text{ mm}$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_p + K_s = 44.06 \text{ mm}$$

Dosage en SP :

► **Dosage en sable :**

$$1000 = V_C + V_{FL} + V_{SP} + V_E + V_{GG} + V_S$$

$$V_S = 207.53 \text{ L}$$

II.3.3.2. Formulation du béton à haute performance avec les copeaux de bois : pour 1m³

Exemple :

$$G_{3/8} = 147 \text{ kg/m}^3 \rightarrow V_{3/8} = \frac{1.47}{0.6} = 2.45 \rightarrow 2.45 \text{ l} * 2.45 \text{ kg/l} = 6.0025 \text{ kg}$$

$$G_{8/16} = 903 \text{ kg/m}^3 \rightarrow V_{8/16} = \frac{9.03}{0.6} = 15.05 \rightarrow 15.05 \text{ l} * 2.45 \text{ kg/l} = 36.87 \text{ kg}$$

Pour 1% copeaux de bois :

$$G_{3/8} = 147 - 6.0025 = 141 \text{ kg/m}^3$$

$$G_{8/16} = 903 - 36.87 = 866.13 \text{ kg/m}^3$$

Le tableau suivant résume les dosages des constituants en Kg/m³ pour chaque type de béton :

Type des bétons				Dosages des constituants (Kg/m ³)							
	A-C (cm)	Fc28 MPa	E/C	Ciment	Eau	Sable	FLC	g(3/8)	g(8/16)	SP	Cop de bois
BHP	14.8	67	0.27	474.07	160	539.58	118.52	147	903	5.93	-
BHP₁	13.6	40	0.27	474.07	160	539.58	118.52	141	866.13	5.93	10.5
BHP₂	12.4	31	0.27	474.07	160	539.58	118.52	135	829.25	5.93	21
BHP₃	11.5	24	0.27	474.07	160	539.58	118.52	129	792.39	5.93	31.5
BHP₄	10.7	17	0.27	474.07	160	539.58	118.52	123	755.52	5.93	42
BHP₅	10	12	0.27	474.07	160	539.58	118.52	117	718.65	5.93	53.5
BHP₆	9.5	9	0.27	474.07	160	539.58	118.52	110.98	681.78	5.93	64

Tableau II.09. La formulation des bétons

Nous avons dénommé les bétons de la manière suivante :

BHP :béton à haute performance témoin sans fibre

BHP₁ :béton à haute performance chargé de copeaux de bois non traités (1% copeaux)

BHP₂ :béton à haute performance chargé de copeaux de bois non traités (2% copeaux)

BHP₃ :béton à haute performance chargé de copeaux de bois non traités (3% copeaux)

BHP₄ :béton à haute performance chargé de copeaux de bois non traités (4% copeaux)

BHP₅ :béton à haute performance chargé de copeaux de bois non traités (5% copeaux)

BHP₆ :béton à haute performance chargé de copeaux de bois non traités (6% copeaux)

II.4. PREPARATION ET CONSERVATION DES EPROUVETTES

Le malaxage du béton a été réalisé à l'aide de deux bétonnières l'une a de capacité de 30 L et l'autre a de capacité de 45L , qui assurent le mélange des constituants par simple rotation de la cuve, suivant un axe qui peut être horizontal ou légèrement incliné.

L'introduction des matériaux dans les bétonnières se fait par ordre suivant : gravillon, ciment, fillers, sable, et les copeaux (le béton témoin sans copeaux). Après malaxage à sec pendant 01min pour homogénéiser le mélange, on ajoute l'eau, superplastifiants et on fait un malaxage de 2 min.

- Après le malaxage directement, on fait l'essai d'affaissement.
- Pour chaque mélange nous utilisons 3 moules.

II.5. TESTE ET APPAREILLAGES UTILISES

II.5.1. Formulation des bétons d'étude

La composition du béton ordinaire de cette étude est calculée par la méthode de Dreux.

La composition du béton autoplaçant de cette étude est calculée par la méthode Japonaise.

La composition du béton à haute performance de cette étude est calculée par la méthode des coulis AFREM.

II.5.2. Malaxage (NF EN 206-1)

Dans notre cas les matériaux (gravier (3/8) et (8/16), sable (0/5), ciment) et (fillers dans les BAP et BHP) sont malaxés à sec pendant 1 min dans une bétonnière à axe incliné, et le malaxage en présence d'eau de gâchage et (superplastifiants dans les BAP et BHP) est de 2 min.

II.5.3. L'affaissement (NF EN 12350-2)

Cet essai est effectué conformément aux prescriptions de la norme «NF EN 12350-2». C'est l'essai de mesure de consistance le plus employé et le plus connu universellement. Le moule utilisé pour réaliser cet essai est un cône tronqué de 30cm de hauteur Placé sur une surface lisse, la petite ouverture vers le haut, le cône est rempli de béton en trois couches d'égal volume. Chacune des couches est compactée avec 25 coups d'une tige métallique normalisée de 1,6 cm de diamètre, dont l'extrémité est arrondie. Une fois le cône rempli, le dessus de la surface doit être arasé en se servant de la tige et en effectuant des mouvements de va et vient. Durant ces opérations, le cône doit demeurer fixe sur la base lisse ; des écrous de serrage, situés à la base du cône, permettent de le maintenir immobile.

Après remplissage, le cône est relevé lentement et le béton s'affaisse, la différence entre la hauteur du béton affaissé et la hauteur du cône est appelée l'affaissement.

La valeur de l'affaissement est exprimée en cm. Voir la figure II.13.



Figure II.13. Essai d'affaissement au cône d'Abrams.

II.5.4.l'étalement

Pour la détermination de l'étalement (Slump Flow) on utilise le même cône que celui normalement utilisé pour l'essai d'affaissement. Ce cône est placé sur une plaque d'étalement, à surface propre et humidifiée et de dimension suffisante (≥ 800 par 900 mm), puis il est rempli de BAP. Le cône est ensuite soulevé et le BAP en sort en formant une galette qui s'élargit sous sa propre énergie, sans qu'il soit nécessaire de soulever et de laisser retomber la plaque, comme dans l'essai classique d'étalement. La valeur de l'étalement correspond au diamètre moyen de la galette de béton ainsi obtenue qui devrait être comprise entre 600 et 800



Figure II.14. Détermination de l'étalement.

II.5.5. Essai de la boîte en « L » écoulement en milieu confiné

La cohésion du béton, sa mobilité en milieu confinée son aptitude à traverser une zone fortement armée peut se mesurer avec l'essai de la boîte en forme de L. Cet essai permet de vérifier que la mise en place du béton ne sera pas contrariée par des blocages de granulats en amont des armatures. La méthode consiste à remplir de BAP la partie verticale d'une boîte, puis en levant une trappe à laisser le béton s'écouler dans la partie horizontale à travers un ferrailage (le nombre et le diamètre des armatures peuvent être adaptés pour traduire le ferrailage réellement présent dans la structure). Après écoulement du béton, on mesure la différence de hauteur dans les parties verticales (H_1) et horizontale (H_2). Le résultat de l'essai s'exprime par le taux de remplissage H_2/H_1 . Une valeur de ce rapport supérieure à 0,8 traduit un bon écoulement du BAP.



Figure-II-15. Essai de la boîte en L (L-box test)

II.5.6. Essai de stabilité au tamis NF EN 12 350-11

Cet essai permet d'étudier la résistance à la ségrégation et au ressuage du BAP, qui doit être stable sous l'effet de la gravité. Il consiste à déverser une quantité de béton (2 litres) sur un tamis (de maille 5 mm) avec une hauteur de chute de 50 cm.

Le pourcentage en poids de laitance ayant traversé le tamis par rapport au poids de l'échantillon initial exprime la stabilité du béton. Ce rapport doit être compris entre 10 % et 20% [22].



