REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en Génie Civil

Thème

Étude de l'effet de la méthode de traitement des granulats végétaux sur les caractéristiques physico-mécaniques d'un composite cimentaire léger

---

Présenté par :

BENREKIA Ibrahim

BOULDOUM Alaa Eddine

Proposé et Dirigé par

BOUKHELKHAL Djamila

Promotion Juin 2022

Remerciement

Tout d'abord, Nous tenons à remercier ALLAH, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail

Comme, c'est un plaisir de remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire :

***En premier lieu**, nous voudrions exprimer nos sincères remerciements à Madame **BOUKHELKHAL Djamila** Notre promotrice, pour l'aide qu'elle a apportée à la réalisation de ce travail et pour ses précieux conseils.*

Nous remercions tous les membres de jury pour l'honneur qu'il nous accordé en acceptant de juger notre travail.

Un grand merci est adressé à tous les ingénieurs et les Travailleurs du hall pour leurs aides et disponibilités

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loinà la réalisation de ce mémoire.

Ibrahim/alaaEddine

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا المشروع هو المساهمة في تثمين قشور الجوز ودمجها في كتلة الملاط عن طريق استبدال حجم الرمل بإضافة نسب مختلفة (10٪، 15٪، 20٪، 25٪، 30٪، 35٪، 40٪) على التوالي مع دراسة خصائصه في الحالة الرطبة و في الحالة الصلبة ومقارنتها مع ملاط عادي .

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن قشور الجوز تؤدي إلى انخفاض كبير في قيمة ميوعة وكثافة الملاط.بالإضافة إلى ذلك ، ووفقًا للأبحاث السابقة فان الخصائص الحرارية للملاط تتحسن مع إضافة قشور الجوز. لذلك ، من الممكن الحصول على مواد عازلة جديدة يمكن استخدامها في طرق البناء المختلفة.

Résumé

L'objectif principal de ce projet consiste à valoriser les déchets de coque de noix et incorporé dans la masse du mortier par substituions volumique du sable avec différents pourcentages (10%,15%,20%,25%,30%,35% ,40%) respectivement. Les propriétés à l'état frais et à l'état durci des différents mélanges réalisés ont été analysées et comparées aux mortiers témoin respectifs.

Les résultats obtenus montrent que les déchets de coque de noix diminué la maniabilité et la densité de mortier .Par ailleurs, et d'après les études réalisés les caractéristiques thermiques de mortier sont améliorés avec l'ajout de déchets de coque de noix. Donc, il est possible d'obtenir des nouveaux matériaux isolant susceptibles d'être utilisés dans les différentes voies de construction.

Abstract

The main objective of this project is the valorization of nut shell waste and incorporated into the mass of mortar by substituted volumetric of natural sand at different percentage (10%,15%,20%,25%,30%,35% ,40%) respectively.The properties in a fresh and a hardened state of the various mortars carried out were analyzed and compared with control mortar respective.

The obtained resultants show that nut shell waste decreases the workability and density of mortar. In addition, and according to the literature, the thermal characteristics of mortar are improved with the addition of nut shell waste. Therefore, it is possible to obtain new insulating materials which can be used in the various construction routes.

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
ملخص	
Résumé	
Abstract	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des symboles et des abréviations	
Introduction général	
CHAPITRE 01 : Recherche Bibliographique	
I.1 Introduction	03
I.2 Béton autoplaçantss	03
1.2.1 Définition	03
1.2.2 Historique de béton Autoplaçant	04
1.2.3 Classification du Autoplaçant	05
1.2.4 Particularité de formulation des BAP	05
I.2.5. CARACTERISTIQUE DES BAP A L'ETAT FRAI	09
I.2.5.1. Fluidité	09
I.2.5.2.Homogénéité	11
I.2.6. PROPRIETES DES BAP A L'ETAT DURCI	11
I.2.6.1. Résistance mécanique	11
I.2.6.2. Vitesse ultrasonique	14
I.2.6.3. Absorption d'eau	14
I.2.6.4. Retrait	14
I.3.1.Valorisation des déchets et sous produits industriels dans le génie civil	16

I.3.1.1 Définition	16
I.3.1.2 Valorisation	16
I.3.1.3 Méthodes de valorisation	16
I.3.2. Types des déchets	17
I.3.3 Différents déchets utilisés en génie civil	18
I.4. Recyclage	21
I .4.1. Activité du recyclage des déchets en construction	21
I .4.1 Technique de recyclage	21
I.4 Noix et coque de noix	22
I.4.1 La coque de noix	23
I.4.2 Historique	23
I.4.3 Composition de la noix	24
I.4.4 Les utilisations possibles de la coque de noix	24
I.5 Céramique et déchets de céramique	27
I.5.1 Céramique	27
I.5.1.1 Définition	27
I.5.1.2 Historique	27
I.5.1.3 Composition	28
I.5.1.4 Classification des produits céramiques	28
I.5.1.5 Propriétés de céramique	28
I.5.1.6 Fabrication de céramique	29
I.5.1.7 Les étapes de fabrication de céramique	29
I.5.1.8 Les avantages et les inconvénients de céramique	30
I.5.1.9 Déchets céramiques en chiffres	30
I.6.Conclusion	31
CHAPITRE 02 : Caractérisation des matériaux et Méthodes d'essais	
II.1. INTRODUCTION	33
II.2. MATERIAUX UTILISÉES	34
II.2.1. LE CIMENT	34
II.2.2. Granulats	36
II.2.2.1. Le sable	36
II.2.2.1.2. Définition	37
II.2.2.2. Déchet de coques de noix	39
II.2.2.3. Déchet de céramique blanc	41

II.2.3. L'eau de Gâchage	43
II.2.4. Adjuvant	43
II.2.5. Fibre métallique	44
II.2.6. les modes des traitements	45
II.2.6.1. Mode 1 (T_1) Adjuvant (SIKA) Hydrofuge	45
II.2.6.1.1. Définition	45
II.2.6.1.1.2. Mode de traitement	45
II.2.6.1.3. Utilisation	45
II.2.6.2. Mode 2 (T_2) Ca SO_3	46
II.2.6.2. Mode 3 (T_3) coulis de ciment	46
II.3 Composition des mélanges	46
II.3.1. MAPT témoin sans coques de noix II.3.2. MAP à base de coque de noix brutes II.3.3. MAP à base de coque de noix renforcées par les déchets de céramique blanc II.3.4. MAP à base de coque de noix renforcées par les fibres métalliques II.3.4. MAP à base de coque de noix traités chimiquement II.3.4.1. Traitement T1 II.3.4.2. Traitement T2 II.3.4.3. Traitement T3	47
II.4 Malaxage et conservation	49
II.5. FORMULATION DES MORTIERS AUTOPLACANTS	50
II.5.1. INTRODUCTION	50
II.5.2. FORMULATION DU MORTIER AUTOPLAÇANT DE REFERENCE (MAPT)	51
II.6. CONFECTION ET CONSERVATION DES EPROUVETTES	52
II.6.1. PROCEDURE DE MALAXAGE	52
II.6.2. PRÉPARATION DES ÉPROUVETTES	53
II.6.2. Confection des éprouvettes du mortier	54
II.7. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	55
II.7.1. ESSAIS EFFECTUES SUR LES MAP A L'ETAT FRAIS	55
II.7.1.1. Essai d'étalement au mini cône	55
II.7.2. ESSAIS EFFECTUÉS SUR LES MAP A L'ETAT DURCI	57
II.7.2.1. Résistance à la compression	57
II.7.2.2. Résistance à la traction	57
II.7.2.2. Absorption d'eau par capillarité	59
II.7.2.3.Les propriétés thermique	60

II.7.2.4.Ultrasonique	60
II.8.Conclusion	61
II.9.Variables étudiée	62
CHAPITRE 02 : Résultats et Discutions	
III.1. INTRODUCTION	64
III.2. FORMULATION DES MÉLANGES	64
III.2.1. Détermination des rapports S/M et E/C pour le mélange témoin	64
III.2.2. Détermination du rapport Sp/C	65
III.A. MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix renforcées par les déchets de céramique blanc	66
III.B MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix brutes	67
III.D. MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix (Traitement T1, Traitement T2, Traitement T3)	67
III.C. MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix renforcées par les fibres métalliques	68
III.3. VERIFICATIONS DES MELANGES A L'ETAT FRAIS	69
III.3.1. Besoin en adjuvant	69
III.3.2. Diamètre d'étalement au mini cône	72
III.4. CARACTERISATION DES MELANGES A L'ETAT DURCI	74
III.4.1. Les Résistances mécaniques	74
III.4.1.1. Résistances à la compression	74
III.4.1.1. Résistances à la flexion	79
III.4.2. La densité	82
III.4.4. L'absorption d'eau par capillarite	86
III.4.5. La conductivité thermique	87
III.4.6. La vitesse ultrasonique	90
III.5. CONCLUSIONS	93
Conclusions et Recommandations	
Référence Bibliographiques	

Liste des Tableaux

Tableau I.3.1.3 composition céramiques	28
Tableau II.1 : Différents compositions utilisées dans la recherchent	34
Tableau II.1. Composition chimiquedu Ciment utilisé	35
Tableau II.2 Composition minéralogique des ciments MATINE	35
Tableau II.3: Essai physiques sur le ciment MATINE	36
Tableau II.2.2.1.A : Analyse granulométriques des sables de rivière et de carrière	37
Tableau II.2.2.1.C Caractéristiques physiques des sables utilisés	38
Tableau II.2.2.2.A Caractéristiques physiques de coque de noix utilisée	39
Tableau II.2.2.1.C : Analyse granulométriques de coque de noix utilisée	40
Tableau II.2.2.2.A Caractéristiques physiques de céramique blanc utilisée	41
Tableau II.2.2.1.C : Analyse granulométriques de céramique blanc utilisée	42
Tableau II.2.3. Les Constituants chimique d'eau de gâchage	43
Tableau II.2.5. Les Propriétés physique des fibre métallique hoked	45
Tableau II.3.A. Composition des mélanges réalisés MAPCNC (pour 1 m³)	48
Tableau II.3.B. Composition des mélanges réalisés MAPCN (pour 1 m³)	48
Tableau II.3.C. Composition des mélanges réalisés MAPFM (pour 1 m³)	48
Tableau II.3.D. Composition des mélanges réalisés MAPT (pour 1 m³)	49
Tableau III.2.2.1. Compositions MAP témoins avec MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique	66
Tableau III.2.2.3. Compositions MAP témoins avec de déchets coque de noix	67
Tableau III.2.2.3. Compositions MAP témoins avec MAP â base de déchets coque de noix et la fibre Métallique	67
Tableau III.2.2.4. Compositions BAP témoins avec de déchets traitement coque de noix	68

Liste des Figures

Figure I.2.4.A: Composition d'un béton ordinaire (BO) et d'un BAP	06
Figure I.2.4.B: Relation entre l'étalement et la quantité de pâte d'un béton	07
Figure I.2.4.C : Action du super plastifiant dans un mélange de béton	08
Figure 1.3 : Phénomène de blocage des granulats au droit d'un obstacle	09
Figure I.2.3.1.: Dispersions des granulats par excès de pâte	10
Figure I.2.6.1.:Evolution de la résistance mécanique d'un BAP (SCC) et d'un BV (REF) correspondant	12
Figure I.2.6.2. : Résistance mécanique d'un béton vibré et de dix mélanges de BAP avec des additions (fillers calcaires, fine de marbre, poudre de basalte)	13
Figure I.2.6.3.: l'évolution de la résistance en fonction de l'âge d'un BAP réalisé avec différents dosages de laitier	13
Figure 1.2.4.4.A. le retrait endogène et le retrait total des bétons autoplaçantes en variant le volume de pâte	15
Figure 1.2.4.4.B: Effet du dosage en super plastifiant sur le retrait Total	15
Fig. I .4. Valorisation des déchets (Clastres, 2004)	17
Figure I.3.3: Composition de base des déchets de démolition en Europe (2004)	18
Fig. I.3.3.A Les déchets dangereux	19
Fig. I.3.3.B Les déchets inertes	19
Fig. I.4: fruit de la noix	22
Fig. I.4.1 Coque de noix	23
Fig. I.3.2 composition chimique de la noix	24
Fig. I.4.2 paillage de jardine	25
Figure I.3.1.8: Les étapes de fabrication de céramique	29
Figure I.3.1.9 : Répartition en chiffre d'affaires des céramiques en Europe par secteur	30
Fig. II.1 Ciment MATINE	35

Figure II.2 : Sable d'Oued-Souf utilisé	36
Fig. II.2.2.1.B Courbe granulométrique de sable utilisée	38
Fig. II.2.2.2 Déchets de coque de noix utilisée	39
Fig. II.2.2.2.B Courbe granulométrique de coque de noix utilisée	40
Fig. II.2.2.3. Déchet de céramique blanc	41
Fig. II.2.2.2.B Courbe granulométrique de céramique blanc utilisée	42
Fig. II.2.4. L'adjuvant MEDAFLOW30 utilisé	44
Fig. II.2.5. Fibre métalliques Hoked	44
Fig. II.2.6.1Adjuvant (SIKA) Hydrofuge	46
Fig. II.4. Le malaxage des bétons au laboratoire	50
Figure II.6.1:Protocole de malaxage	52
Figure II.6.:Séquence de malaxage du mortier autoplaçant	53
Fig. II.6.2. Fabrication des éprouvettes	54
Figure II.7.1.1: l'essai de d'étalement au mini cône	56
Figure II.7.1.1: Schéma de l'essai de mini-cône de Haegermann pour pâte et mortier	56
Figure II.7.2.1.A: Schéma du dispositif des charges en compression des éprouvettes de mortier	57
Figure II.7.2.1.B: Flexion des éprouvettes de mortier	58
Figure II.7.2.1.C: Schéma du dispositif des charges en flexion des éprouvettes de mortier	58
II.7.2.2 : Essai d'absorption d'eau par capillarité	59
Fig. II.7.2.3.Le CT-mètre	60
Figure II.2.2 : Etalonnage et mesure du temps de parcours des ondes ultrasonores	61
Figure III.3.1.A Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étudiés.(MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)	69
Figure III.3.1.B Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étudiés.(MAP â base de déchets coque de noix)	70
Figure III.3.1.C Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étud iés.(MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques)	71
Figure III.3.1D. Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étudiés.(MAP â base de déchets traitement coque de noix)	71
Figure III.3.2.A Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges. (MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)	72
Figure III.3.2.B. Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges. (MAP â base de déchets coque de noix)	73

Figure III.3.2.C. Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges. (MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques)	73
Figure III.3.2.D. Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges. (MAP â base de déchets traitement coque de noix)	74
Figure III.4.1.1.A. Variation de la résistance à la compression des mortiers autoplaçants à base de coques de noix et céramique.	75
Figure III.4.1.1.B. Variation de la résistance à la compression des mortiers autoplaçants à base de coques de noix	76
Figure III.4.1.1.C. Variation de la résistance aux compressions des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques)	77
Figure III.4.1.1.D. Variation de la résistance aux compressions des mortiers autoplaçants à base de traitement coques de noix	78
Figure III.4.1.1.A. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de coques de noix et céramique	79
Figure III.4.1.1.B. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de coques de noix	80
Figure III.4.1.1.C. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de coques de noix	81
Figure III.4.1.1.D. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de déchets traitement coque de noix	81
Figure III.4.2.A Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)	82
Figure III.4.2.B Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix)	83
III.4.2.C. Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques)	83
III.4.2.D Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets traitement coque de noix)	84
Figure III. 4.4.A Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à base de noix et déchets de céramique	84
Figure III. 4.4.B Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à base de noix	85
Figure III. 4.4. C Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à de noix et les fibres métalliques	85

Figure III. 4.4. D Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à traitement coque de noix	86
Figure III.4.5.A La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)	87
Figure III.4.5.B La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.(MAP â base de déchets coque de noix)	88
Figure III.4.5.C La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base BAP â base de déchets traitement coque de noix (MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métallique)	88
Figure III.4.5.D La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.(MAP â base de déchets traitement coque de noix)	89
Figure III.4.6.A La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de coque de noix et céramique	90
Figure III.4.6.B La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de coque de noix	91
Figure III.4.6.C La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de coque de noix et les fibres métalliques	91
Figure III.4.6.D La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de traitement coque de noix	92


Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Le béton est actuellement l'un des matériaux de construction les plus utilisés dans le monde. La simplicité de leur fabrication et de leur pose, leur faible prix, les performances mécaniques et la durabilité qu'ils procurent ont légitimé leur utilisation pour la réalisation des ouvrages les plus divers, notamment les bâtiments, immeubles, ponts, routes, barrages, centrales thermiques et nucléaires, etc.