Figure-II-16 : Essai de stabilité au tamis

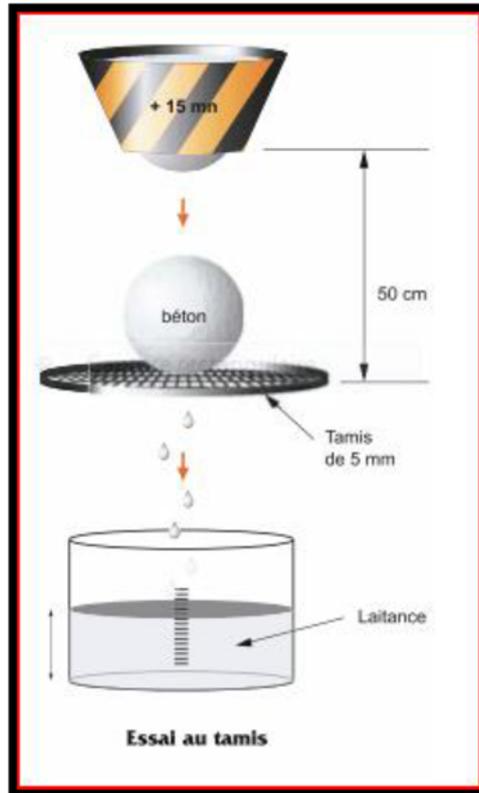


Figure-II-17. Représentation schématique de l'essai de stabilité au tamis.

II.5.7. Le coulage des bétons

La mise en place du béton frais dans le moule est réalisée sur une table vibrante.

On utilise des moules : (figure II.18)

- Cubiques de (10*10*10)cm.

Pour les différents essais mécaniques, un ensemble de trois échantillons a été étudié.



Figure II.18. Moules utilisés.

II.5.8. Vibration (NF P 18-421)

Les bétons BO et BHP sont vibré par une table vibrante (fréquence du vibreur entre 50 et 60 Hertz, amplitude verticale de la vibration de la table). Pour l'ensemble de nos essais décrits ci-dessous, des éprouvettes (10x10x10) cm sont confectionnées en accord avec la norme [AFN 01], voir Figure II.19.

Les durées de vibrations sont conformes à la norme NF P 18-421.

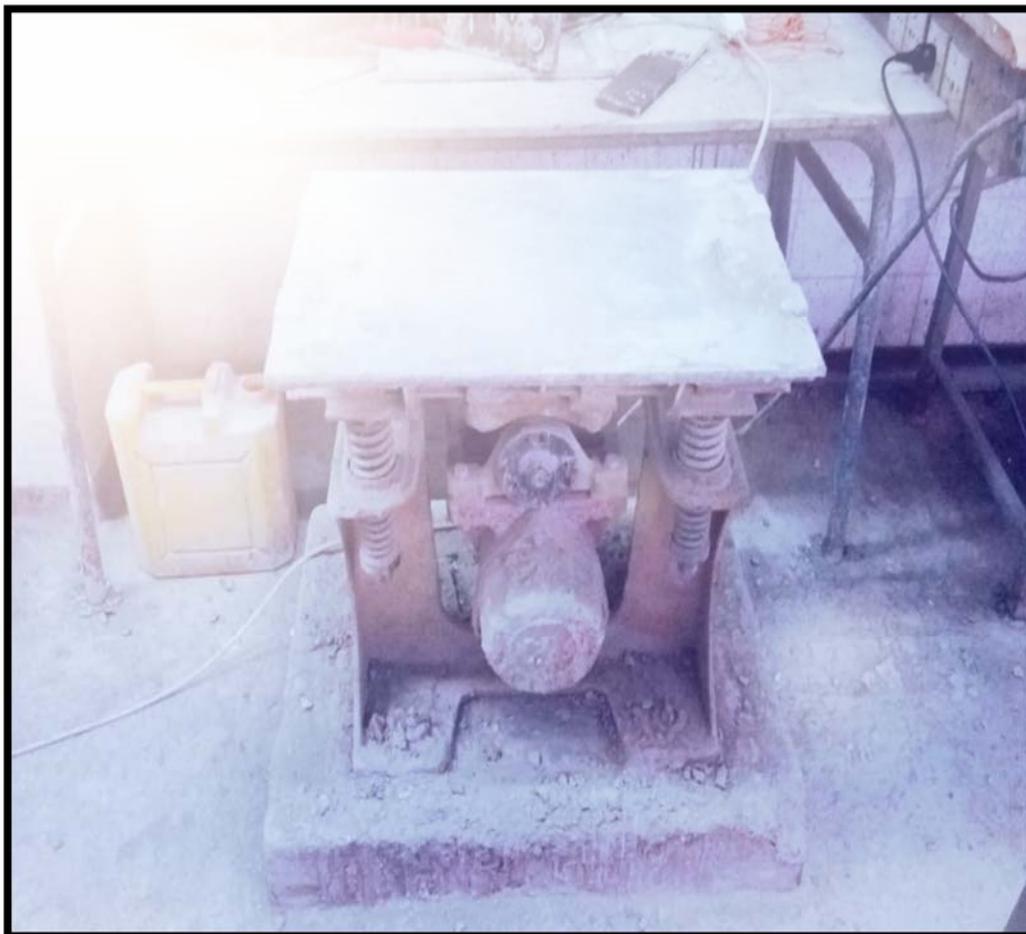


Figure II.19. Table vibrante

II.5.9. Démoulage et conservation (NF EN 12390-2)

La procédure du démoulage et de conservation est faite comme suit :

- La conservation des éprouvettes dans un local approprié pendant 24 heures.
- Après le démoulage les éprouvettes sont conservés sous l'eau pendant 7/14/28 jours.

II.6. LES ESSAIS MECANIQUES

II.6.1. L'essai de résistance à la compression (EN 12390-3)

Les éprouvettes utilisées sont des éprouvettes cubiques (10x10x10 cm). L'éprouvette est centrée et fixée entre les plateaux d'une presse hydraulique chargé avec une vitesse constante. L'essai de compression est conduit jusqu'à la rupture de l'éprouvettes (Figures II.20- II.21). La résistance à la compression est calculée selon la formule suivante :

$$\sigma = \frac{F}{S} (MPa) \dots \dots \dots (II.3)$$

F : L'effort de rupture

S : La section transversale d'éprouvette



Figure II.20. Ecrasement en compression

CONCLUSION :

Les différents essais de caractérisation des matériaux nous permettent tirer les conclusions suivantes :

- Le sable utilisé est un sable fin (c'est la nature du sable de dune de la région d'EL-TARF), ce qui s'explique par une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance mécanique avec des risques de ségrégation limitée.
- Les graviers utilisés présentent des distributions granulométriques continues pour les deux types (3/8 et 8/16), celles-ci présentent une granulométrie continue.
- Nous avons obtenu une bonne qualité de matériau qui assure une compacité élevée du mélange.
- Pour fixer les constituants, nous avons utilisés la méthode de Dreux-Gorisse pour le béton ordinaire et la méthode japonaise pour le béton autoplaçant et la méthode des coulis AFREM pour le béton à haute performance, caractérisation des matières premières nous a aidés à une meilleure formulation des bétons d'études.
 - Les bétons ordinaire, à haute performance et autoplaçant à base des copeaux de bois, peut être fabriqué par l'utilisation des copeaux mouillés (sans traitement),

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, les propriétés physico- mécaniques des différents bétons ordinaire, à haute performance et autoplaçant chargés des copeaux de bois non traités (mouillé) ont été analysées. La détermination de la masse volumique, (étalement, écoulement et laitance du béton autoplaçant) de ces bétons ordinaire, à haute performance et autoplaçant chargé des copeaux de bois permet de voir ses caractéristiques physico- mécaniques. Le calcul des résistances à la compression sur des éprouvettes cubiques (10x10x10) cm. le calcul de ces résistances a été utilisé pour analyser et étudier le comportement mécanique de ces bétons ordinaire, à haute performance et autoplaçant chargés de copeaux de bois.

III.1. PROPRIETES DES BETONS A BASE DES COPEAUX DE BOIS A L'ETAT FRAIS

III.1.1. Ouvrabilité des bétons.

L'ouvrabilité du béton est déterminée à l'aide de l'essai d'affaissement cône d'Abrams de dimensions (D=20 ; d=10 ; h=30 cm) selon la norme NF P 18 -451. L'essai consiste à remplir une masse de béton frais dans un cône tronconique en trois couches tassées avec une tige d'acier, dont chacune subit un nombre déterminé de coups de piquage, puis démoulé.

L'affaissement est mesuré en suite.

III.1.1.1.Ouvrabilité du béton ordinaire.

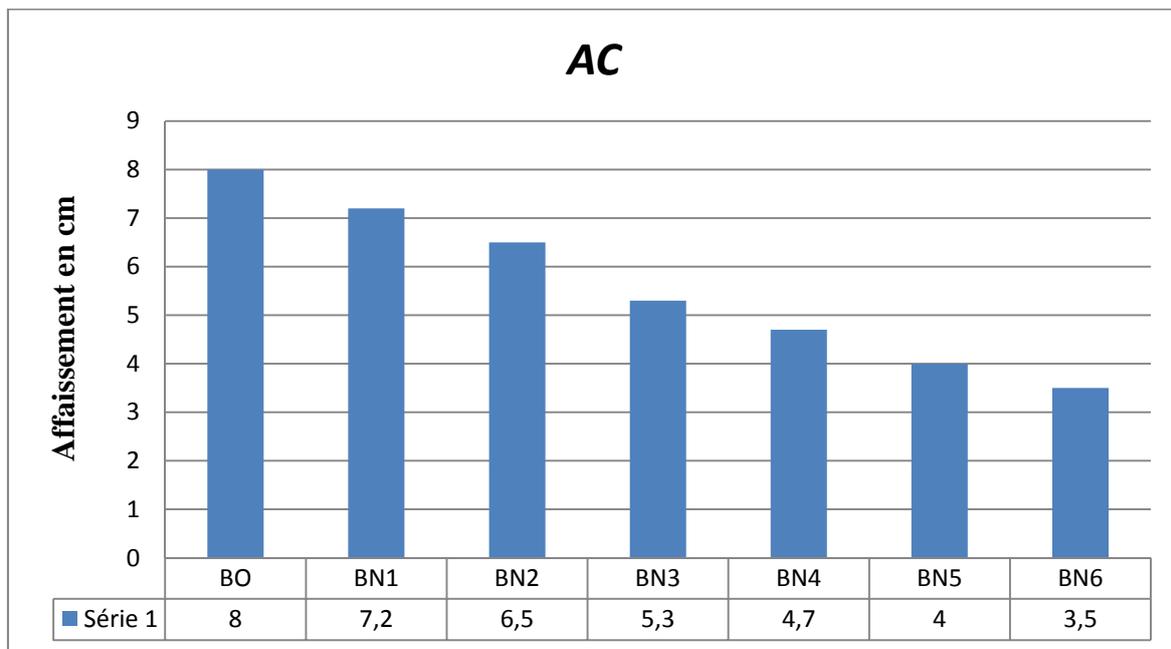


Figure III.1. Maniabilité des bétons ordinaire avec copeaux de bois.

L'histogramme de la figure (III.1) montre que l'affaissement du béton diminue avec l'augmentation du taux de fibres dans le béton. Cette diminution est essentiellement du fait que les fibres de bois absorbent une quantité d'eau de gâchage ce qui influe évidemment sur l'ouvrabilité des mélanges. L'affaissement au cône diminue de 8 cm à moins de 3,5 cm, ce qui donne aussi une diminution de l'affaissement au cône de plus de 50 % : cette chute doit être prise en compte lors des mises en œuvre de ce type de bétons.

III.1.1.2.Ouvrabilité du béton à haute performance.

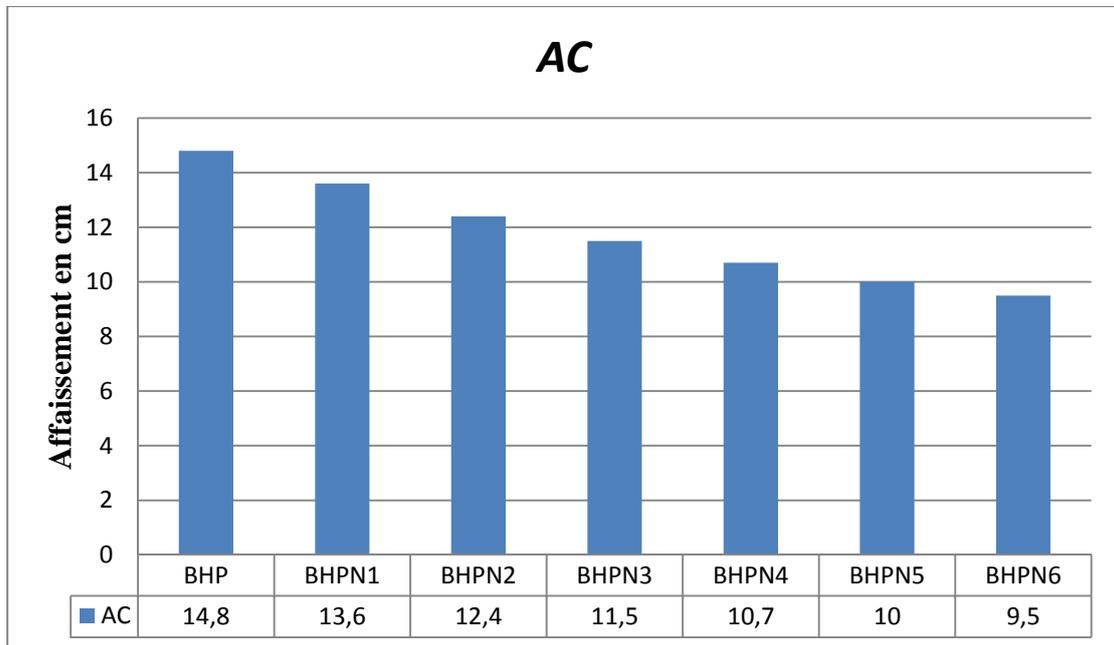


Figure III.2. Maniabilité des bétons à haute performance avec copeaux de bois.

L’histogramme de la figure (III.2) montre que l’affaissement du béton diminue avec l’augmentation du taux de fibres dans le béton. Cette diminution est essentiellement du fait que les fibres de bois absorbent une quantité d’eau de gâchage ce qui influe évidemment sur l’ouvrabilité des mélanges. L’affaissement au cône diminue de 14.8 cm à moins de 9.5 cm, ce qui donne aussi une diminution de l’affaissement au cône de plus de 36 % : cette chute doit être prise en compte lors des mises en œuvre de ce type de bétons.

III.1.1.3.Etalement, écoulement et laitance du béton autoplaçant.

Les figures 3,4 et 5 suivantes montrent les valeurs de : l’étalement au cône d’Abrams, l’écoulement à la boîte en L et la stabilité au tamis respectivement.

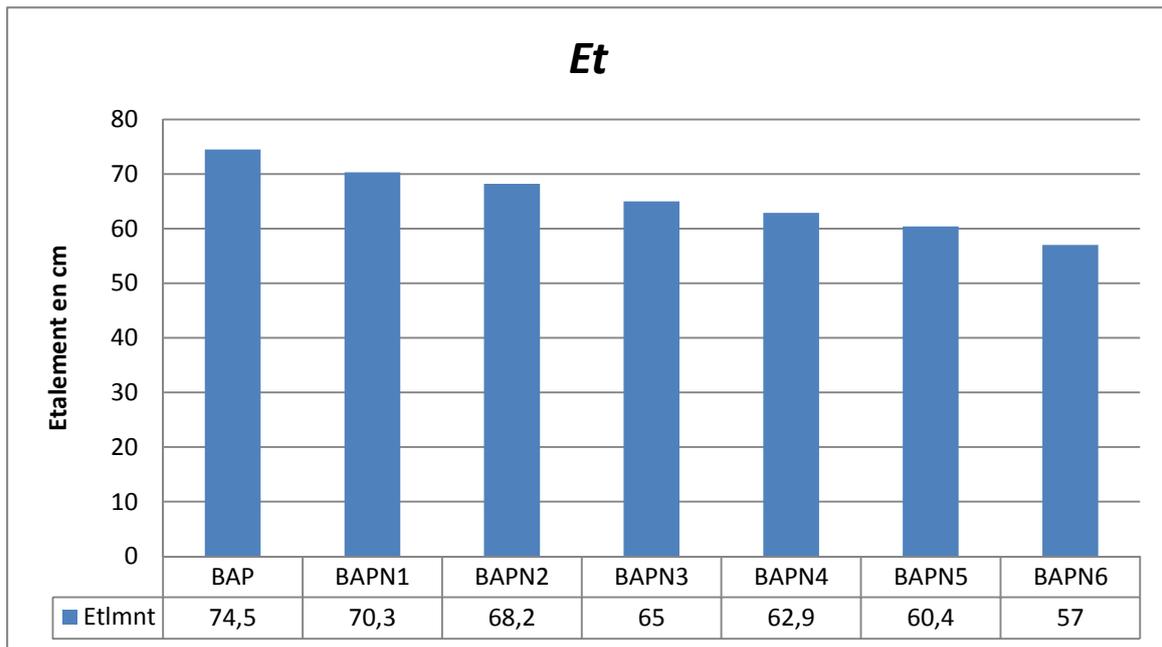


Figure III.3. Essai d'étalement de béton autoplaçant avec copeaux de bois

L'étalement d'un béton autoplaçant peut varier entre (60 et 75) cm selon l'AFGC [23]. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure (III.3), montrent que tous les bétons ont des valeurs d'étalement situées à l'intérieur du domaine des BAP. On remarque une diminution de l'étalement pour le BAP (1 à 6 %) à cause de la présence de copeaux de bois qui demande plus de l'eau.