Après avoir recherché l'amélioration de la résistance et de la durabilité, un pas de plus est franchi avec le Béton Auto-Compactant (SCC).Le béton auto pressant est un béton spécial, très fluide, qui se prend et s'étire sous la seule action de la gravité, et donc sans aucune vibration interne ou externe, même dans la plupart des voûtes en fer, uniquement si le matériau fini a des propriétés homogènes, c'est-à-dire , s'il n'a subi aucune séparation.

Ce travail présente une étude expérimentale sur l'effet d'un nouveau type de résidus végétaux, les déchets de brou de noix, sur les performances du lisier appliqué. Une étude expérimentale a été menée pour évaluer les propriétés du lisier à l'état mou et à l'état dur en remplaçant le sable par des résidus de coques de noix dans différentes proportions.

Ainsi, cette thèse est structurée autour de deux chapitres :

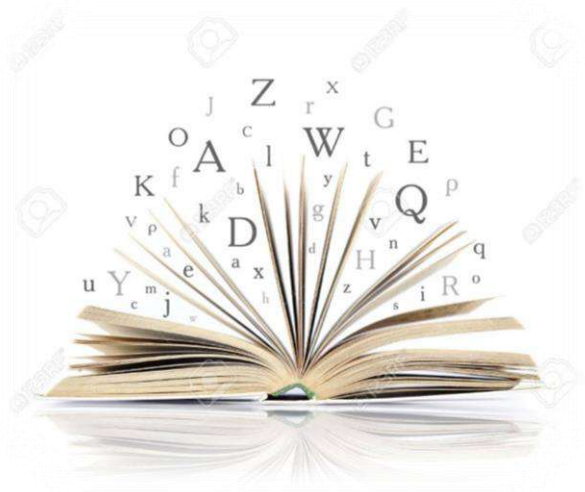
Le premier chapitre est intitulé Étude bibliographique. Nous avons choisi dans notre recherche les schémas suivants : Première partie, nous présentons la valorisation des déchets, la détermination des déchets végétaux (coque de noix) puis nous avons fait un exposé sur l'estimation du lisier et une réaction de valorisation des déchets de noix sur les propriétés des matériaux cimentaires.

Nous avons examiné le deuxième chapitre dans la caractérisation des matériaux utilisés dans la formation des boues, deuxièmement la préparation et la conservation des échantillons d'essai qui passent par la formulation et le mélange des boues ordinaires, et enfin dans l'expérimentation du protocole décrit pour la caractérisation des boues. Frais et partagé.

A la fin de ce travail dans un dernier endroit nous donnerons une conclusion générale.

Chapitre 1 :

Synthèse Bibliographique



I.1. INTRODUCTION

Un béton auto plaçant (BAP) est un béton fluide, très fluide, très déformable, homogène etstable qui se met en place par gravitation et sans l'utilisation d'un moyen de vibration, ilépouse parfaitement les formes des coffrages les plus complexes, il ne doit pas subir déségrégation et doit présenter des qualités comparables à celles d'un béton vibré classique. Les bétons auto plaçant se caractérisent en général par une formulation contenant au moins un adjuvant chimique et un ajout minéral en proportion bien précis pour satisfaire les exigencesen matière de maniabilité et de stabilité. Toutefois, L'utilisation de ces béton ne se répand quelentement à travers le monde, car leur formulation est inhabituelle et nécessite une leproblème de la formulation des bétons c'est renouvelé en profondeur au cours des dernièresdécennies, principalement du fait de l'utilisation croissante et souvent conjointe des super-plastifiant et des agents colloïdal d'une part et des additions minérales d'autre part.[1]

I.2. BETON AUTOPLAÇANT

I.2.1.Définition

Le béton auto plaçant (dénommé aussi auto-compactant) est défini comme suit dans l'Annexe nationale NA de la norme SN EN 206-1.Le béton frais est appelé auto plaçant lorsqu'il se compacte suffisamment grâce à son poids propre tout en ne présentant pas de ségrégation. Le BAP et le béton vibré se différencient par les propriétés du béton frais et le mode de mise en œuvre. [2]

Le béton auto-compactant est un béton qui se compacte de lui-même par effet gravitaire, sans aucun apport d'énergie de compactage par exemple (vibration, damage.....).

Les propriétés caractéristiques de ce béton sont les suivantes :

- Fluidité et viscosité élevées, sans aucune tendance à la ségrégation (comme du miel).
- désaération du béton pendant son écoulement.
- excellente aptitude au remplissage des moindres recoins du coffrage par un béton

Homogène, même en présence de réservations, d'incorporés et de ferraillage dense.

Le Dispendieux et fastidieux travail de vibration est ainsi supprimé. [3]

Avantages techniques

Avec l'apparition des BAP, les opérations traditionnelles de coulage, d'étalement, de talochage et de surfaçage se réduisent à une étape de coulage suivie d'un dé bullage dans le cas des applications horizontales. Pour les opérations verticales, les divers déplacements sur les banches, à travers trappes et échelles, sont réduits de manière significative.

On peut résumer ses avantages techniques dans les points suivants:

- Facilité et rapidité dans la mise en œuvre du béton (coulage en un seul point, augmentation du débit de béton pompé) ;
- Bétonnage en milieux fortement ferraillés ;
- Amélioration de la qualité des parements et de l'enrobage des aciers ;
- Réalisation d'éléments de forme plus complexe.

Avantages socio-économiques

Nous avons vu que la fluidité des BAP est telle qu'il n'est plus nécessaire de les vibrer pour les mettre en œuvre. La suppression de la phase de vibration est particulièrement bénéfique pour les personnes chargées de la mise en place, puisque cela implique :

- une diminution du bruit sur site
- une diminution de la pénibilité des tâches
- uneréduction des risquesd'accident
- Réduction du coût de la main d'œuvre.
- Absence de systèmes de vibration (intérieurs ou extérieurs) réduisant ainsi les coûts et les nuisances sonores dans et au voisinage du chantier.
- Réduction du temps de bétonnage et des besoins de ragréage.
- Toutefois, certains points restent à surveiller dans l'utilisation du béton auto plaçant
- Augmentation du coût des matières premières, par la présence des nouveaux adjuvants, et des différentes additions minérales ;
- Compatibilité des matériaux ;
- Etanchéité des coffrages.

I.2.2.Historique de béton Auto plaçant

Les chercheurs K. OZAWA ET K. MAEKAWA de Université de Kochi (Tokyo) ont développé le premier prototype de BAP pendant l'été de 1988. Ces résultats ont été présentés par K. OZAWA pour la première fois au 2ème Congrès de l'Asie de l'Est et Pacifique sur le Génie Civil et la Construction, tenu en Janvier 1989 à Chiangmai (Thaïlande) . Trois années plus tard, en Mai 1992, au 4ème Congrès International CANMET & ACI à Istanbul,

l'intervention du K. Ozawa a accéléré la diffusion mondiale du concept de cette nouvelle génération de béton **[4].**

I.2.3. Classification de l'auto plaçant

La notion de classification des BAP est apparue tardivement et constitue pourtant unparamètre essentiel du développement de ces bétons.A l'origine, la formulation de BAP, imaginée par les Japonais (et, plus ra particulièrement, leprofesseur Okamura à la fin des années1980), est conçue pour réaliser des ouvrages desgénies civil, à forte densité d'armatures, pour lesquels des anomalies des mises en œuvreétaient redoutées. Aujourd'hui, et plus particulièrement en Europe, l'utilisation des BAP sedéveloppe dans le domaine de la préfabrication et dans celui du béton de bâtiment coulé enplace, nécessitant des formulations de BAP différentes : pour le bâtiment elles doivent êtremoins performantes techniquement(en termes de caractéristiques mécaniques a 28 jours et dequalités d'ouvrabilité) et plus économiques. Par contre, la problématique spécifique de lacapacité à donner de beaux parements est à prendre en compte pour les applications verticales.On distingue donc aujourd'hui, en France (conformément aux recommandations pour éditéespar l'AFGC et le PN BAP), trois catégories :

- Catégorie 1 : il s'agit des ouvrages horizontaux de faible épaisseur (planchers,dallages) pour lesquels le ferraillage est léger et le béton peut étire facilement répartisur toute la surface.
- Catégorie 2 : elle couvre les ouvrages horizontaux épais pour lesquels les risques deségrégation statique sont importants, et les ouvrages verticaux courants (on exclut lecas des ouvrages à très forte densité de ferraillage).
- Catégorie 3 : ce sont les ouvrages exigus ou très fortement ferraillés (pour lesquels l'écoulement du béton dans le coffrage est le plus difficile).A chaque catégorie correspondent des spécifications particulières pour le BAP à l'étatfrais, définies ci-après. **[5]**

I.2.4.PARTICULARITE DE FORMULATION DES BAP

Les BAP sont des bétons à quatre composants : le liant, les granulats, l'eau et les ajouts. Les granulats et le ciment utilisés pour un BAP sont les mêmes que ceux utilisés pour la fabrication d'un béton ordinaire. Ce qui particularise la composition des BAP, c'est la proportion des différents constituants et non pas leurs propriétés. En plus des granulats, la formulation d'un BAP se distingue par la présence d'un ajout chimique et /ou minéral.

Les BAP se différencient des bétons traditionnels vibrés, notamment par leurs propriétés à l'état frais. Ces propriétés se caractérisent principalement par :

- Une mobilité en milieu confiné ou non ;
- Une stabilité une fois mise en place.

Pour pouvoir assurer ces caractéristiques, la composition d'un BAP diffère de celle des bétons classiques. Elle se caractérise par un volume de pâte (ciment + additions minérale et chimique +eau+air) élevé, et un volume plus faible de granulats, ce qui limite les frottements inter granulaires. Le rapport granulat/sable exprimé en masse est généralement de l'ordre de 1 pour un BAP. De plus, pour limiter le risque de blocage dans un milieu fortement ferraillé, la taille maximale des granulats est comprise entre 10 et 20 mm

La pâte qui doit répondre à une fluidité suffisante doit en même temps minimiser le risque de ségrégation et de ressuage. Un BAP incorporera alors une quantité élevée de fines et une quantité d'eau relativement faible. La fluidité souhaitée sera atteinte en introduisant des additions chimiques telles que les super plastifiants **[6]**.

A. *Un grand volume de pate*

En considérant le béton comme un mélange de pâte et de granulats, il existe une quantité de pâte minimum nécessaire au remplissage des interstices entre les granulats. La quantité de pâte supplémentaire provoque une certaine dispersion des granulats, limitant ainsi les frottements inter granulaires, et confère au matériau sa fluidité, son volume dans les BAP est donc élevé (330 à 600l/m^3).

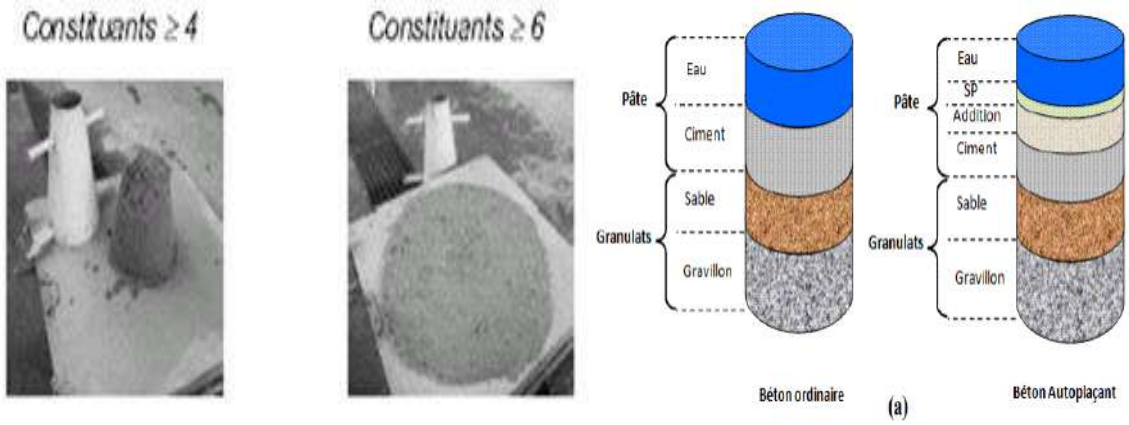


Figure I.2.4.A: Composition d'un béton ordinaire (BO) et d'un BAP **[7]**.

Certains auteurs ont effectivement mis en évidence l'existence d'une relation entre la quantité de pâte de ciment et l'étalement du béton (figure 1.2) **[7]**.

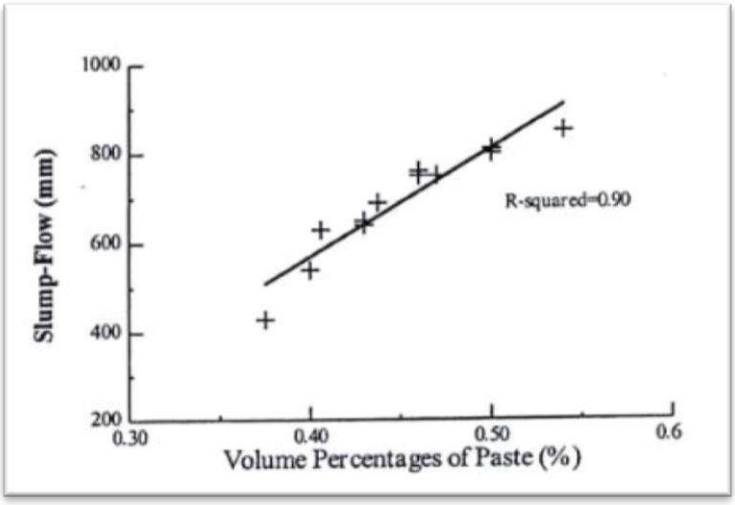


Figure I.2.4.B: Relation entre l'étalement et la quantité de pâte d'un béton [7].

B. *<u>Une quantité de fines importante</u>*

Pour augmenter la quantité de pâte d'un BAP, on peut alors envisager d'augmenter la quantité de ciment. Or ceci conduirait à une augmentation significative du coût du matériau mais également à des problèmes de retrait dus à l'élévation de la température lors de l'hydratation du ciment. Il est donc nécessaire de remplacer une partie du ciment par des additions minérales.

Les compositions de BAP comportent une grande quantité de fines (environ 500 kg/m^3) pour limiter les risques de ressuage et de ségrégation. Toutefois, le liant est fréquemment un mélange de deux, voire trois constituants, pour éviter des chaleurs d'hydratation trop grandes(et un coût de formule trop élevé).

Différentes additions sont citées dans la littérature : cendres volantes, laitiers de hauts fourneaux, fumées de silice, pouzzolane naturelle et filler calcaire. L'introduction d'additions minérales entraîne une modification de la porosité de la matrice cimentaire et influence les caractéristiques mécaniques et autoplaçantes du béton **[8]**

C. *<u>L'emploi de super plastifiants</u>*

Les super plastifiants permettent en effet de dé floculer les grains de ciment. Ils agissent par répulsion électrostatique en neutralisant les charges électriques présentes à la surface des

grains et/ou par répulsion stérique en écartant les grains les uns des autres, grâce à des chaînes moléculaires très longues. L'eau initialement piégée entre les flocs est de nouveau disponible pour l'hydratation ou pour fluidifier le mélange (Figure I.2.4.C). Il devient donc possible de fabriquer des bétons très fluides, même avec moins d'eau qu'il n'en faut pour hydrater le ciment, donc de fabriquer des bétons à faible rapport E/C, faciles à mettre en place**[9, 10]**.