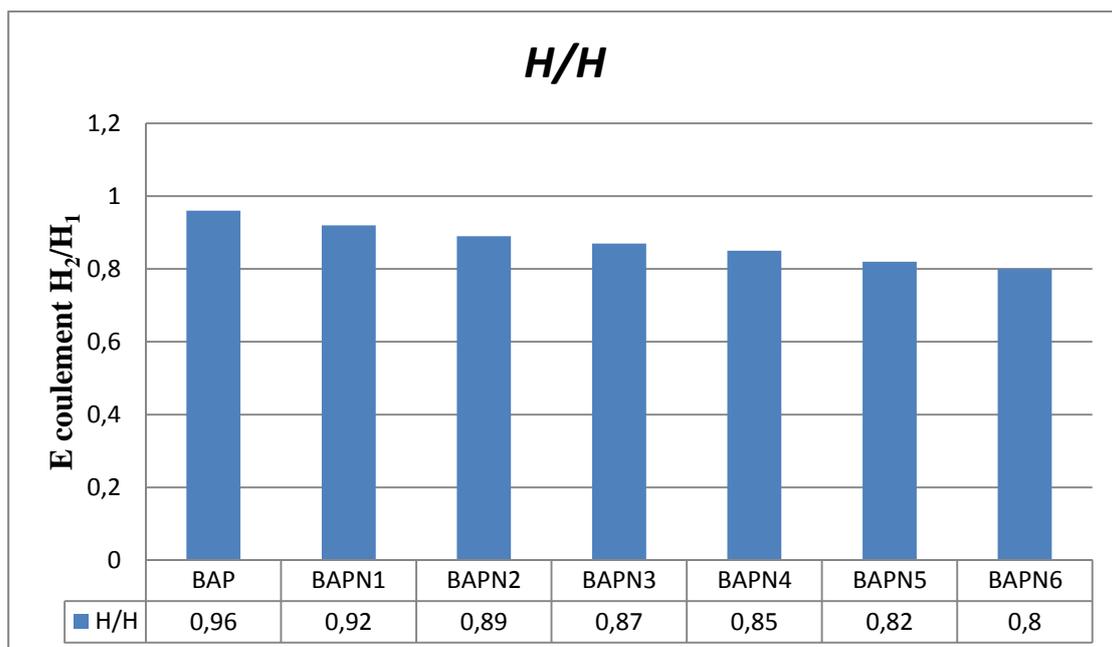


Figure III.4. Essai de la boîte en L de béton autoplaçant avec copeaux de bois.

L'écoulement du béton autoplaçant se caractérise par (H_2/H_1) qui est supérieur ou égal à (0.8) selon l'AFGC [23]. Les résultats de l'écoulement présentés sur la figure (III.4) s'inscrivent dans le domaine des BAP (pas de ségrégation dynamique pour tous les bétons). On remarque une diminution de la valeur de l'écoulement avec l'augmentation du taux de substitution de copeaux de bois à cause de la présence de copeaux qui absorbe plus de l'eau et rend le béton moins visqueux.

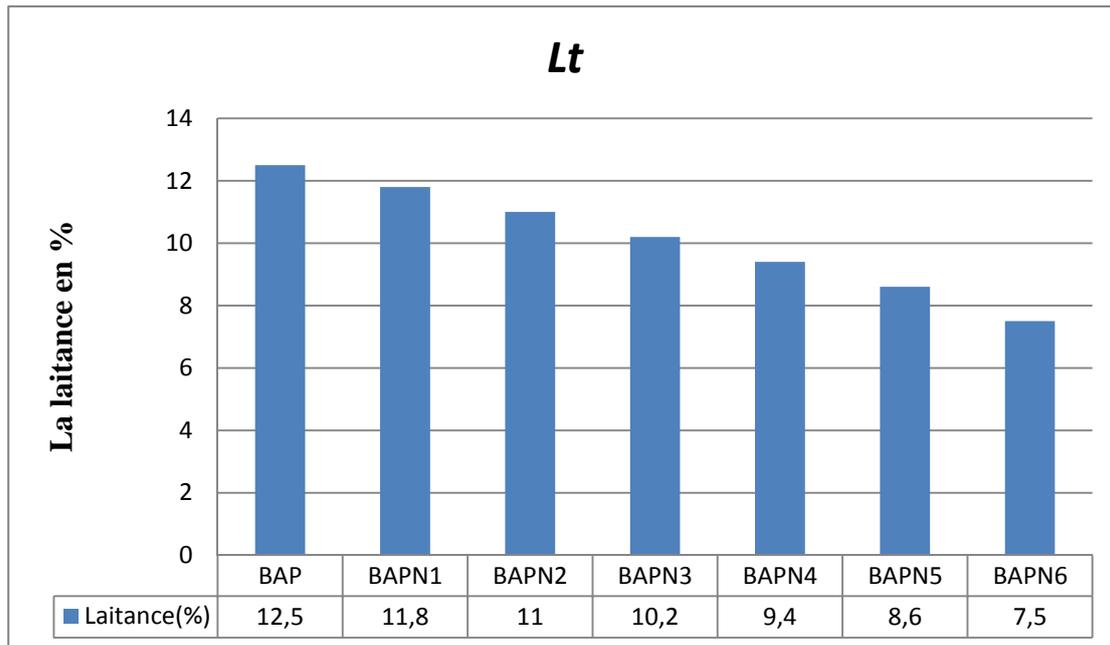


Figure III.5. Essai de stabilité au tamis de béton autoplaçant avec copeaux de bois.

La stabilité du béton autoplaçant se caractérise par la laitance qui est inférieure à 15% selon l'AFGC [23]. Les résultats de la laitance de la figure(III.5) entrent dans le domaine du BAP, on constate une laitance proche de la laitance critique pour le BAP témoin puis une diminution de la laitance pour le BAP de 1 à 6% à cause de la présence de copeaux de bois qui rend la pâte plus épaisse.

III.2. PROPRIETES DES BETONS A BASE DES COPEAUX DE BOIS A L'ETAT DURCI

III.2.1. Masse volumique des bétons

La masse volumique du béton est déterminée à partir de la masse volumique des mélanges de béton.

- **Masse volumique du béton à l'état durci (NF EN 12390-7)**

Elle est définie par la masse d'une quantité de béton rapporté à son volume après 28 jours de durcissement.