Figure I.2.4.C : Action du super plastifiant dans un mélange de béton **[10]**.

D. *L'utilisation d'un agent de viscosité*

L'ajout d'un super plastifiant ayant pour effet d'augmenter l'ouvrabilité du béton mais également de réduire sa viscosité, afin de minimiser ce dernier point, les BAP contiennent souvent un agent de viscosité. Ce sont généralement des dérivés cellulosiques, des polysaccharides, des colloïdes naturels ou des suspensions de particules siliceuses, qui interagissent avec l'eau et augmentent la viscosité de celle-ci. Ils ont pour but d'empêcher le ressuage et les risques de ségrégation en rendant la pâte plus épaisse et en conservant une répartition homogène des différents constituants.

Les agents de viscosité ont aussi la réputation de rendre les BAP moins sensibles à des variations de la teneur en eau à l'égard des problèmes de ressuage et de ségrégation, mais ils peuvent conduire à des entraînements d'air excessifs et à une diminution de la fluidité **[11]**.

E. *Un faible volume de gravillon*

Les BAP peuvent être formulés avec des granulats roulés ou concassés. Cependant, il faut en limiter le volume car les granulats sont à l'origine du blocage du béton en zone confinée (figure 1.3). Toutefois, comme ils conduisent par ailleurs à une augmentation de la compacité du squelette granulaire du béton, ils permettent de réduire la quantité de liant nécessaire à une bonne ouvrabilité et une résistance souhaitée **[11]**.

Ces deux facteurs conduisent à prendre pour les BAP un rapport gravillon/sable (G/S) de l'ordre de 1, qui peut être corrigé suivant le confinement de la structure étudiée. Le diamètre maximal des gravillons (D^{MAX}) dans un BAP est compris classiquement entre 10et 20 mm, mais comme les risques de blocage pour un confinement donné augmentent avec D^{MAX}, cela conduit à diminuer le volume de gravillon **[6]**.

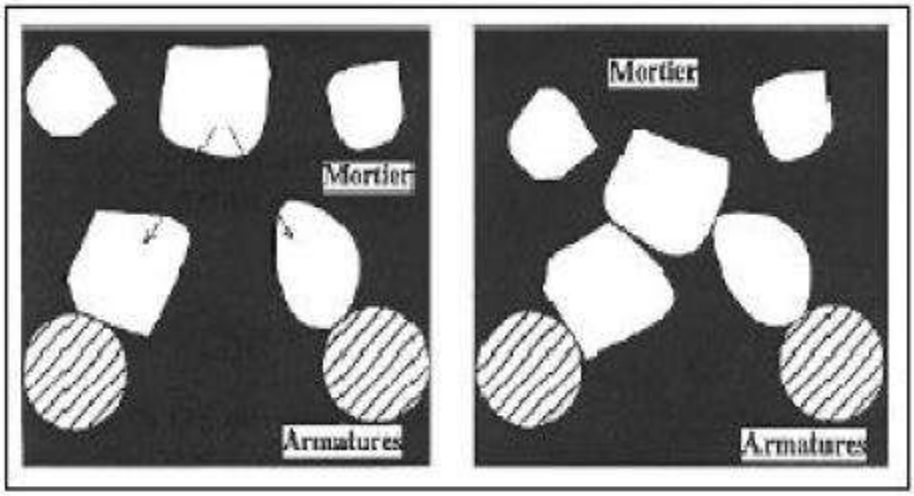


Figure 1.3 : Phénomène de blocage des granulats au droit d'un obstacle **[11]**.

I.2.5. CARACTERISTIQUE DES BAP A L'ETAT FRAIS

Les bétons autoplaçantes sont des matériaux encore relativement nouveaux au monde de construction , les caractéristiques les plus importantes pour la mise en œuvre du BAP sont la fluidité, la viscosité et la résistance envers la ségrégation.

I.2.5.1. Fluidité

La fluidité caractérise la capacité du béton à s'écouler sous son propre poids avec un débit suffisant. L'essai le plus courant pour caractériser la fluidité des BAP est l'essai d'étalement au côned'Abrams. On mesure le diamètre de la galette obtenue après étalement. Cette mesure permet de déterminer la capacité du matériau à s'écouler en milieunon confiné et sans obstacle.

Les constituants du BAP ont une grande influence sur sa fluidité (dosage, quantité de la pâte, dimensions des granulats).La présence d'une quantité de pâte supplémentaire provoque une certaine dispersion des granulats, limitant ainsi les frottements inter granulaires, et confère au matériau sa fluidité (figure I.2.3.1.).

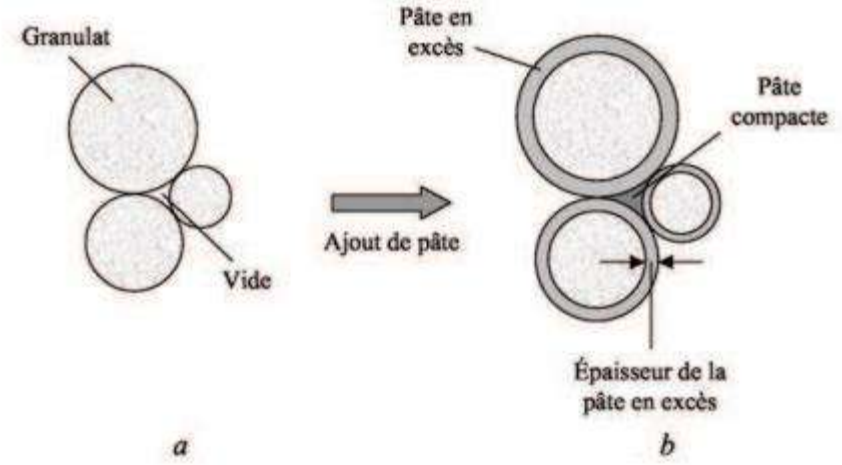


Figure I.2.3.1.: Dispersions des granulats par excès de pâte **[10]**.

L'AFGC **[12]** ne donne pas de recommandations particulières sur ce sujet et déclare que des granulats roulés ou concassés peuvent être utilisés dans les BAP. Il est généralement

Admis que les granulats ronds confèrent au béton une plus grande ouvrabilité.

OuchietEdamatsu**[13]** observent que moins il y a de frottements entre les grains de sable, plus les mortiers 'écoule facilement et donc plus le béton lui-même s'écoule facilement. D'après eux, la résistance au cisaillement du mortier augmenterait en fonction de l'effort normal en gendré par le rapprochement entre les grains du sable et serait dépendante de la quantité de particules fines contenues dans le mortier. En d'autres termes,Yen et al.**[14]** mettent en évidence un phénomène similaire. Pour un même dosage en gros granulat (pour un rapport eau sur liant (E/l) et un dosage en super plastifiant constants) plus la quantité de sable est faible, plus l'étalement du béton est important.

L'ajout d'un super plastifiant permet ainsi d'augmenter significativement la fluidité des BAP. Donc ils permettent d'obtenir des bétons très fluides en réduisant les frottements entre grains de ciment et en libérant une certaine quantité d'eau. Leur utilisation n'est pas suffisante dans le cas des BAP. Nous avons vu que la fluidité de la pâte avait une certaine influence sur le comportement du matériau mais que la quantité de pâte jouait également un rôle vis-à-vis la fluidité du mélange. Les interactions entre les plus gros grains doivent aussi être réduites, il est donc nécessaire de les remplacer avec des fines pour assurer une bonne fluidité.

I.2.5.2.Homogénéité

Lors de leur mise en œuvre, les BAP sont soumis à différentes sollicitations. Dans un premier temps, le matériau doit s'écouler et passer à travers des armatures plus ou moins denses. Une fois le remplissage effectué, le matériau est soumis à la gravité jusqu'à la prise. Afin de rester homogène tout au long de ces différentes étapes, le matériau doit répondre à ces sollicitations de différentes manières.

- *Ségrégationdynamique :*

Afin de vérifier la capacité de béton à s'écouler à travers des armatures, l'essai le plus répandu pour caractériser la ségrégation dynamique des BAP est l'essai de la boite en L.

Pour limiter le risque de blocage, et d'après l'AFGC, le diamètre maximal des gravillons est compris entre 10 et 20 mm. Moins il y a d'interaction entre les particules, plus le bétons 'écoule facilement quelle que soit la configuration d'essai **[10]**

Pour limiter le risque du blocage, on doit réduire la quantité des gros granulats en prenant en considération que l'augmentation de la quantité du sable en détriment des gros granulats ne soit pas trop élevée parce que cela augmente la résistance à l'écoulement et la viscosité. Parailleurs, la viscosité doit être relativement faible pour que le BAP s'écoule avec un débit important. Mais nous avons vu qu'elle doit être suffisante pour résister au cisaillement généré par le déplacement des granulats lors de l'écoulement. L'intérêt d'utiliser une quantité de fines élevée apparaît donc de nouveau puisque la viscosité du matériau peut être augmentée (en augmentant la fraction volumique du fluide) tout en limitant le volume de sable.

I.2.6. PROPRIETES DES BAP A L'ETAT DURCI

I.2.6.1. Résistance mécanique

La résistance à la compression est influencée par plusieurs facteurs, un béton Auto plaçant avec un rapport E/P similaire, aura généralement une résistance légèrement plus élevée en comparaison à celle du béton ordinaire à cause du manque de vibration donnant une meilleure interface entre les agrégats et la pâte durcie **[15]**. La structure d'un béton auto plaçant est donc supposée être plus compacte et plus homogène que le béton ordinaire vibré, conférant au béton auto plaçant une amélioration de résistance mécanique **[16]**(Figure 1.2.6.1).

Un autre élément influençant la résistance à la compression est le volume de la pâte. Turcry et al. **[19]** montre que le volume de pate a un effet réel mais limité sur la résistance en

compression. Une diminution de 12% de la résistance est observée pour une augmentation de volume de pâte à 57%. De même, Pineaud **[18]** constate que le volume de pate a une faible influence sur la résistance en compression.

Du moment que le BAP est formulé avec un faible rapport E/P (0,28 à 0,42) et une teneur en poudre élevée (450 à 600 kg/m3), sa résistance à la compression est plus grande que celle du béton vibre **[20]**.

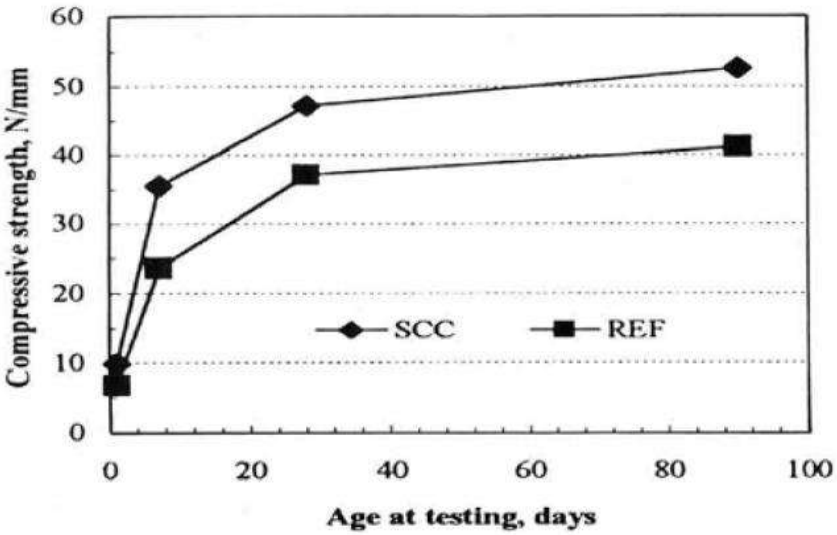


Figure I.2.6.1.: Evolution de la résistance mécanique d'un BAP (SCC) et d'un BV (REF) correspondant **[17]**.

Uysal et al. **[21]** et Zhu et al. **[22]** affirment que cette augmentation de résistance est d'autant plus marquée pour les BAP que la finesse du filler (exprimée en valeur Blaine) est grande (figure 1.6). Cet effet tend lui aussi à s'annuler au-delà de 28 jours. Uysal et al. **[21]** ont montré que les BAP avec des poudres de marbre présente une grande résistance cause de sa finesse réduit par rapport aux autres additions utilisées. De même le pourcentage d'addition comme le laitier diminue la résistance de BAP (figure 1.7) **[23]**.

Le dosage plus ou moins important en adjuvants dans les formulations de BAP peut aussi avoir une influence sur l'évolution de la résistance mécanique du béton. De même, certains super plastifiants utilisés pour contrôler la fluidité des formulations ont pour effets secondaires de retarder le temps de prise et d'augmenter le développement de la résistance mécanique Shi et al cité par **[20]**. Etant donné la défloculation du liant hydraulique qu'ils engendrent, leur dosage important dans les BAP conduit à considérer que ceux-ci seront plus résistants que des bétons vibrés supposés similaires au départ.

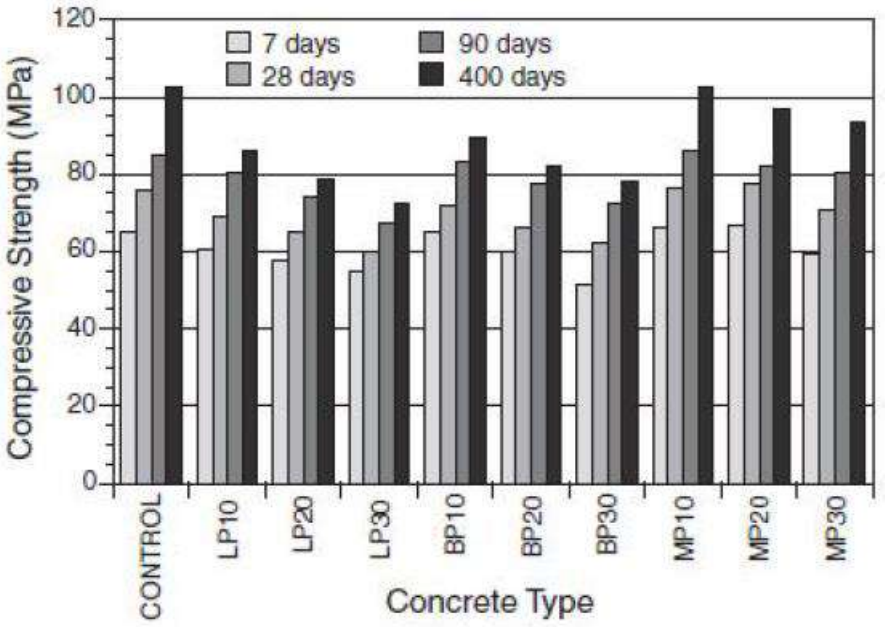


Figure I.2.6.2. : Résistance mécanique d'un béton vibré et de dix mélanges de BAP avec des additions (fillers calcaires, fine de marbre, poudre de basalte) **[22]**.

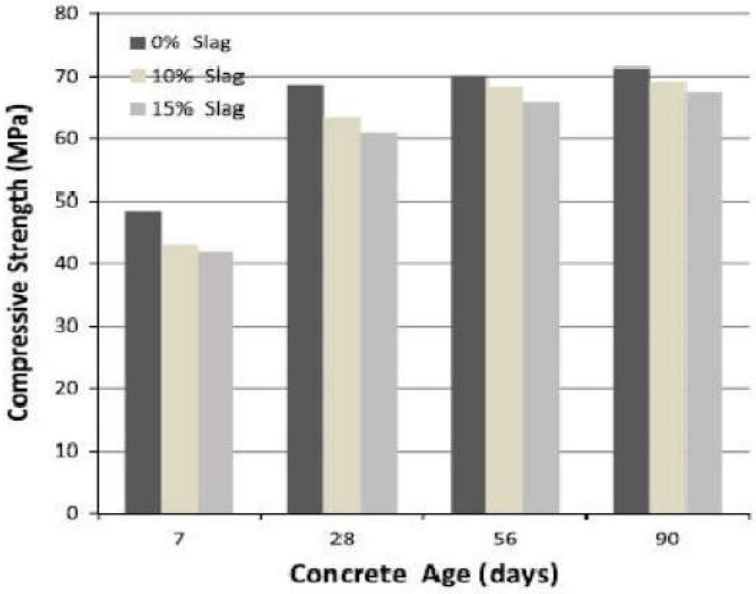


Figure I.2.6.3.: l'évolution de la résistance en fonction de l'âge d'un BAP réalisé avec différents dosages de laitier **[23]**.

I.2.6.2. Vitesse ultrasonique

La vitesse de propagation d'ondes est une mesure non destructive qui vise à examiner la structure interne du béton, c'est-à-dire la présence des vides et fissures. En effet, la présence des vides et fissures réduit la vitesse ultrasonique et par conséquent la qualité du béton.

En général, les BAP présentent des vitesses ultrasonique élevées allant dans certains cas à 5000m/s, ce qui peut être dû au fait que les BAP sont formulés avec une teneur en fines élevée qui rend leur microstructure plus danse et leurs pores plus petites. C'est pour cette raison que les BAP possèdent d'excellentes qualités **[21, 24]**.

I.2.6.3. Absorption d'eau

La formulation particulière des BAP (volume de pâte plus important, additions minérales) pourrait les entraîner à posséder une absorption d'eau inferieur à celles des bétons vibrés. Selon Kapoor et al.**[25]**, la valeur d'absorption d'eau par immersion des BAP est 1% contre 2% pour les bétons vibres. Et même pour l'absorption capillaire **[26]**, présente des valeurs inferieurs à celles des bétons vibrés et elles sont d'autant plus faibles qu'ils contiennent des fillers calcaires ou des cendres volantes.

Contrairement, Assie **[20]** a cité des résultats donnés par Boel**[27]**qui prouvent que l'absorption par immersion et par capillarité des BAP est analogue à celle des bétons vibrés correspondants (SCC1 et TC1). Ces deux grandeurs augmentent avec le rapport E/C (SCC4 a un rapport E/C de 0,36 et SCC2-SCC7 de 0,55) par suite de l'augmentation du nombre de pores et de leur taille. L'influence du filler calcaire est bénéfique pour l'absorption capillaire et néanmoins néfaste pour l'absorption par immersion (SCC5 et SCC7).

I.2.6.4. Retrait

Persson **[28]** montre aussi que les BAP sont sujets à des déformations libres (retrait sendogène et de dessiccation) équivalentes à celles des bétons vibrés pour un grand domaine de résistance. L'augmentation de volume de pâte produit une augmentation de retrait **[29]**(figure **1.2.4.4.A**).

Concernant le retrait, les résultats divergent. Pour certains, les entraîneurs d'air n'ont pas d'effet sur le retrait, ce qui est a priori paradoxal. A l'opposé, ces adjuvants semblent augmenter le retrait, par augmentation de la diffusivité du matériau.

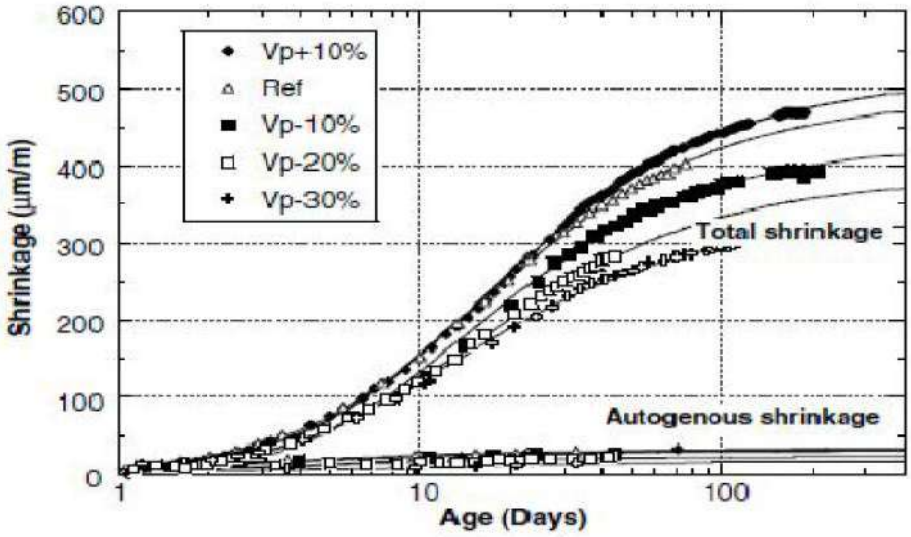


Figure 1.2.4.4.A. le retrait endogène et le retrait total des bétons autoplaçantes en variant le volume de pâte **[29]**.

Le retrait total est sensiblement le même pour les mortiers contenant de l'adjuvant ; il est environ 10% plus grand pour le mortier sans adjuvant (figure **1.2.4.4.B**). On peut d'abord suspecter le super plastifiant d'être un produit tensio-actif et donc de diminuer la pression capillaire. Mais, dans cette hypothèse, son effet ne doit pas être très important, puisqu'entre 0,5 et 1% le retrait n'évolue pas **[29]**.

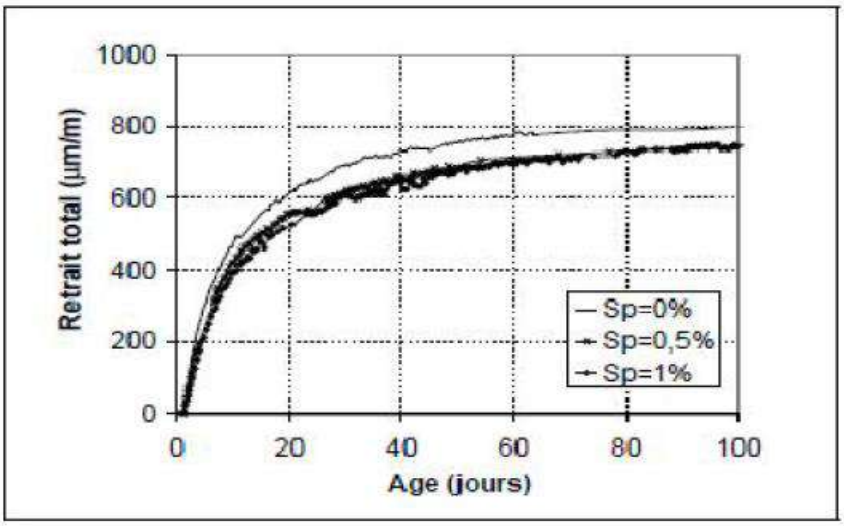


Figure 1.2.4.4.B: Effet du dosage en super plastifiant sur le retrait Total **[29]**.

I.3.1.Valorisation des déchets et sous-produits industriels dans le génie civil

I.3.1.1 Définition

Un déchet se définit simplement par un objet en fin de vie ou une substance issue d'un processus, jugés devenus inutiles, dangereux ou encombrants, et dont on veut se débarrasser. Chapitre I Recherche Bibliographique2019/2020 Page 10Tout objet qui doit être jeté car il est cassé, usé, contaminé, ou abimé d'une manière ou d'un autre, pour certains, sera qualifié de déchet, mais ne sera pas nécessairement considéré comme tel par les autres. [30**]**.

I.3.1.2 Valorisation

La valorisation est définie comme "L'élimination des déchets comporte les opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement nécessaires à la récupération des éléments et matériaux réutilisables ou de l'énergie, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel de tous autres produits dans des conditions propres à éviter les nuisances". Avant de valoriser un déchet, il faut connaître son origine, l'analyser, caractériser son état actuel et son comportement dans le temps et évaluer sa traficabilité. Il s'agit donc de «mesurer pour connaître et connaître pour agir». L'approche globale du déchet permettra d'en définir son de venir, à savoir quel type de valorisation choisir. [30].

I.3.1.3Méthodes de valorisation

a. **Valorisation matière** Elle est appelée également, recyclage mécanique, il s'agit de l'opération globale consistant à la production d'une nouvelle matière à partir d'un déchet. [30]

b. **Valorisation énergétique** Elle est appelée également, recyclage énergétique, elle vise la production d'énergie calorifique. Plusieurs techniques permettent d'atteindre cet objectif dont les plus connus sont l'incinération, la pyrolyse ou la thermolyse. Cette énergie calorifique peut être utilisée surplace ou transformée par la suite en énergie électrique, en fonction des besoins du moment ou du lieu de traitement. [30]

c. **Valorisation chimique** Il s'agit de tout processus chimique permettant la transformation d'un déchet en des Produits chimiques utilisables comme intermédiaires réactionnels dans l'industrie chimique.[30].

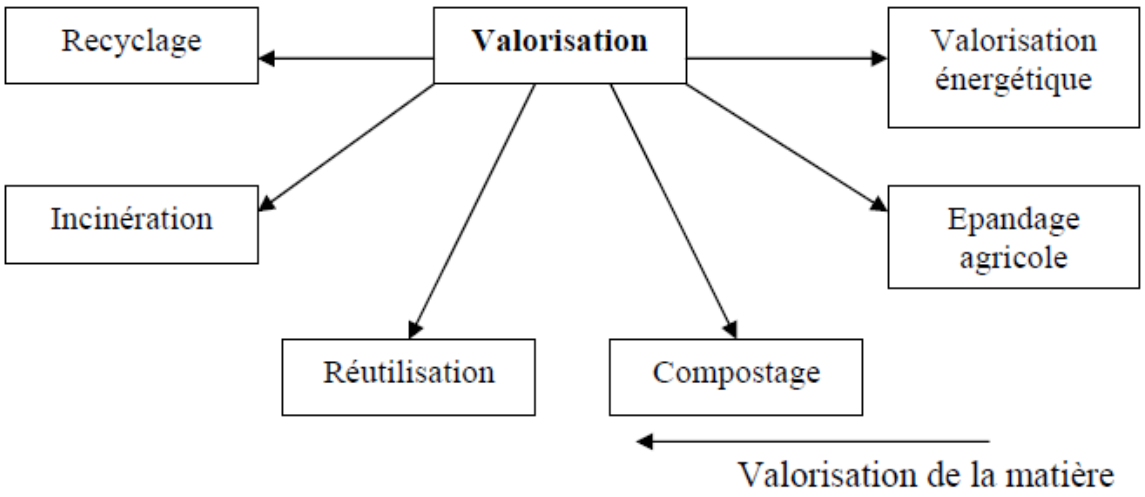


Fig. I .4. Valorisation des déchets (Clastres, 2004).**[31].**

I.3.2. Types des déchets[32]

On distingue plusieurs types des déchets :

a. Les déchets biodégradables Résidus verts, boues d'épuration des eaux, restes alimentaires..., qui s'assimilent en première approche à la biomasse. Ces déchets sont au moins pour partie détruits naturellement, plus ou moins rapidement, en général par les bactéries, champignons et autres micro-organismes et/ou par des réactions chimiques (oxydation, minéralisation), laissant des produits de dégradation identiques ou proches de ceux qu'on peut trouver dans la nature, parfois néanmoins contaminés par des résidus de pesticides, de métaux, dioxines, etc. ,selon leur origine. Ils peuvent être revalorisés par différentes filières (bioénergie, biocarburants, Compostage/Amendements / engrais...).

b. Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux À la différence du déchet banal peuvent entrer dans la catégorie des déchets dangereux, dont font partie les déchets toxiques et les déchets radioactifs qui doivent faire l'objet d'un traitement tout à fait particulier en raison de leur nocivité particulière liée à la radioactivité. Parmi les déchets nucléaires, on distingue les déchets radioactifs ultimes.

c. Les déchets recyclables Matériaux de construction, métaux, matières plastiques : ces matériaux peuvent être réutilisés tels quels dans d'autres domaines ou recyclés : par exemple, les métaux sont refondues réintégrés dans de nouvelles pièces, les plastiques sont hachés et servent de rembourrage ou de combustible.

d. Déchets organiques Les termes suivants recouvrent la même notion : bio déchets ou déchets fermentescibles ou FFOM (fraction fermentescible des ordures ménagères). Il s'agit de :Déchets végétaux des parcs et jardins (déchets verts).Déchets organiques de la cuisine (restes de repas, épluchures, papiers essuie-tout, papier journal, fleurs coupées, marc de café, filtres à café, sachets de thé, coquilles d'œufs...).

I.3.3 Différents déchets utilisés en génie civil

En général les déchets sont classés en cinq catégories comme illustrés ci –dessous ; bien quels déchets utilisables en génie civil soient les déchets inertes, les déchets ménagers et les déchets en sous-produits industriels dans des conditions spécifiques. [33]

A-Déchets industriels dangereux mais non toxiques

Ce type de déchets regroupe généralement :

- Des déchets de fer, de cuivre, de plomb,
- Des déchets contenant des fibres d'amiante,
- Des produits de préservation du bois,
- Des déchets solides dangereux de construction et de démolition de bâtiment

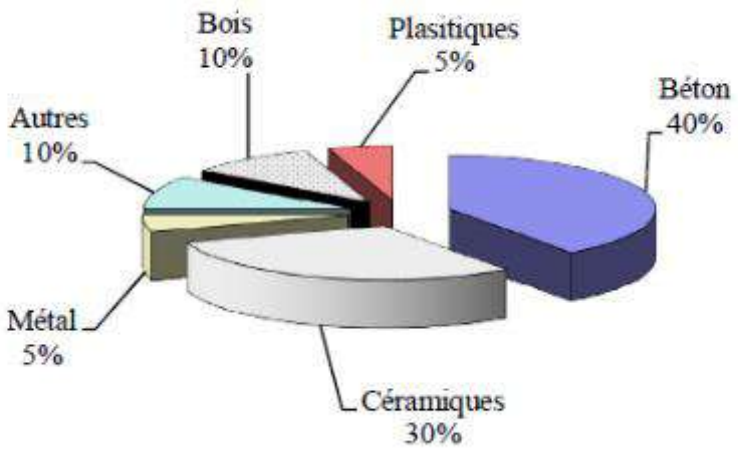


Figure I.3.3: Composition de base des déchets de démolition en Europe (2004)[34]



Fig. I.3.3.A Les déchets dangereux

B-Déchets inertes

Ce sont des déchets non susceptibles d'évolution physique, chimique ou biologique importante. Ils sont essentiellement constitués de déblais et gravats et ne doivent pas être mélangés avec d'autres déchets. Les dépôts de déchets inertes sont souvent à l'origine de décharges sauvages. [34].



Fig. I.3.3.B Les déchets inertes

C-Déchets toxiques

Ils sont à caractère industriel et obtenus en général après traitement chimique des matériaux synthétiques. Certains déchets toxiques sont mélangés en faible quantité à des produits non polluants. Il est alors impossible de recycler ces produits sans les avoir débarrassés des déchets toxiques. [33]

D-Déchets industriels dans des conditions spécifiques

Ils proviennent d'industries générant de très grandes quantités de déchets en sous-produits industriels, dont les caractéristiques sont bonnes et relativement stables (cendres volantes les scories d'aciéries, le laitier, les cendre volante, etc.) [33]

E-Déchets ménager et assimilés

Ce type de déchets regroupe :

- Des déchets en matériaux de synthèse,
- Des déchets solides non dangereux de construction ou de démolition de bâtiment à caractère industriel.
- Déchets volumineux ou "encombrants" soit collectés en porte à porte, soit réceptionnés dans une installation mise à la disposition des ménages.
- Déblais et gravats produits par les ménages réceptionnés dans des déchetteries ou des dépôts réservés aux seuls déchets inertes.
- Déchets ménagers spéciaux (DMS), ne pouvant en raison de leur danger être éliminés sans risques avec les déchets ménagers. Ils sont réceptionnés dans des déchetteries équipées à cet effet.
- Déchets végétaux issus de l'habitat pavillonnaire.
- Déchets de l'automobile (huiles, épaves, batteries, pneus, ...).
  Des déchets commerciaux, emballages et autres résidus générés par les activités commerciales comme les déchets plastiques. [33]

F- Les déchets industriels banals (D.I.B.)