Les masses volumiques des bétons durcis sont présentées sur les figures ci-dessous :

III.2.1.1.Masse volumique du béton ordinaire

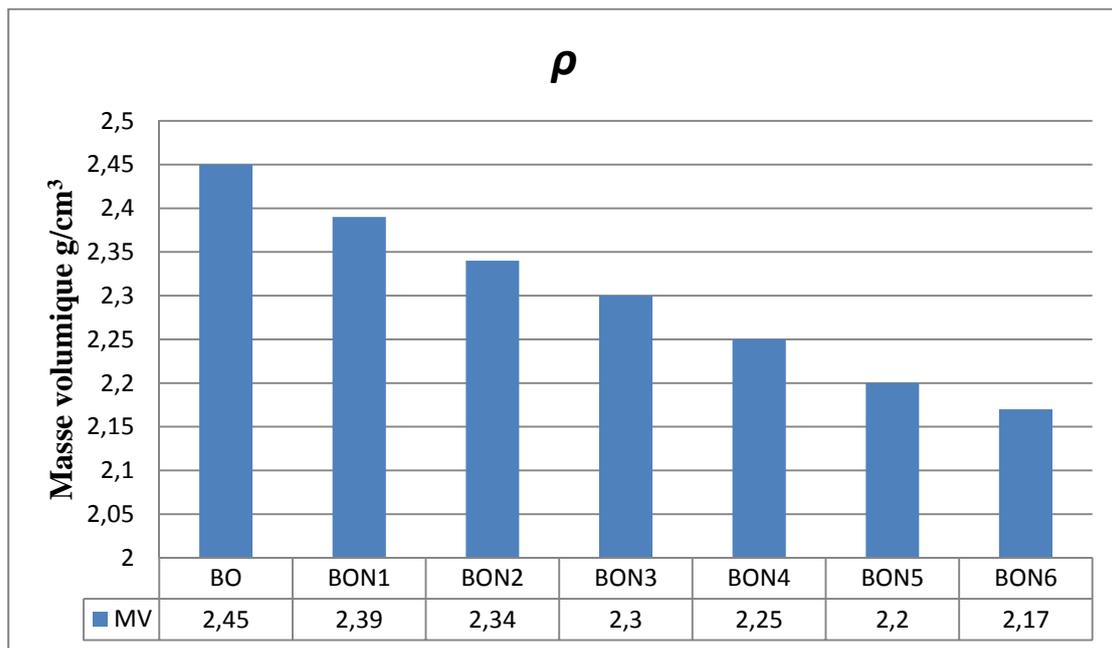


Figure III.6.La masse volumique à l'état durci de béton ordinaire avec copeaux de bois

La figure (III.6) montre que la masse volumique des bétons diminue avec l'augmentation du taux de copeaux de bois.

On observe des chutes de masse volumique de 2.45 à 2.17 g / cm³ pour les bétons durcis, les copeaux de bois allègent le béton.

III.2.1.2.Masse volumique du béton à haute performance

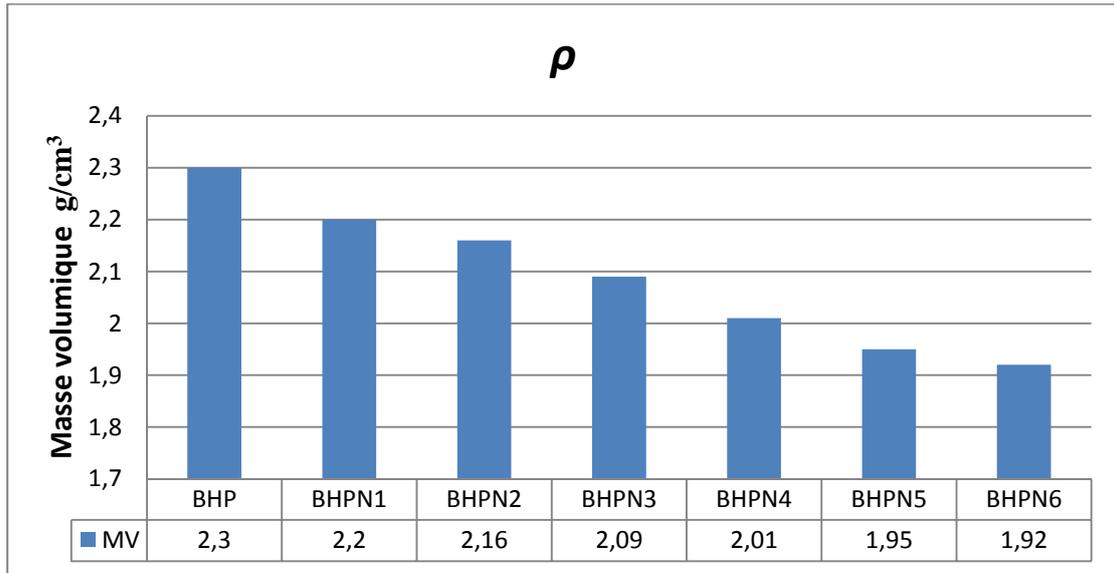


Figure III.7. La masse volumique à l'état durci de béton à haute performance avec copeaux de bois.

La figure (III.7) montre que la masse volumique des bétons diminue avec l'augmentation du taux de copeaux de bois. On observe des chutes de masse volumique de 2.3 à 1.92 g/cm³ pour les bétons durcis, les copeaux de bois allègent le béton.

III.2.1.3.Masse volumique du béton autoplaçant

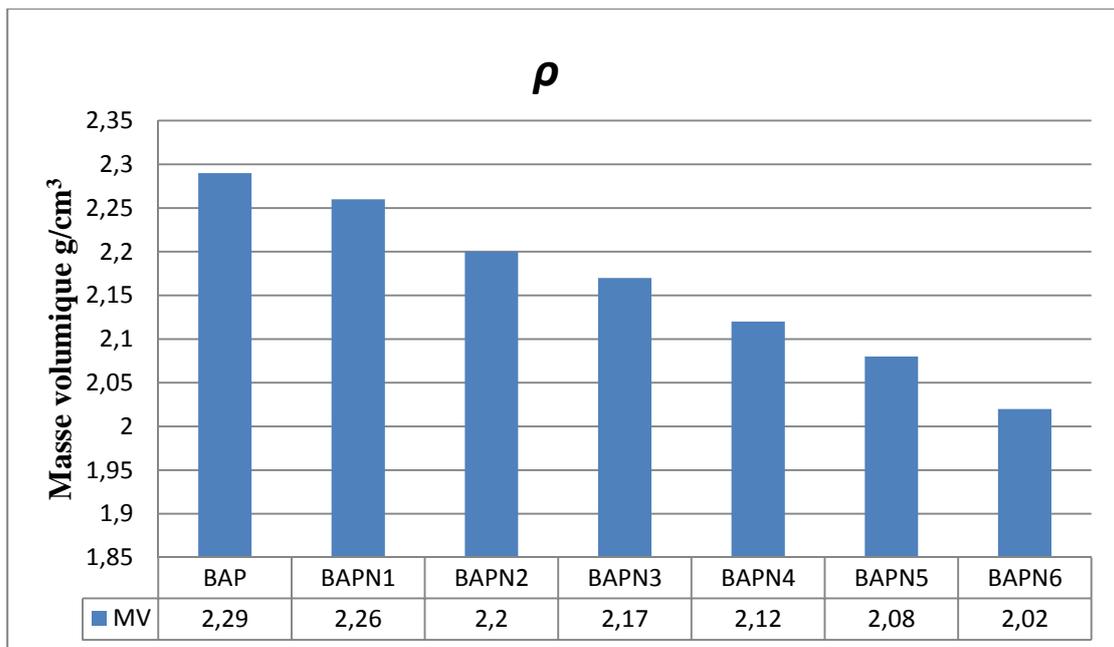


Figure III.8. La masse volumique à l'état durci de béton autoplaçant avec copeaux de bois

La figure (III.8) montre que la masse volumique des bétons diminue avec l'augmentation du taux de copeaux de bois. On observe des chutes de masse volumique de 2.29 à 2.02 g/cm³ pour les bétons durcis, les copeaux de bois allègent le béton.

III.2.2. Capacité d'absorption d'eau (NF EN 1097-6)

La capacité d'absorption d'eau est calculée comme suit :

Capacité d'absorption d'eau :

$$(W) = \left(\frac{m_{sat} - m_{sec}}{m_{sec}} \right) \times 100\% \quad \dots\dots(III.01)$$

Les résultats de la capacité d'absorption d'eau sont illustrés dans les figures III.8, III.9, III.10.