Appelés quelquefois déchets industriels assimilés aux déchets ménagers, sont constitués de déchets non dangereux et non inertes. Ils contiennent effectivement les mêmes composants que les déchets ménagers mais en proportions différent. [33].

I.4. Recyclage

I .4.1. Activité du recyclage des déchets en construction

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets et de réintroduction des matériaux qui en sont issus, dans un nouveau cycle de vie. L'un des exemples les plus connus illustrant ce procédé est celui de la fabrication de bouteilles en verre grâce aux bouteilles usagées. Le verre est recyclable à l'infini. Le recyclage a deux conséquences écologiques majeures : la réduction du volume des déchets, et donc de la limitation de la pollution qu'ils causeraient (certains matériaux mettent des décennies, voire des siècles à se dégrader) et la préservation des ressources naturelles, car la matière recyclée est utilisée à la place de celle qu'on aurait dû extraire. **[36]**

Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dite des trois R :

- Réduire, qui regroupe tout ce qui concerne la réduction de la production de déchets.
- Réutiliser, qui regroupe les procédés permettant de donner à un produit usagé un nouvel usage.
- Recycler, qui désigne le procédé de traitement des déchets par recyclage.

I .4.1 Technique de recyclage

A)Procédés du recyclage

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage : chimique, mécanique et organique. Le recyclage dit « chimique » utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants. Le recyclage dit « mécanique » est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par Exemple pour broyer. Le recyclage dit « Organique » consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz.**[37]** Il existe 3 types de recyclage

- Le recyclage chimique qui utilise des réactions chimiques pour traiter les déchets ayant pour objectif de séparer les composants d'un même produit,
- Le recyclage mécanique qui utilise des machines pour transformer les déchets comme l'utilisation de broyeur,
- Le recyclage organique qui consiste après compostage ou fermentation à produire des engrais ou du carburant tel que le biogaz.

La récupération des déchets touche deux impacts très importants, l'impact environnemental qui est résout par l'évacuation de ces déchets et l'impact économique qui est l'utilisation de ces derniers dans l'industrie ou dans le domaine de la construction, ces déchets ont l'avantage d'être disponibles en grande quantité et avec de faible valeur marchande.**[38]**

Le recyclage de déchets permet de :

- Réduire ; extraction de matières premières.
- Réduire des pollutions et nuisances
- Préservé de la diversité biologique et des espaces naturels
- Protection des recourse naturels
- La protection de l'atmosphère
- Contrôle et déduire des déchets dangereux

I.4 Noix et coque de noix

La noix se distingue des autres fruits à écale et oléagineux par son contenu particulièrement élevé en acides gras polyinsaturés, principalement sous forme d'oméga-3, dont les bienfaits sur la santé cardiovasculaire sont bien démontrés. Lorsqu'on sait que le contenu en lipides de la noix ainsi que les autres principes actifs qu'elle contient apportent un lot de bienfaits sur la santé, on n'hésite plus à l'intégrer régulièrement à notre alimentation

La noix est particulièrement riche en **vitamine E** et **vitamines du groupe B**, ainsi qu'en **minéraux et oligo-éléments : potassium, phosphore, magnésium, calcium, fer.[39]**



Fig. I.4: fruit de la noix

I.4.1 La coque de noix

La coque de noix est devenue synonyme de petitesse dès le XVIIe siècle, l'expression étant déjà employée dans ce sens par John Locke dans son Essai sur l'entendement humain. L'expression fut ensuite donnée en surnom au coquet, un petit bateau circulant sur la Seine au début XVIIIe siècle. [40]



Fig. I.4.1 Coque de noix [12]

I.4.2 Historique

Les origines de la noix sont assez obscures. Certains botanistes affirment qu'elle proviendrait de nos contrées, reliquat des productions végétales de l'ère tertiaire. En Ardèche, une découverte a validé cette hypothèse : une noix de plus de 8 millions d'années a été retrouvée lors de fouilles archéologiques. Elle était consommée par l'homme de Cro-Magnon dans le Périgord il y a 17 000 ans !

Après sa disparition de nos contrées, le noyer aurait été réintroduit grâce à des souches venues des Balkans ou de la zone himalayenne.

Au XIIIe siècle, la noix prospère de nouveau dans le Dauphiné et le Périgord. Elle fait d'ailleurs la prospérité de cette dernière région. L'huile de noix, aussi précieuse que l'or, sert aussi bien à éclairer les modestes logements que les gigantesques Cathédrales. Elle fournit également les peintres et les élégantes, qui soignent leur corps avec.

Le commerce de la noix prospère à partir du XVe siècle et ne s'est pas encore tari jusqu'à aujourd'hui. [41]

I.4.3. Composition de la noix

La coque

Épaisse d'approximativement 1 millimètre, se sépare en de deux parties égales, de couleur beige à Marron selon l'origine, la noix atteint 4 centimètres de longueur. Entouré d'une membrane extérieure (le péricarpe, composé elle-même de l'épicarpe et du mésocarpe) de couleur verte se fendant à maturité. [41] La coque protège efficacement le noyau appelé cerneau. De forme ovoïde, elle se terminant en pointe à une extrémité. Très résistant, il convient d'utiliser des ustensiles adaptés afin de l'ouvrir sans difficulté. On peut observer des nervures gravées dans la coque rendant l'apparence des noisettes unique au monde, on ne retrouve aucune similarité dans l'aspect naturel avec d'autres fruits secs comparables. [41] La noix commune est un fruit à coque oléagineux très énergétique. Par rapport aux autres graines oléagineuses, elle se caractérise par sa richesse en acides gras polyinsaturés, comportant l'apport le plus élevé en oméga-3. La noix est aussi riche en tocophérol et composés phénoliques lui donnant une activité antioxydant puissante.

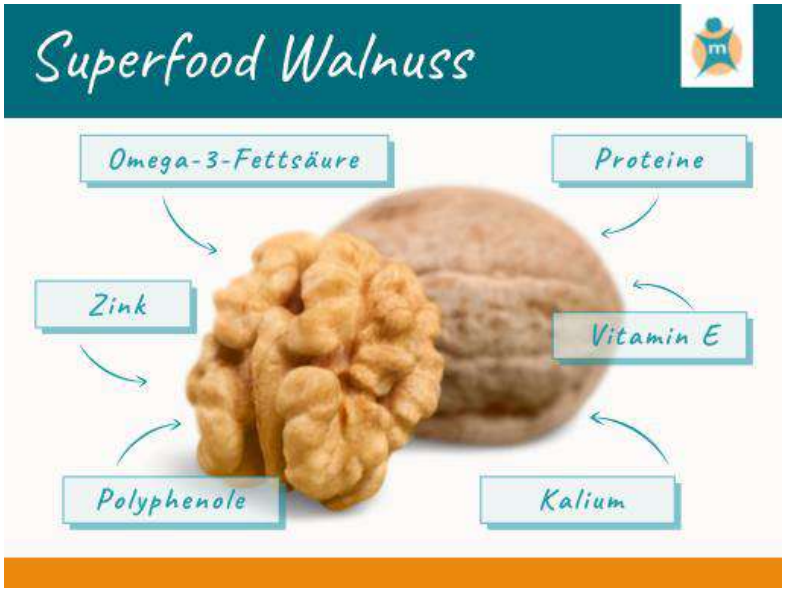


Fig. I.3.2 composition chimique de la noix

I.4.4. Les utilisations possibles de la coque de noix

Dans mon jardin, je dispose d'un noyer de la variété Franquette et de plusieurs noisetiers rouges.

C'est très agréable l'hiver de grignoter quelques noix et noisettes l'après-midi et c'est surtout très utile (pour leurs effets bénéfiques pour la santé) et très bon dans quantités de plats ou de desserts.

Mais on ne sait pas toujours quoi faire des coquilles vides. Je vous propose donc une petite liste non exhaustive de leurs utilisations possibles **[42]**

- **En drainage** : au fond des pots de fleurs, elles remplacent les cailloux
- **En paillage :**dans ces mêmes pots, cassés en morceaux, elles font de jolis paillages

- Dans les allées : lorsque j'ai beaucoup de coquilles, il m'arrive d'en mettre dans mes allées, au-dessus du Bref. C'est décoratif et amusant car cela craque lorsqu'on marche dessus.
- Pour allumer le feu : à la place des brindilles dont on ne dispose pas toujours, on peut mettre des coquilles de noix ou noisettes
- Comme abri à insectes : vous pouvez les regrouper dans un filet et accrocher celui-ci au jardin afin de former un abri à insectes original
- Pour fabriquer des personnages : lors d'une après-midi récréative avec les

Enfants, vous pouvez confectionner de petits personnages avec les coquilles, un peu de colle des allumettes, de la peinture et surtout de l'imagination.



Fig. I.4.2 paillage de jardine.

- Filtrage et séparation de liquides

1. Travaux de forage, c'est-à-dire dans des liquides/boues de forage et pour le nettoyage de conduites de tuyauterie
2. Matière de remplissage pour les revêtements, en particulier lorsqu'un effet antidérapant durable est souhaité
3. Matière de remplissage pour les matières plastiques renforcées par des fibres dans les Procédés d'extrusion ou de moulage par injection
4. Céramique : afin de renforcer la porosité et pour la cautérisation
5. Ébavurage de parties plastiques et composites
6. Produits agrochimiques : excipients pour les pesticides et herbicides
7. Engrais : en tant que poudre de base et liant

La poudre de coquilles de noix pour les applications cosmétiques [43] Les noix peuvent produire des réactions allergiques. Par conséquent, la poudre de coquilles de noix doit uniquement être intégrée avec précaution aux produits cosmétiques ou aliments. Même si les bio-granulés de coquilles de noix sont devenus une matière de remplacement appréciée pour le micro plastique dans certains produits cosmétiques, ils sont plutôt adaptés à une utilisation dans le domaine industriel. Nous proposons des solutions optimisées (p. ex. granulés de noyaux d'olives) offrant de nombreux avantages pour les produits fins de soin du corps comme les peelings pour le corps et le visage. [43].

La poudre de coquilles de noix est adaptée pour un usage en tant que matière de remplissage pour les produits ménagers à base végétale, p. ex. les blocs WC, les tablettes pour lave-vaisselle ou d'autres produits sous forme de tablettes. Grâce à ses bonnes propriétés liantes et de dispersives, la poudre de coquilles de noix se combine parfaitement avec les parfums et les colorants. Elle constitue donc un ingrédient polyvalent pour des biens de consommation biodégradables attractifs de tous types.

Bio Powder est un fabricant et un fournisseur renommé de poudre de granulés de fruits et de matériaux abrasifs biologiques sans additifs chimiques. Nous accordons une grande importance à la durabilité et sommes fiers de l'excellente qualité de nos produits. Nous offrons tous les avantages de la vente directe et livrons en Europe (p. ex. en Grande-Bretagne, en France, en Allemagne, en Suisse, en Autriche, etc.) et dans le monde entier [43].

I.5 Céramique et déchets de céramique

I.5.1 Céramique

I.5.1.1 Définition

Les céramiques sont définies selon le Larousse comme étant « Art de fabriquer les poteries, fondé sur la propriété des argiles de donner avec l'eau une pâte plastique, facile à façonner, devenant dure, solide et inaltérable après cuisson ». La société américaine ASTM (American Society for Testing and Materials) définit une céramique comme : « un article ayant un corps vitrifié ou non, de structure cristalline ou partiellement cristalline, ou de verre, dont le corps est formé de substances essentiellement inorganiques et non métalliques, et qui est formé par une masse en fusion qui se solidifie en se refroidissant, ou qui est formé et porté à maturité, en même temps ou ultérieurement, par l'action de la chaleur. » Les céramiques sont des matériaux inorganiques, non métalliques, nécessitant de hautes températures lors de leur fabrication. Il s'agit en général d'oxydes métalliques, et plus généralement de métaux oxydés, mais pas uniquement. Les céramiques ont en général une structure cristalline, parfois associée à une phase amorphe. Lorsque la majorité est amorphe, on parle de vitrocéramique ; lorsque la totalité est amorphe, on parle du verre. [44]

I.5.1.2 Historique

L'art de fabriquer des poteries en modelant et en cuisant l'argile a été pratiquée par lescivilisations les plus anciennes, et d'ailleurs l'examen des objets en terre cuite relevés au coursdes fouilles est l'un des meilleurs outils dont disposent les archéologues. La poterie remonte àau moins 15.000 ans avant notre ère ; elle est devenue une industrie en Égypte depuis -5.000ans et l'usage du kaolin est avéré en Chine depuis -4.000 ans au moins.Le domaine des céramiques est traditionnellement lié à ceux des verres et des ciments. Defaçon semblable, la fabrication de verres à base de silicates est également très ancienne. Lesverres naturels tels que l'obsidienne ont été utilisés depuis l'âge de pierre et les premièresvitres ont été fabriqués vers -12.000 ans. Au contraire, l'industrie du ciment est bien plusrécente. Les Égyptiens avaient utilisé le calcaire calciné, autrement dit la chaux, pourfabriquer des mortiers ; plus tard, les Romains combinèrent la chaux avec les cendresvolcaniques pour obtenir un véritable ciment hydraulique. L'industrie des ciments, telle quenous la connaissons, ne date guère qu'un siècle. [45]

I.5.1.3 Composition

Le tableau suivant résume les différentes compositions de céramiques :

Tableau I.3.1.3composition céramiques [46]

Composition	Argile (%)	Kaolin (%)	Feldspath (%)	Craie (%)	Talc (%)	Quartz (%)
Grès	80					50
Faïence	50		20	20	20	30
Porcelainedure	3	42	25	5		25
Vitreuse	50		25			2

I.5.1.4 Classification des produits céramiques [46]

On peut classer les céramiques selon leur application, selon leur mode d'élaboration et laforme finale et selon leur composition chimique :Selon leur application.Selon leur mode d'élaboration et la forme finale.Selon leur composition chimique.

I.3.1.5 Propriétés de céramique [47]

Le choix d'un matériau céramique face aux métaux ou aux plastiques s'impose lors deconditions d'utilisation extrêmes : température, pression, corrosion, et ce d'autant plus si cesconditions sont simultanées ou prolongées dans le temps. Céramie se positionne sur le segment des céramiques techniques et structurelles à base d'oxydes, principalement l'alumineet la zircone. Les propriétés typiques d'un matériau céramique présentent les avantagessuivants :Haute résistance à l'usure, à la chaleur, à la pression et aux attaques chimiques (gaz etliquides), dureté élevée, très bon isolant électrique et matériau relativement léger.Le choix de la matière première s'effectue, au cas par cas, en fonction des performancesattendues, tout en optimisant les coûts de fabrication. Les économies sont d'autant plussensibles que la fabrication est répétitive, même pour un nombre élevé de pièces à produire.La mise en forme se fait par compaction de poudre, permettant ainsi d'obtenir des piècesproches des dimensions finales, sans usinage. Céramie diminue par conséquent le nombred'opérations secondaires onéreuses.La densification se réalise dans des fours à haute température (>1'500°) au cours de l'étapede frittage. Des tolérances dimensionnelles ou géométriques extrêmes (de l'ordre du micron)peuvent naturellement être obtenues par un

usinage complémentaire, respectivement unenlèvement de matière par abrasion à base de diamant.

I.5.1.6 Fabrication de céramique [47]

La fabrication des produits céramiques s'effectue dans différents types de fours, à partir d'un vaste éventail de matières premières et dans des formes, dimensions et couleurs extrêmement nombreuses. Le procédé global de fabrication d'un produit céramique est toutefois relativement uniforme, en dehors du fait que la fabrication des carreaux pour sols et murs, de la vaisselle et des objets décoratifs (céramiques domestiques), des appareils sanitaires et des céramiques techniques passe fréquemment par un procédé de cuisson en plusieurs étapes.