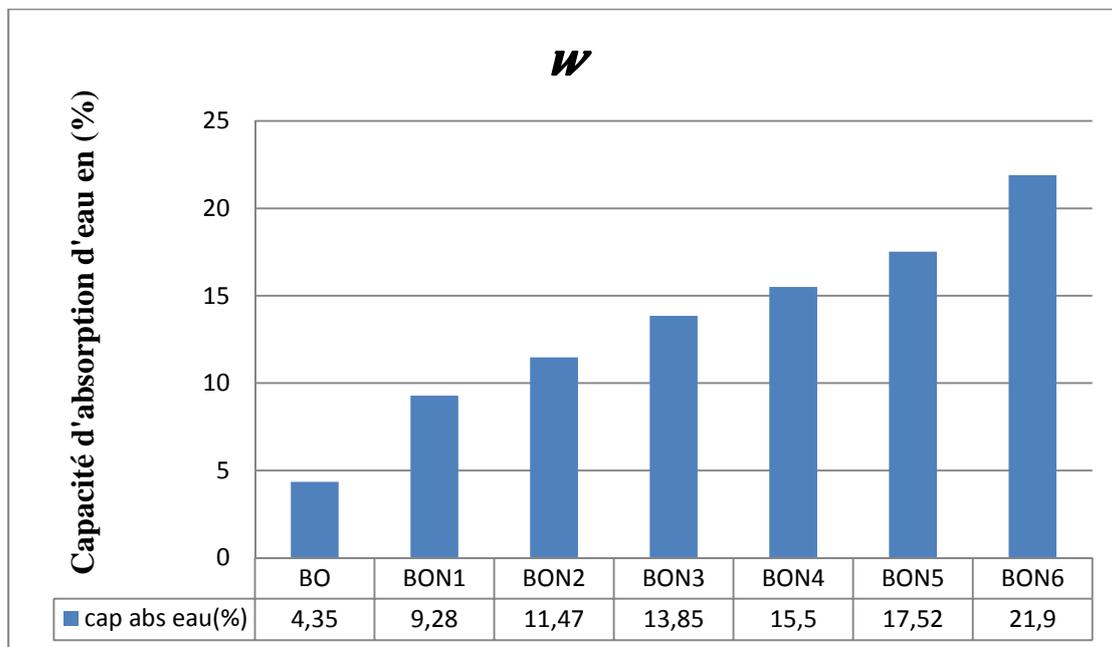


Figure III.9. Capacité d'absorption d'eau de béton ordinaire à base des copeaux de bois.

Comme le montre la figure III.9, les bétons absorbent de l'eau, et les valeurs varient dans une large limite entre 4,35 à 21.9 %. Cette large augmentation est due aux caractères poreux de la structure du matériau.

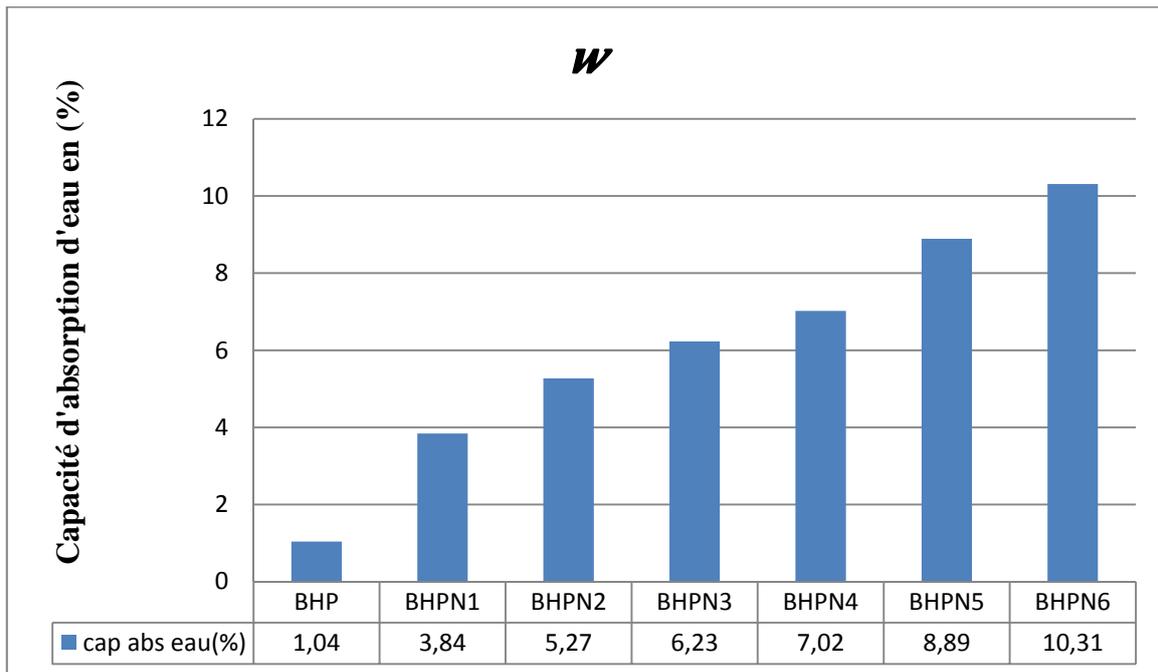


Figure III.10. Capacité d'absorption d'eau de béton à haute performance à base des copeaux de bois.

Comme le montre la figure (III.10), les bétons absorbent de l'eau, et les valeurs varient dans une large limite entre 1.04 à 10.31 %. Cette large augmentation est due aux caractères poreux de la structure du matériau.

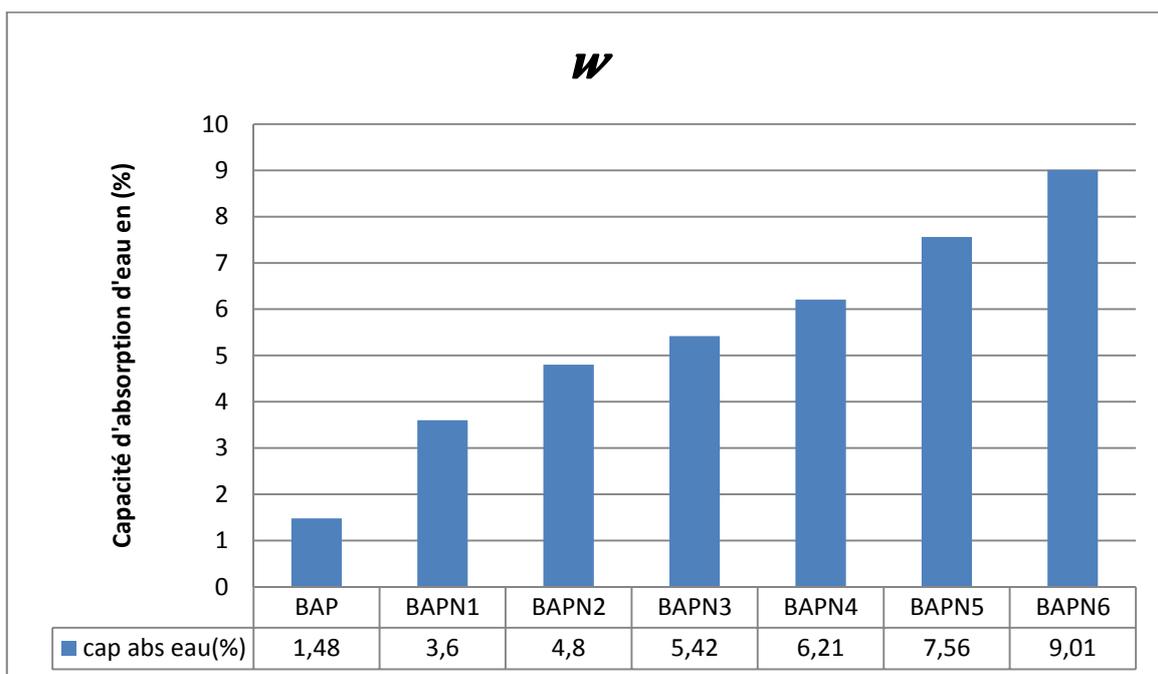


Figure III.11. Capacité d'absorption d'eau de béton autoplaçant à base des copeaux de bois

Comme le montre la figure (III.11), les bétons absorbent de l'eau, et les valeurs varient dans une large limite entre 1.48 à 9.01 %. Cette large augmentation est due aux caractères poreux de la structure du matériau.