I.5.1.7 Les étapes de fabrication de céramique [47]

- Stockage et transport des matières premières
- Préparation des matières premières
- Façonnage/formage des produits
- Séchage des produitscéramiques
- Traitement de surface et décoration des produits céramiques
- Cuisson
- Traitements ultérieurs (finition des produits)
- Ajout de matériauxauxiliaires
- Triage, conditionnement et stockage

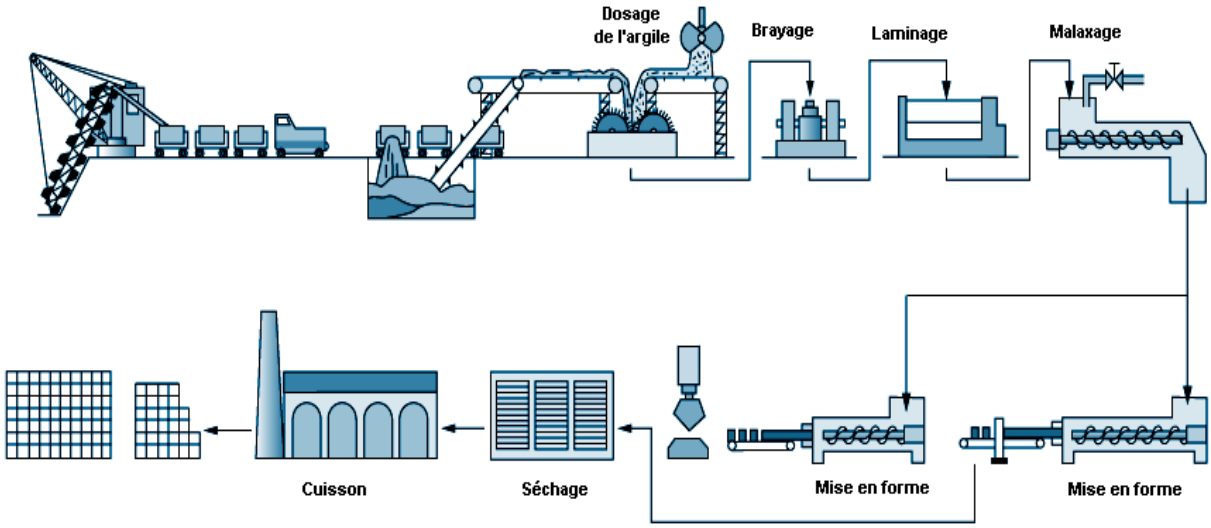


Figure I.3.1.8: Les étapes de fabrication de céramique [47]

I.5.1.8 Les avantages et les inconvénients de céramique [47]

1. Avantages

Résistance à la corrosion

- Résistance a l'usure
- Résistance a l'endommagement
- Résistance a la dégradationthermique
- Résistance chimique
- Résistance en compression
- Isolation thermique & électrique

2. Les Inconvénients

- Tolérances dimensionnelles difficiles à contrôler pendant le traitement.
- Faible tension.
- Faible résistance aux chocs.
- Peut se fissurer quand il est touché avec des objets lourds.

I.5.1.9 Déchets céramiques en chiffres

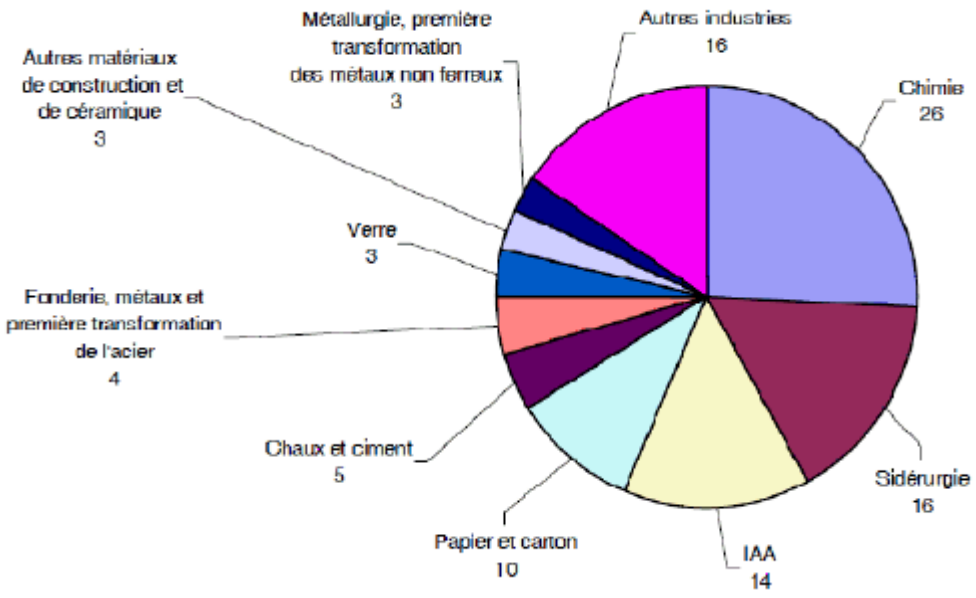


Figure I.3.1.9 : Répartition en chiffre d'affaires des céramiques en Europe par secteur [47].

Le génie civil consomme plus de 80 % du marché total des céramiques. En Europe à titre d'exemple est de l'ordre de 30 milliards d'euros/an. Les secteurs les plus importants (Figure 1.9) sont l'industrie des carreaux de revêtement et de dallage (39 %), les tuiles et briques (24 %), les réfractaires (12 %), les céramiques techniques (10 %), les sanitaires (8 %), la vaisselle et l'ornementation (6 %).La plus grande partie de la production a lieu en Allemagne, Grande-Bretagne, Espagne et en Italie [48].

I.6.Conclusion

Plusieurs types de déchets végétaux peuvent être utilisés comme agrégats. Parmi ces déchets, on a vu des brous de noix, ainsi que des déchets de céramique.

Dans ce chapitre, nous passons en revue la problématique des déchets usagés non valorisables, ainsi que leur recyclage et leur valorisation. Ensuite, nous avons donné un aperçu des noix et de leurs coques, puis donné des informations générales sur les déchets céramiques (définition de la composition et des propriétés d'utilisation). Ces derniers sont une gêne environnementale et sanitaire pour leur âge et leur encombrement. Sa gestion est donc nécessaire tant d'un point de vue environnemental qu'économique ou social. Les matériaux de construction peuvent représenter un complément intéressant.

Chapitre 2 :
Caractérisation des matériaux et Méthodes d'essais

II.1. INTRODUCTION

Ce chapitre a pour objectif de présenter les différents matériaux utilisés et les techniques expérimentales réalisées dans notre étude. On présente en première partie les caractéristiques et les propriétés des matériaux utilisés dans la composition de nos mortiers autoplaçants, à savoir : le ciment, le sable, les coques de noix, déchet de céramique blanc, fibre métallique, l'adjuvant et l'eau de gâchage. Les coques de noix après leur concassage, sont subis trois (03) modes de traitement différents.

Dans une seconde partie, on exposera la méthode de formulation adoptée dans les différentes compositions des mortiers autoplaçants ainsi la technique suivie pour les modes de traitement employés. Nous présenterons par la suite les différents essais réalisés au cours de notre étude et leurs modes opératoires (état frais et durci).

Les différents essais effectués au laboratoire de Génie Civil de l'université de Médéa et au cours de cette étude sont les suivants :

- **A l'état frais**
  - Essais d'étalement au mini cône,
- **A l'état durci**
  - Essai de compression sur demi prisme d'éprouvettes 4×4×16 cm^3 à l'âge de 7 et 28 jours ;
  - Essai de traction sur des éprouvettes 4×4×16 cm^3 à l'âge de 7 et 28 jours ;
  - Essai d'absorption d'eau par capillarité sur demi prisme d'éprouvette4×4×16 cm^3 à l'âge de 28 jours ;
  - Essai de conductivité thermique sur des éprouvettes 4×4×16 cm^3 à l'âge de 28 jours
  - Essai de la vitesse ultrasonique sur des éprouvettes 4×4×16 cm^3 à l'âge de 28 jours

II.2. MATERIAUX UTILISÉES

II.2.1. LE CIMENT

Nous avons utilisé un seul type de ciment. Il s'agit de ciment de ''MATINE '' CPJ-CEM II/A 42.5, qui a une résistance minimale à la compression à 28 jours de 42,5 MPa (Fig II.1), une masse spécifique de 3,1 g/cm^3, et une finesse de 3964 cm^2/g produit par la cimenterie d'Oggaz (Mascara) dont l'ajout est le calcaire. MATINE est un ciment gris de hautes résistances initiales et finales, résultat de la mouture du clinker obtenu par cuisson jusqu'à la fusion partielle d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile. Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO_2) à caractère acide. On trouve également l'aluminium ($Al_2 O_3$) et le fer (Fe_2O_3). Ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 °C et 1500°C.

En présence d'eau à lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant constitué principalement de microcristaux de silicates de calcium hydratés. MATINE présente des performances mécaniques et des caractéristiques physicochimiques conforment à la norme NA 442 **[49].**



Fig. II.1 Ciment MATINE

(Le tableauII.1.) nous donne la composition chimique et (le tableau II.2) représente la composition minéralogique du ciment utilisé. Les caractéristiques physicomécaniques sont représentées dans (le tableau II.3). L'analyse chimique du ciment menée par rayon X met en évidence l'existence des éléments de la composition minéralogique (Fig. II.5).

Tableau II.2 Composition minéralogique des ciments MATINE

Composition chimique (%)						
SiO_2	**CaO**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**MgO**	**SO_3**	PF
20.14	63.47	3.71	4.74	2.12	2.67	**1.72**

Tableau II.1. Composition chimiquedu Ciment utilisé.

C_3S	**C_2S**	**C_3A**	**C_4AF**	**CaOlibre**	**Gypse**	**Ajout**
59	16	7	12	1	5	17 % calcaire

Tableau II.3: Essai physiques sur le ciment MATINE

Essais	Norme
Consistance normale de la Pâte de ciment (%)	25.50-28.00
Retrait à 28 jours (mm/m)	< 1000
Expansion (mm)	0.50 – 2.50
Début de prise (min)	120 – 180
Fin de prise (min)	210-280

II.2.2. Granulats

II.2.2.1. Le sable

Nous avons utilisé un seul type de sable au cours de ce travail, il s'agit un sable roulé provient de carrière d'OUED SOUF situé au sud de la capitale d'Alger. La figure II.1 donne un aperçu sur la nature du sable utilisé. L'analyse granulométrique de sable utilisée est présentée dans la figure.2.2 et les caractéristiques physiques du sable utilisé sont regroupées dans (le tableau II.1) ci-dessous.



Figure II.2 : Sable d'Oued-Souf utilisé.

II.2.2.1.2. Définition

Le sable est l'élément essentiel entrant dans la composition du mortier. Son utilisation permet d'assurer une continuité granulaire nécessaire entre le ciment et le gravier pour une meilleure cohésion du béton. Les carrières gênèrent de sable comme un sous-produit. Ce sable est rarement utilisé dans la confection des mortiers et bétons en raison de leurs taux élevé en fines qui varié de 8 à 30% et provoquant ainsi un problème de stockage au niveau des carrières. Par conséquent, des programmes de recherches ont entamés pour les utilisations des sables de carrières dans la confection des mortiers et bétons. Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0 et 3 mm et sont disponibles dans

Les carrières L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils s'utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des applications liées au ciment, par exemple du béton, et pour la production de mélanges bitumineux.

Tableau II.2.2.1.A : Analyse granulométriques des sables de rivière et de carrière

Tamis (mm)	Refus	RC(g)	RC(%)	Tamisât (%)
5	0	0	0	0
4	0	0	0	0
3.15	0.1	0.1	0.01	99.99
2.5	3.2	3.3	0.33	99.67
2	6	9.3	0.93	99.07
1.25	23.8	33.1	3.31	96.69
0.63	123.7	156.8	15.68	84.32
0.4	336.6	493.4	49.34	50.66
0.315	229.1	722.4	72.24	27.76
0.2	211.5	934	93.40	6.6
0.16	37.7	971.7	97.17	2.83
0.1	14.1	985.8	98.58	0.42
0.08	12.1	997.9	99.79	0.21
Fond	3.0	1000.9	100.9	0
Module de Finesse (%) 1.9				

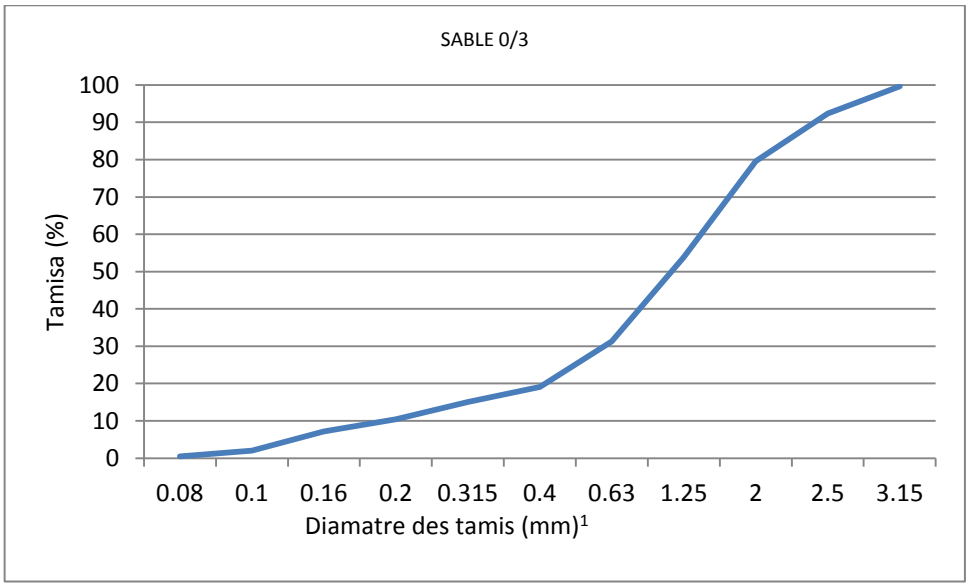


Fig. II.2.2.1.B Courbe granulométrique de sable utilisée.

Tableau II.2.2.1.C Caractéristiques physiques des sables utilisés.

Caractéristiques	Sable	Coque de noix	Normes
Classegranulaire	**0/3**		NF EN 933-1 **[50]**
Module de finesse	1.9		NF EN 933-1 **[50]**
Masse volumique absolue (Kg/ m^3)	2.63		NF EN 1097-6 **[51]**
Masse volumique apparente (Kg/m^3)			NF EN 1097-3 **[52]**
La compacité (%)			NF EN 1097-3 **[52]**
La porosité (%)			NF EN 1097-3 **[52]**
Equivalent de sable (%)			NF EN 933-8 **[53]**
Coefficient d'absorptiond'eau (%)			NF EN 1097-6 **[51]**

II.2.2.2. Déchet de coques de noix

Les déchets de utilisés au court de ce travail sont obtenus par le recyclage mécanique de déchets coque de noix rejeté dans la nature (Figure II.2). Après avoir étaient récupérée (triée), séché, concassé et extrudés sous forme de sable et incorporé dans la masse de mortier ordinaire par substitution volumique du sable avec des pourcentages de (10%15%,20%,25%,30%,35%et 40%).Les caractéristiques physiques sont donné dans le tableau 2.4.



Fig II.2.2.2 Déchets de coque de noix utilisée

Tableau II.2.2.2.A Caractéristiques physiques de coque de noix utilisée

Caractéristiques	Sable	Coque de noix	Normes
Classegranulaire	**0/3**		NF EN 933-1 **[50]**
Module de finesse	2.74		NF EN 933-1 **[50]**
Masse volumique absolue (Kg/ m^3)	1.26		NF EN 1097-6 **[51]**
Masse volumique apparente (Kg/m^3)			NF EN 1097-3 **[52]**

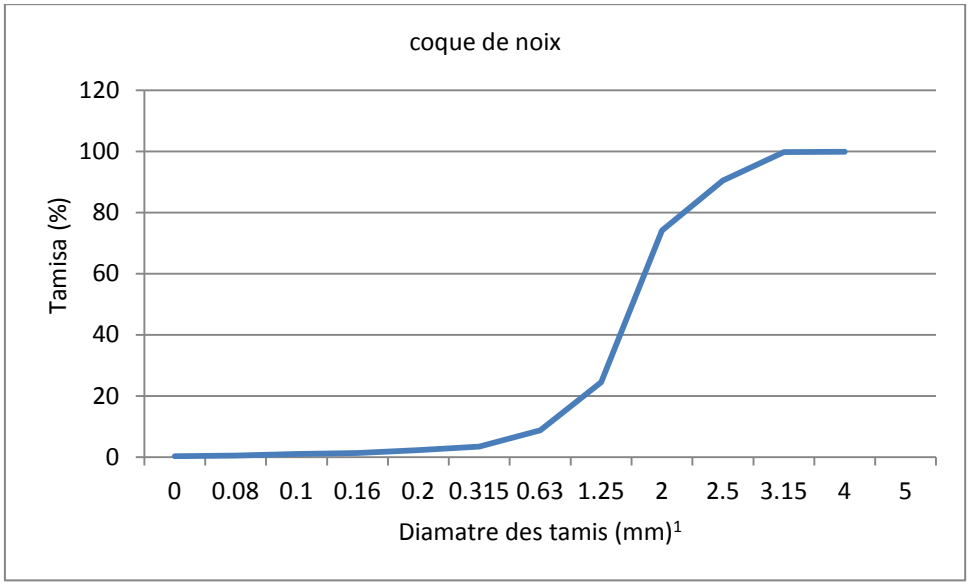


Fig. II.2.2.2.B Courbe granulométrique de coque de noix utilisée.

Tableau II.2.2.1.C : Analyse granulométriques de coque de noix utilisée

Tamis (mm)	Refus	RC(g)	RC(%)	Tamisât (%)
5	0.3	0.3	0.03	99.97
4	0.7	1	0.1	99.90
3.15	2.3	3.3	0.33	99.67
2.5	81.4	84.7	8.47	91.53
2	192.5	277.2	27.72	72.28
1.25	513.5	790.7	79.07	20.93
0.63	127.4	918.1	91.81	8.19

0.4	38.5	956.6	95.66	4.34
0.315	11	967.6	96.76	3.24
0.2	15.7	983.3	98.33	1.67
0.16	6.7	990	99.00	1
0.1	7.7	997.7	99.77	0.23
0.08	1	998.8	99.88	0.12
Fond	1.3	1000	100	0
Module de Finesse (%) 2.74				

II.2.2.3. Déchet de céramique blanc

Les déchets utilisés lors de ces travaux sont obtenus par recyclage mécanique des déchets céramiques rejetés dans la nature (Fig. II.2.2.3). Après qu'il soit récupéré, broyé et extrudé sous forme de sable et incorporé dans la masse de lisier ordinaire en remplaçant le volume de sable dans des proportions (10%, 15%, 20%, 25%, 30%) les propriétés physiques sont indiqué dans le tableau 2.4.



Fig. II.2.2.3. Déchet de céramique blanc

Tableau II.2.2.2.A Caractéristiques physiques de céramique blanc utilisée

Caractéristiques	céramique	Coque de noix	Normes
Classegranulaire	**0/3**		NF EN 933-1 **[50]**
Module de finesse	1.9		NF EN 933-1 **[50]**
Masse volumique absolue (Kg/ m^3)	2.46		NF EN 1097-6 **[51]**
Masse volumique apparente (Kg/m^3)			NF EN 1097-3 **[51]**

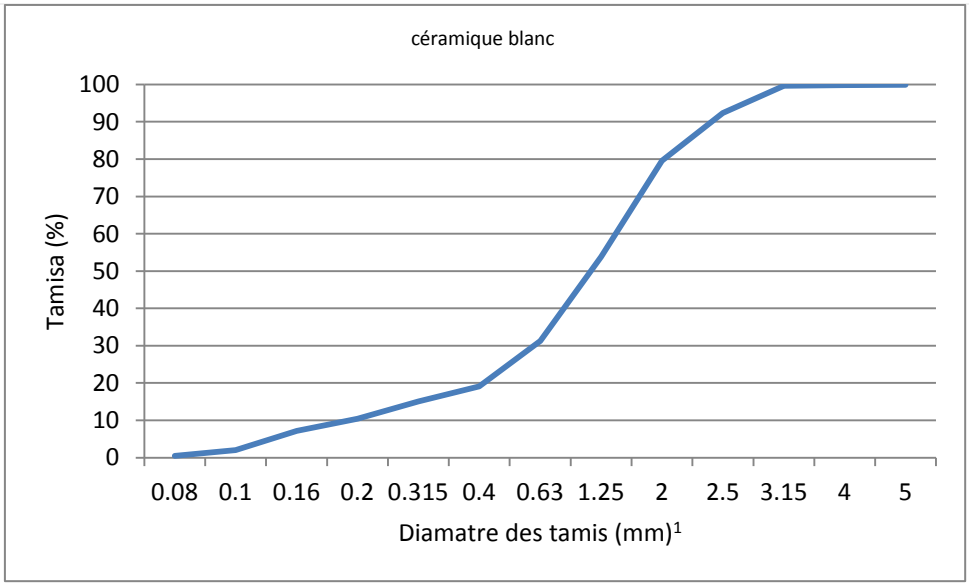


Fig. II.2.2.2.B Courbe granulométrique de céramique blanc utilisée.

Tableau II.2.2.1.C : Analyse granulométriques de céramique blanc utilisée

Tamis (mm)	Refus	RC(g)	RC(%)	Tamisât (%)
5	0.9	0.9	0.09	99.91
4	1	1.9	0.19	99.81
3.15	1.7	3.6	0.36	99.64
2.5	73.2	76.8	7.68	92.32
2	127.4	204.2	20.42	79.58
1.25	257.6	461.8	46.18	53.82
0.63	225.6	687.4	68.74	31.26
0.4	121.5	808.9	80.89	19.11

0.315	40.4	849.3	84.93	15.07
0.2	46.8	896.1	89.61	10.39
0.16	32.3	928.4	92.84	7.16
0.1	51.5	979.9	97.99	2.01
0.08	15	994.9	99.49	0.51
Fond	5.1	1000	100	0
Module de Finesse (%) 2.93				

II.2.3. L'eau de Gâchage

L'eau utilisée pour la fabrication du béton est celle de la distribution générale considérée comme potable, exempte de toute impureté nuisible au béton et conforme à la norme NF EN 1008 **[6]**.

Tableau II.2.3. Les Constituants chimique d'eau de gâchage

Constituants	Dosage (mg/l)	Spécification [NF EN 1008] (mg/l)
Calcium Ca	71.2	
Magnésium Mg	26.3	
Sodium Na	/	≥ 1 500
Potassium K	/	
ChloruresCl	78.1	≥ 1 000
Sulfates SO4	175.2	≥ 2000
Carbonates CO 3	/	
Bicarbonates HCO 3	201.4	
PH	8.0	

II.2.4. Adjuvant

Le super plastifiant utilisé dans cette étude est un haut réducteur d'eau de la troisième génération fournie par la société Granitexe-NP et commercialisé sous le nom « MEDAFLOW 30 » (figure II.2.4.), de type polycarboxylate est formulé à base de polymère de synthèse combinée. Il ne présente pas d'effet retardataire. Sa plage normale d'utilisation est fixée par la

fiche technique de 0,3 à 2 % du poids de ciment. Toutefois, le dosage optimal doit être recherché selon le type de mortier et les propriétés recherchées par la réalisation des gâchés au laboratoire. Ses caractéristiques sont présentées dans la fiche technique en Annexe B.



II.2.4. L'adjuvant MEDAFLOW30 utilisé

II.2.5. Fibre métallique

Les fibres utilisées dans cette étude sont des fibres minérales disponibles sur le marché avec des dimensions et des formes spécialement étudiées pour être utilisées dans l'amélioration. Surtout le béton, et nous avons utilisé une sorte de ce matériau en métalliques (Hoked) doux, qui permet. Leur géométrie donne plus de résistance au béton. Les a amenés de l'institution Produits Nouveaux Granitex dans une succursale. L'Algérie, où nous avons obtenu le type ondulé et une quantité modeste du type avec succulentes, car nous avons utilisé la même société Granitex. L'image 1. Montre la forme des fibres minérales utilisées.



Fig II.2.5. Fibre métalliques Hoked.

Tableau II.2.5. Les Propriétés physique des fibres métalliques hoked

Caractéristiques	FibremétalliquesHoked
Longueur (mm)	30
Diamètre (mm)	0.5
la forme	Hoked
stress lors d'un accident stress (MPA)	600-800

II.2.6. les modes de traitement des coques de noix

II.2.6.1. Mode 1 (T_1) avec un agent imperméable (Adjuvant SIKA – Hydrofuge)

II.2.6.1.1. Définition

Hydrofuge Sika Liquide se combine à la chaux du ciment pour former des cristallisations complémentaires qui obstruent les capillaires du mortier, le rendant étanche à l'eau.Hydrofuge Sika Liquide est garanti sans chlore. Il est sans effet appréciable sur la prise et les résistances mécaniques des bétons. Conforme à la norme NF EN 934-2**[55]**

II.2.6.1.1.2. Mode de traitement

Nous mélangeons 500 grammes de coquilles de noix avec 200 grammes de solution Sika, nous mélangeons bien jusqu'à ce qu'il devienne un mélange homogène, puis nous le séchons pendant 24 heures et l'utilisons ensuite.

II.2.6.1.3. Utilisation

- Bétons étanches dans la masse : fondations, radiers et réservoirs.
- Bétons résistant à l'attaque des eaux séléniteuses, des eaux de mer, des eaux industrielles ou des eaux pures.



Fig. II.2.6.1Adjuvant (SIKA) Hydrofuge

II.2.6.2. Mode 2 (T_2) Ca SO_3

Le trioxyde de soufre, jadis également appelé anhydride sulfurique, est un composé chimique de formule CaSO3. Cet oxyde de soufre, élément non métallique

II.2.6.3. Mode 3 (T_3) coulis de ciment

Un coulis de ciment dosé à 1/5 d'eau a été utilisé comme traitement afin d'enrobé les grains de coques de noix. A cet effet ces gains sont immergés en agitation pondent 1h dans cet coulis de ciment, puis séché à 40°C pondant 24h.

II.3 Composition des mélanges

La composition du mortier la confection des éprouvettes est basée sur la formulation de mortier normalise. Les déchets de café sont incorporés dans la masse du mortier par substitution volumique du sable avec de pourcentage de 5%, 10%,15%,20%, 25%,30%,35%,et40%, Les familles des mortiers obtenus sont répertoriées comme suit :

La composition de chaque famille du mortier est codifiée et mentionné dans les tableaux II.3suivant

Tableau II.3.A. Composition des mélanges réalisés MAPCNC (pour 1 m³)

Mortier							
	MAP	MAPCNC					
		10%	15%	20%	25%	30%	35%
Sable (Kg/m³)	1315	887.62	838.31	789	657.5	526	394.5
Ciment (Kg/m³)	678						
Déchet CN (Kg/m³)	0	63	94.5	126	157.5	189	223
Déchet Céramique (Kg/m³)	0	123	184.5	246	307.5	369	435.5
Adjuvant (%)*	0.7	0.7	1.1	1.4	1.6	1.8	2
Adjuvant (Kg/m³)	4.74	4.74	7.5	9.6	10.97	12.2	13.54
Eau (l/m³)	291.6						

Tableau II.3.B. Composition des mélanges réalisés MAPCN (pour 1 m³)

Mortier								
	MAP	MAPCN						
		10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Sable (Kg/m³)	1315	1183.5	1117.75	1052	986.25	920.6	854.75	789
Ciment (Kg/m³)	678							
Déchet CN (Kg/m³)	0	63.7	95.59	127.4	159.25	191.2	255	
Adjuvant (%)*	0.7	1	1.1	1.4	1.5	1.8	2	
Adjuvant (Kg/m³)	4.74	6.76	7.5	9.6	10.16	12.2	13.56	
Eau (l/m³)	291.6							

Tableau II.3.C. Composition des mélanges réalisés MAPFM (pour 1 m³)

Mortier				
	MAP	MAPFM		
		10%	20%	30%
Sable (Kg/m³)	1315	1183.5	1052	920.6
Ciment (Kg/m³)	678			
FibreMétallique	1%=6.78 2%=13.56			
Déchet CN (Kg/m³)	0	63.7	127.4	191.2
Adjuvant (%)*	0.7	1	1.4	1.8
		1	1.4	2
Adjuvant (Kg/m³)	4.74	6.76	9.6	12.2
		6.76	9.6	13.56
Eau (l/m³)	291.6			

Mortier				
	MAP	MAPT		
		10%	20%	30%
Sable (Kg/m^3)	1315	1183.5	1052	920.6
Ciment (Kg/m^3			678	
Déchet CN (Kg/m^3)	0	63.7	127.4	191.2
Adjuvant (%)*	0.7	1	1.4	1.8
		1.2	1.6	
		0.6	1.6	1.8
Adjuvant (Kg/m^3)	4.74	6.76	9.49	12.2
		8.2	10.85	
		4	9.5	12.2+
Eau (l/m^3)			291.6	

Tableau II.3.D. Composition des mélanges réalisés MAPT (pour 1 m³)

(***** % par rapport à la masse du ciment)

II.4 Malaxage et conservation

Le but recherché de malaxage est de répartir, le plus régulièrement possible, chaque constituant afin d'assurer des mélanges homogènes ayant les mêmes propriétés rhéologiques et mécaniques. Le malaxage des pâtes et des mortiers a été effectué à l'aide d'un malaxeur d'une capacité de 5 litres, composé d'une cuve verticale, d'un batteur en acier inoxydable tournant à un axe vertical et d'une pale pouvant tourner à une vitesse lente et une vitesse rapide

La Photo Fig. II.4 représente le malaxeur utilisé le long de cette étude

- On verse les gros grains (le sable)
- Puis en verse les fines et le ciment
- On malaxe pendant 1 minute
- On verse de l'eau et la moitié de la quantité d'adjuvant et on continue le malaxage pendant 1 minute1
- On verse le reste de l'adjuvant et on mélange pendant 1 minute.

-L'introduction du Marc de café a été effectué au départ (après l'introduction du sable et avant l'introduction du ciment).



Fig. II.4. Le malaxage des bétons au laboratoire

II.5. FORMULATION DES MORTIERS AUTOPLACANTS

II.5.1. INTRODUCTION

La formulation du béton est une étape très importante dans le but d'obtenir un béton ouvrable, résistant et durable. En général, la formulation du béton dépend des caractéristiques souhaitées à l'état frais et à l'état durci. Pour les BAP, la formulation semble plus complexe, puisque les BAP possèdent des propriétés spécifiques et contradictoires à l'état frais : une grande déformabilité, une grande capacité de passage et une grande résistance à la ségrégation. Ces propriétés doivent être en balance pour obtenir un bon BAP.

Du moment que le mortier occupe un volume important dans les BAP (presque 70%), et que la rhéologie du BAP est fortement liée à celle du mortier autoplaçant(MAP), les résultats d'essais sur le MAP seront concluants et peuvent donner une grande idée sur le comportement rhéologique du BAP.

Selon Jin et Domone**,** des tests sur les mortiers sont indispensables car :

- Le BAP a un volume en gros granulats moins important que le béton ordinaire, et donc les propriétés du mortier sont dominants.
- L'évaluation des propriétés du mortier est une partie intégrale de la formulation des BAP, et donc la connaissance des propriétés du mortier est utile.
- Tester un mortier est beaucoup plus commode et simple que tester un béton.