III.2.3. Résistance à la compression

Les essais de compression sont réalisés à différentes échéances (7,14, et 28) jours. Les résultats obtenus de la résistance des bétons à la compression sont illustrés dans les Figures (III.12, III.13, III.14)

III.2.3.1. Résistance à la compression de béton ordinaire

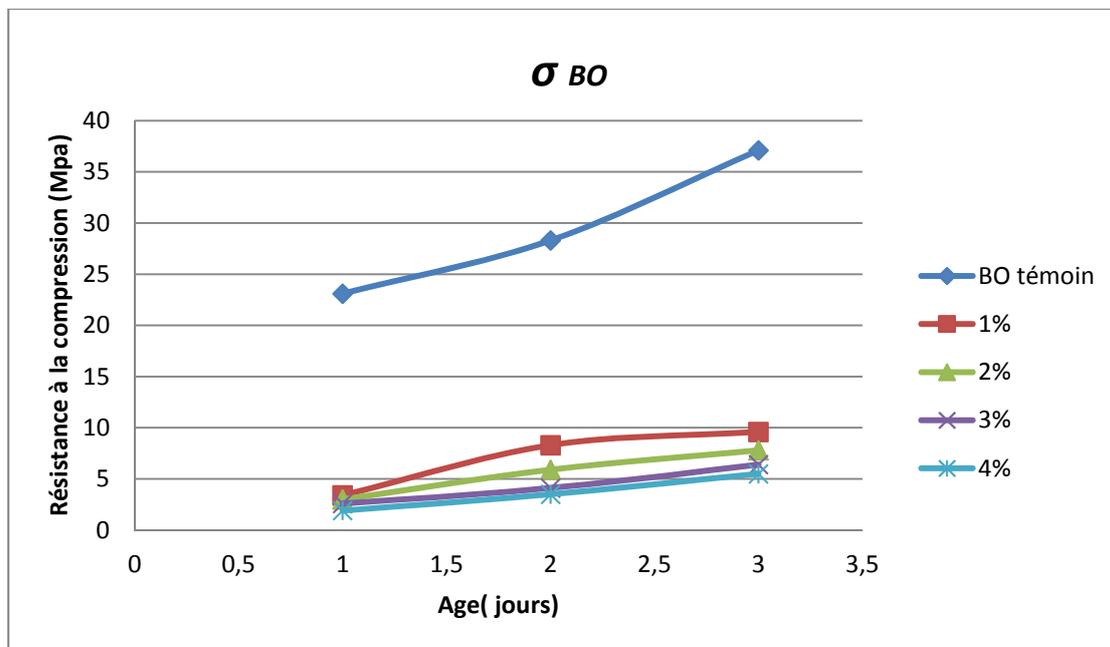


Figure III.12. Résistance à la compression pour béton ordinaire à base de copeaux de bois.

A 7 jours, les valeurs varient de 23.1 à 1.9 MPa. Alors qu'à 14 jours, ces valeurs varient de 28,3 à 3,5 MPa, A 28 jours de durcissement, on remarque des chutes de résistances de 37,1 à 5,5 MPa. Les copeaux de bois n'améliorent pas les résistances mécaniques du béton (figures III.12).

III.2.3.2. Résistance à la compression de béton autoplaçant

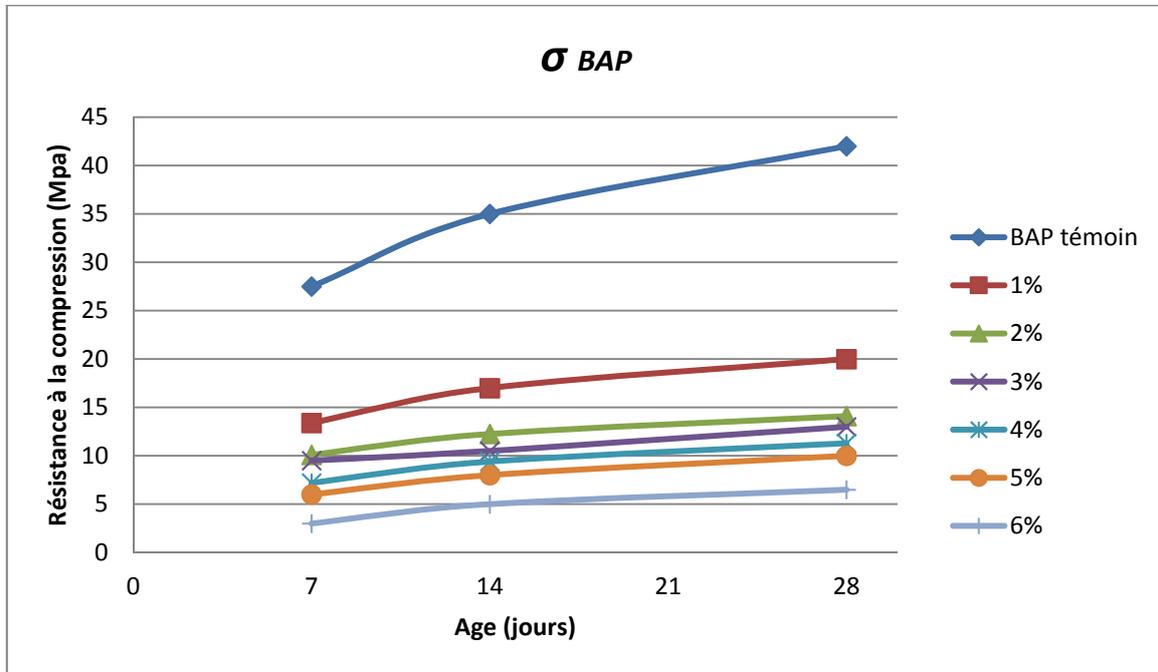


Figure III.13. Résistance à la compression pour béton autoplaçant à base de copeaux de bois.

A 7 jours, les valeurs varient de 27.5 à 3 MPa. Alors qu'à 14 jours, ces valeurs varient de 35 à 5 MPa, A 28 jours de durcissement, on remarque des chutes de résistances de 42 à 6.5 MPa. Les copeaux de bois n'améliorent pas les résistances mécaniques du béton (figures III.13).

III.2.3.3. Résistance à la compression de béton à haute performance

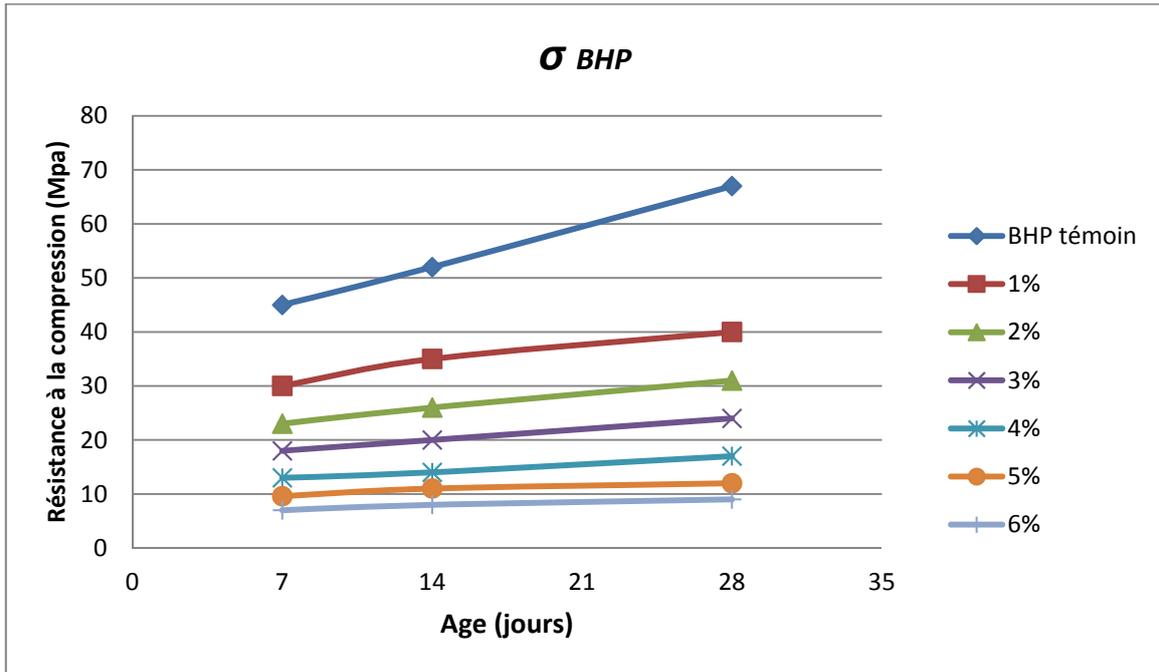


Figure III.14. Résistance à la compression pour béton à haute performance à base de copeaux des bois.