II.5.2. FORMULATION DU MORTIER AUTOPLAÇANT DE REFERENCE (MAPT)

Afin de déterminer les quantités des matériaux : ciment, granulats, eau et adjuvant, nous sommes basés sur la méthode Japonaise (méthode générale) proposée par OKAMURA**[56]**, avec quelques modifications sont apportées au niveau de la teneur en sable dans le mortier (S/M), le rapport eau/ciment (E/C) ainsi que le rapport Super plastifiant / Liant (Sp/L) et ceci dans le but de s'adapter avec les exigences des matériaux locaux et d'obtenir de bonnes caractéristiques du mortier auto plaçant (MAP) à l'état frais.

Boukendakdji O. **[57]**, dans ses travaux de recherche a ajusté le rapport S/M (S/M=0.5) et SP/C de manière à avoir un diamètre d'étalement de la galette du mortier compris entre 270 et 330 mm et un temps d'écoulement à l'entonnoir en V compris entre 2 et 10 s.

Afin de minimiser le nombre de variables pour le mortier auto plaçant de référence, nous avons jugé judicieux de maintenir fixe les deux rapports S/M et E/C. Dans notre étude, nous nous sommes basés sur les travaux de Boukendakdji **[57]**. Le rapport S/M a été fixé à 0,5 avec une modification apportée au niveau du rapport E/C et la détermination de la teneur en adjuvant.

En ce qui concerne l'optimisation du dosage eau (E/C) et en superplastifiant (Sp/C) avec la nature du ciment et sable utilisés, nous avons étudié la variation du diamètre d'étalement de la galette doit être compris entre 270 mm ≤ d ≤330 mm et le temps d'écoulement du mortier au à l'entonnoir en V (V-funnel), dont le temps d'écoulement obtenu doit être compris entre 2 sec ≤ t ≤ 10 sec [99bachene]. Ces rapports sont déterminés comme suit : pour chaque rapport E/C, on fait varier le dosage en SP de 0,3 à 2%. Les rapports optimaux E/C et Sp/C sont ceux qui peuvent donner simultanément un bon MAP. Il faut noter ici que le mélange de mortier ne comportera aucune addition minérale.

II.6. CONFECTION ET CONSERVATION DES EPROUVETTES

II.6.1. PROCEDURE DE MALAXAGE

Pour la confection des mortiers autoplaçants, nous avons utilisé un malaxeur à mortier de 5 litres de capacité(figure 2.8). En ce qui concerne la durée de malaxage, les MAP et BAP ont une durée de malaxage plus longue, ce qui a pour effet d'assurer une meilleure dispersion des particules de la poudre par le super plastifiant. Certains auteurs **[58,59]** ont proposé des durées de malaxage variant entre 3 et 4 min. Pedersen et al. **[60]** ont rapporté qu'une durée de malaxage excédant 5 min est préférée



Figure 2.6: Protocole de malaxage.

Boukendakdji et al.ont rapporté que l'efficacité du SP est d'autant plus grande lorsqu'il est ajouté (avec 30% de l'eau) après l'humidification du béton (70% de l'eau de gâchage ajouté au début de malaxage).En se basant sur ces recommandations et sur les travaux cites on adopte la procédure de malaxage suivantes :

Apres avoir calculé la quantité de chaque élément entrant dans la composition du MAP (voir exemple de calcul dans l'annexe C), on procède à un malaxage suivant la séquence présentée à la figure II.6et résumée comme suit :

- Malaxer à sec le ciment, sable et addition afin d'homogénéiser le mélange pendant 30 seconde ;
- Ajouter pendant 1 minute la première quantité d'eau (w1 = 60% Eau) ;
- Ajouter pendant 1 minute le restant de l'eau de gâchage (w2 = 40% Eau) mélangé avec le super plastifiant ;
- Malaxer le mélange pendant 3 minutes ;
- En laisse le mélange reposé 3 minutes ;
- Malaxer le mélange pendant 1minutes et 30secondes.

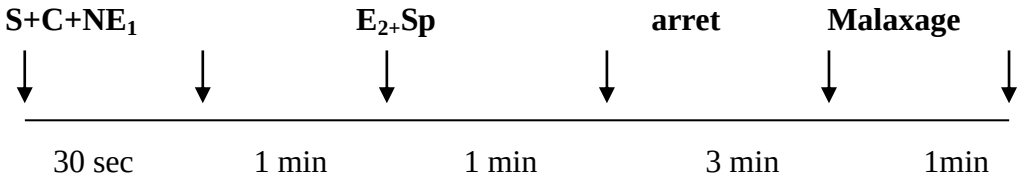


Figure II.6.:Séquence de malaxage du mortier autoplaçant.

II.6.2. PRÉPARATION DES ÉPROUVETTES

Les différents types de mortiers autoplaçants sont tous fabriqués dans l'environnement de laboratoire. Le coulage des éprouvettes est réalisé sans vibration ni compactage dans des moules métalliques de forme prismatique 4x4x16 cm destinés aux différents essais programmés à l'état durci. (Fig. II.6.2.).



Fig. II.6.2. Fabrication des éprouvettes

Les échantillons conservés dans l'eau ont été séchés à l'atmosphère de laboratoire pendant environ 24 heures avant l'âge d'essai et jusqu'à poids constant.

II.6.2. Confection des éprouvettes du mortier

Les éprouvettes de mortier sont préparées par des moules de formes prismatiques (4×4×16 cm 3) pour la détermination de la résistance à la flexion à raison de trois éprouvettes par essai. Les six demi-éprouvettes ainsi obtenues sont utilisées pour la mesure de la résistance à la compression.

La mise en place des mortiers dans les moules, préalablement lubrifiés, est effectuée sans aucun mode de compactage et vibration. Les éprouvettes sont couvertes par du plastique et sont Conservées dans l'environnement de laboratoire pendant 24 heures. Après le démoulage, les éprouvettes sont directement conservées immergées dans l'eau à une température de 20±2 °C sans aucun traitement. Avant 24 h de l'échéance des essais à l'état durci, les éprouvettes sont extraites de l'eau et sont bien séchées de chiffons. La Photo 3.5représente le mode de cure des éprouvettes de mortier dans l'eau.

II.7. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

II.7.1. ESSAIS EFFECTUES SUR LES MAP A L'ETAT FRAIS

Les essais sur mortier frais ont pour but en premier temps de fixer les deux rapports E/L et SP/L. L'essai d'étalement vise à qualifier la déformabilité du mortier en mesurant son étalement, et à contrôler la stabilité du mortier en observant sa galette après l'arrêt de l'écoulement. La viscosité du mortier est évaluée en comptant le temps d'écoulement à travers.

II.7.1.1. Essai d'étalement au mini cône

La caractérisation de la fluidité et la mobilité en milieu libre de la pâte autoplaçante (PAP) fraîche et du mortier auto plaçant(MAP) frais est effectuée par l'essai de l'étalement au mini-cône de Haegermann. Cet essai se compose d'un moule rigide et inoxydable en forme tronconique ayant une hauteur de 60 mm et des diamètres de 70 mm au sommet et 100 mm la base.

- placer le min-icône au centre d'une plaque horizontal en acier ou en verre ;
- remplir le mini-cône de l'échantillon de pâte ou mortier ;
- araser la surface supérieure de l'échantillon pour assurer le bon remplissage de mini-cône ;
- soulever verticalement le mini-cône avec une vitesse constante ;
- l'échantillon s'étale sur la plaque et puis il s'arrête pour former une galette ;
- après 30 sec au repos de l'échantillon, mesurer deux diamètres orthogonales de l'étalement de l'échantillon de pâte ou mortier, soit d1 et d2.



Figure II.7.1.1: l'essai de d'étalement au mini cône

Dans la littérature, il existe plusieurs valeurs optimales de l'étalement pour le mortier auto plaçant, parmi lesquelles, on peut citer selon ;

les concepteurs de BAP [Okamura & Ozawa] [Okamura& al.],(SF_m=245mm)

Les directives [EFNARC], (240 mm≤ SF_m≤260mm)

L'auteur [Nécira], (SF_m=280mm) pour le MAP.

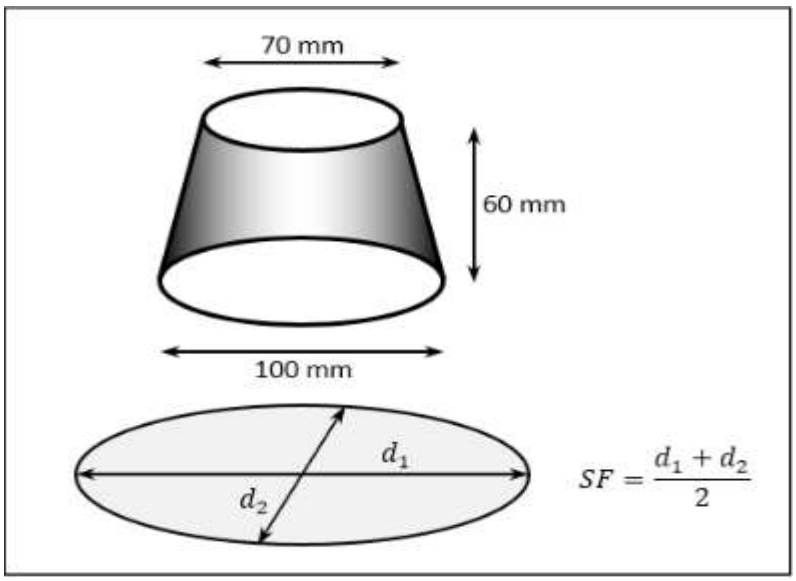


Figure II.7.1.1: Schéma de l'essai de mini-cône de Haegermann pour pâte et mortier

II.7.2. ESSAIS EFFECTUÉS SUR LES MAP A L'ETAT DURCI

II.7.2.1. Résistance à la compression

Après rupture des éprouvettes de mortier en flexion, les demi-prismes ainsi obtenus ont été testés en compression dans la même presse ayant une capacité de 2000 kn en compression, pourvue d'un dispositif de compression pour les moules de mortiers (Figure II.7.2.1.A).Pour chaque

Échéance à 7 et 28 jours, la résistance en compression est obtenue par la moyenne de six éprouvettes écrasées.

Les demi-prismes de l'éprouvette obtenus après rupture à la traction seront rompus à la compression comme indiquée sur la Figure II.7.2.1.A, la contrainte de rupture est calculée comme suit :

$$R_C = \frac{F_C}{b^2}$$

R_C : Résistance à la compression en (MPa)

F_C: Charge de rupture en (N)

B : Côte de l'éprouvette est égale à 40mm

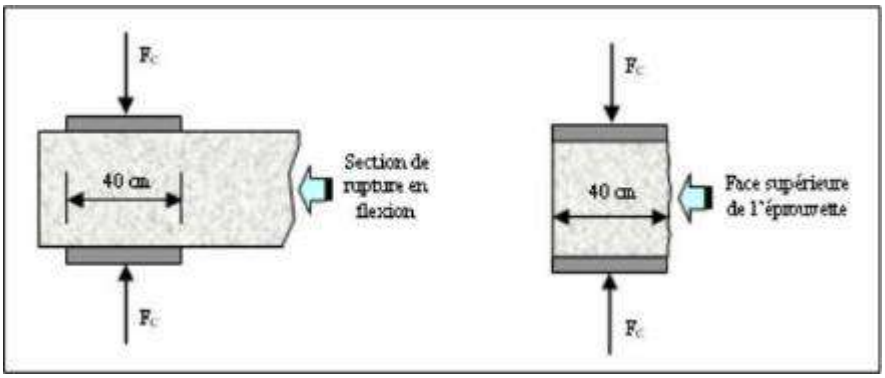


Figure II.7.2.1.A: Schéma du dispositif des charges en compression des éprouvettes de mortier

2.7.2.2. Résistance à la traction

.4.2.1. Résistances en traction du mortier

Les résistances en traction du mortier durci ont été évaluées à deux échéances à 7 et 28 jours en utilisant une presse hydraulique automatique de capacité de 2000 kN en flexion, pourvue d'un dispositif de flexion à 3 points (Figure II.7.2.1.C). La mise en charge est asservie par une unité de contrôle avec affichage numérique. La valeur de la résistance en traction constitue la moyenne delà contrainte d'écrasement de trois éprouvettes.

D'après la norme [NF EN 196-1], **[61]** la résistance en traction par flexion R_t est donnée indirectement par la contrainte correspondant à la force maximale F_{jr}admissible par l'éprouvettes flexion de trois points avant la rupture ;

$$RT = \frac{6M_{fr}}{bh^2} = \frac{3F_{fr}L}{2bh^2}$$

Avec M_{fr}le moment de flexion s'appliquant sur l'éprouvette, L la distance entre les axes des

rouleaux porteurs, et b et h la largeur et la hauteur de la section latérale de l'éprouvette.

Puisque b = h et L =2.5b , la résistance en traction par flexion dans le mortier vaut;

$$RT = \frac{3.5F_{fr}}{b^2}$$



Figure II.7.2.1.B: Flexion des éprouvettes de mortier

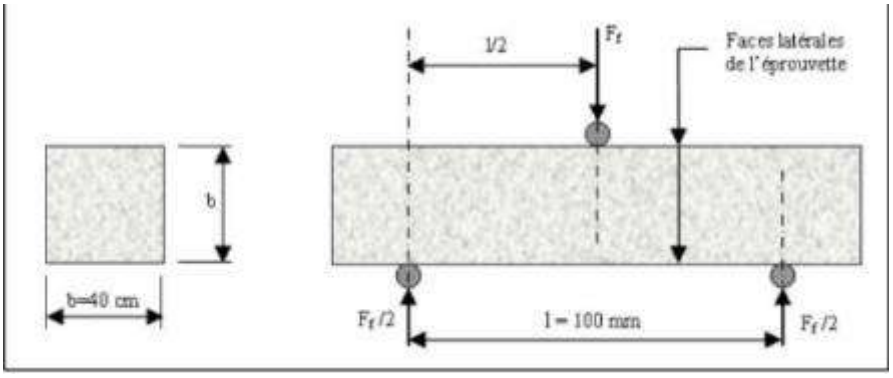


Figure II.7.2.1.C: Schéma du dispositif des charges en flexion des éprouvettes de mortier

II.7.2.2. Absorption d'eau par capillarité

Conformément à la norme NF EN 1015-18 **[62]**, l'essai consiste à mesurer la masse d'eau absorbée par une éprouvette de mortier autoplaçant préalablement conditionnée par un étuvage à 80°C jusqu'à poids constatant.

A l'issue du sortir en étuvage, la surface latérale des éprouvette est alors enduite de résine (ou de papier aluminium autocollant) pour éviter l'évaporation latérale de l'eau absorbée durant l'essai, puis conservée environ 12 heures dans un dessiccateur à 20 ± 2°C pour permettre le durcissement complet de la résine.

L'essai d'absorption capillaire est réalisé à la suite et consiste à suivre l'évolution de masse des éprouvettes plongées de 5 mm dans de l'eau (figure 2.20). L'augmentation de la masse de

l'échantillon a été mesurée à intervalles de temps (0 min,12 min,30 min,1h,2h,4h et 24h) on procède à la pesée des morceaux (m_x). La différence de poids entre (m_x) et (m_0) est le poids de l'eau absorbée (m_x- m_0).

Le coefficient d'absorption capillaire Ca est alors calculé par l'équation suivante :

$$Ca = \frac{Mx - M0}{M0} \times 100$$

Où

Mx : masse de l'éprouvette à une échéance donnée (kg),

M_0 : masse initiale de l'éprouvette (kg), A : section de l'éprouvette (m²).



II.7.2.2 :Essai d'absorption d'eau par capillarité.

II.7.2.3.Les propriétés thermiques

Dans notre travail, nous avons étudié et tester les propriétés thermiques des bétons de sables à base du Marc de café par l'utilisation de l'appareil ''CT METRE''. Suivant la norme Le CT METRE Norme de référence NF EN 993-15**.[63]**

C'est un appareil aisément transportable, a été élaboré dans le but de permettre d'évaluer 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 générer la puissance de chauffe et d'interpréter la courbe d'élévation de température induite dans le matériau à tester ; et la sonde chargée de transmettre la puissance de chauffe et de recueillir la température induite.