A 7 jours, les valeurs varient de 45 à 7 MPa. Alors qu'à 14 jours, ces valeurs varient de 52 à 8 MPa, A 28 jours de durcissement, on remarque des chutes de résistances de 67 à 9 MPa. Les copeaux de bois n'améliorent pas les résistances mécaniques du béton (figures III.14).

CONCLUSION

L'augmentation des fibres de bois provoque une diminution de la maniabilité et de la masse volumique, parce que les copeaux de bois absorbent de l'eau et allègent le béton. On note aussi la même chose pour la capacité d'absorption d'eau, alors cette augmentation d'absorption d'eau est due au caractère poreux de la structure du bois. Les copeaux de bois présentent une grande influence sur les propriétés des bétons à l'état frais (affaissement et densité).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les bétons à base des copeaux de bois se caractérisent par des faibles propriétés mécaniques. Ces caractéristiques limitent principalement leur utilisation à des structures non porteuses, ayant pour objectif d'exploiter leur légèreté. Il est toutefois nécessaire de s'assurer du caractère autoporteur des structures fabriquées par ces bétons, leur permettant de supporter leur poids propre.

Dans cette recherche nous avons étudié l'influence du dosage de copeaux de bois sur les caractéristiques du béton frais et durci qui peuvent être ajoutés dans le béton et améliorer ainsi ses propriétés. Pour fixer les constituants, nous avons utilisé la méthode de Dreux – Gorisse pour le béton ordinaire et la méthode japonaise pour le béton autoplaçant et la méthode des coulis AFREM pour le béton à haute performance. La caractérisation des matières premières nous a aidés à une meilleure formulation des bétons d'études.

Généralement les bétons ordinaire, à haute performance et autoplaçant sont des matériaux hétérogènes, ce qui se traduit par une faible résistance à la traction, alors pour éliminer ce défaut il est nécessaire d'ajouter aux bétons des copeaux ou des déchets.

Donc pour notre recherche nous avons choisi un seul type des copeaux de bois (déchets de bois) afin d'améliorer les propriétés des bétons à l'état durci.

Nous avons obtenu une bonne qualité des matériaux qui assurent une compacité élevée du mélange.

D'après les résultats obtenus, on constate que l'augmentation des copeaux de bois provoque une diminution de la maniabilité et de la densité, parce que les copeaux de bois absorbent de l'eau et allègent le béton. On note aussi la même chose pour la capacité d'absorption d'eau, alors cette augmentation de l'absorption d'eau est due au caractère poreux de la structure du béton.

Donc, les copeaux de bois présentent une grande influence sur les propriétés des bétons à l'état frais (affaissement et densité).

Les meilleurs résultats obtenus en compression sont ceux avec des bétons témoins (sans copeaux).

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Jennifer L., Pehanich., Blankenhorn P. R., Silsbee & MR;. 2004. Wood Surface Treatment fiber level effects on select mechanical properties of wood fiber-cement composite. *Cement and Concrete Research*. 34, 59-65. 2004.
- [2] Ledhem A., Contribution à l'étude d'un béton de bois. Mise au point d'un procédé de minimisation des variations dimensionnelles d'un composite argile-ciment-bois, *thèse de doctorat, 150 p*, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 04 juillet 1997.
- [3] Gotteicha M., Khenfer M. M., Bederina M., Caractérisation des bétons de sable a base de copeaux de bois traités, *Séminaire national de Génie civil*, Université d'Annaba, Algérie, 2007.
- [4] Aouadja - Mimoune F.Z., Mimoune M., Laquerbe M., 1995. Etude expérimentale sur les bétons à base de résidus de bois, *Revue Algérie-équipement*, N°18, mars-avril, pp.24-27, 1995.
- [5] Khelifi W., Belouettar R., Influence de la nature des copeaux de bois sur les caractéristiques physiques et mécaniques des bétons à base de copeaux de bois. *XXe Rencontres Universitaires de Génie Civil*, Chambéry-France, 6-8 juin 2012.
- [6] Ballester J.M., Traitement et Valorisation des Déchets Solides, Centre de Prospectives et d'Etudes, Ministère de la Recherche et de l'Espace, *Innovation 128 –Jui.1992 – pp.7-15*, 200p. France, 1992.
- [7] Ledhem A., Alrim, K., Douzane. O, Dheilily R.M., and Quenendec M., Influence of the proportion of wood on the thermal and mechanical performances of clay-cement wood composites", *Cement and Concrete composite*, Vol 21, Issue 4, August 1999.
- [8] Bederina M., Marmoret L., Khenfer M. M., Bali A., Quéneudec M., Effect of the addition of wood shavings on the thermal conductivity of the sand concretes – experimental study and modeling, *Construction and Building Materials*, Vol. N° 21, pp.662-668, 2007.
- [9] Ledhem A., Dheilily R. M., Benmalek M. L., Quéneudec M., Properties of wood-based composites formulated with aggregate industry waste, *Construction and Building Materials*, Vol 14, pp. 341-350, 2000.
- [10] ALRIM K. Etude de l'influence de différents facteurs d'allégement des matériaux argileux : Le béton argileux léger, Généralisation à d'autres fines de roches et application à la conception d'éléments de construction préfabriqués.

- [11] M. QUENEUDEC, GUILLOREL, J. Mise au point d'un matériel et d'un matériau pour la fabrication de blocs de bauge mécanisée. Dépôt INPI, Rennes 1989.
- [16] Haddad O., 1er congrès international sur la technologie et la durabilité du béton à Alger, les 24,25 et 26 Mai 2004.
- [12] Hanaa Fares, « *Propriétés mécaniques et physico-chimiques de bétons Autoplaçants exposés à une Température élevée* », Thèse de Doctorat de l'Université de Cergy-Pontoise Décembre 2009.
- [13] Ledhem A. 1997, 'Contribution à l'étude d'un béton de bois. Mise au point d'un procédé de minimisation des variations dimensionnelles d'un composite Argile-Ciment-Bois', Ph.D. Thesis, INSA of Lyon, France.
- [14] B. S. Mohammed, M. Abdullahi, and C. K. Hoong. Statistical models for concrete containing wood chipping as partial replacement to fine aggregate. *Construction and Building Materials*, 55 :13–19, 2014.
- [15] M. BEDERINA, M. HADJOUJJA, Z. MAKHLOUFI, "Valorisation des déchets de concassage et de menuiserie de bois pour la formulation d'un béton de sable léger". Séminaire national de génie civil, Annaba 20 et 21 Novembre, 2007.
- [16] M. GOTEICHA, NUM. KHENFER, M. BEDERINA, "Caractérisation des bétons de sable à base de copeaux de bois traité". Séminaire national de génie civil, Annaba 20 et 21 Novembre, 2007.
- [17] M.C. Trouy-Triboulot and P. Triboulot. Matériau bois - structure et caractéristiques. *Techniques de l'ingénieur*, 2001.
- [18] A. Abdessamad THÈSE de doctorat , université paris-est , Spécialité : Génie Civil Sujet de la thèse : Bétons de granulats de bois : Étude expérimentale et théorique des propriétés thermo-hydro-mécaniques par des approches multi-échelles]
- [19] NA 442, 2005. Ciment, Composition, spécification et critère de conformité. Ianor, 21 p.
- [20] W Khelifi, THÈSE de doctorat , université annaba , Spécialité : Génie Civil Sujet de la thèse : caractérisation d'un béton ordinaire à base de copeaux de bois: Étude expérimentale et théorique des propriétés thermo-hydro-mécaniques.
- [21] De Larrard F., 2002, Construire en béton l'essentiel sur les matériaux, thèse de doctorat, Presses de l'Ecole National Des Ponts et Chaussées, 199 p.
- [22] Abib Z., Thèse de Magistère en Génie Civil, « *Formulation et caractérisation des bétons autoplaçant* », Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger, le 06 Juillet 2006.

[23]AFGC., 2008, Association Française du Génie Civil, les BAP : recommandations provisoires pour l'emploi des bétons autoplaçants, 63 p.

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II

**CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX
ETPROCÉDURES EXPÉRIMENTALES**

CHAPITRE III

**COMPORTEMENT PHYSICO-MECANIQUE
(RESULTAS ET DISCUSSIONS)**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CONCLUSION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRAL

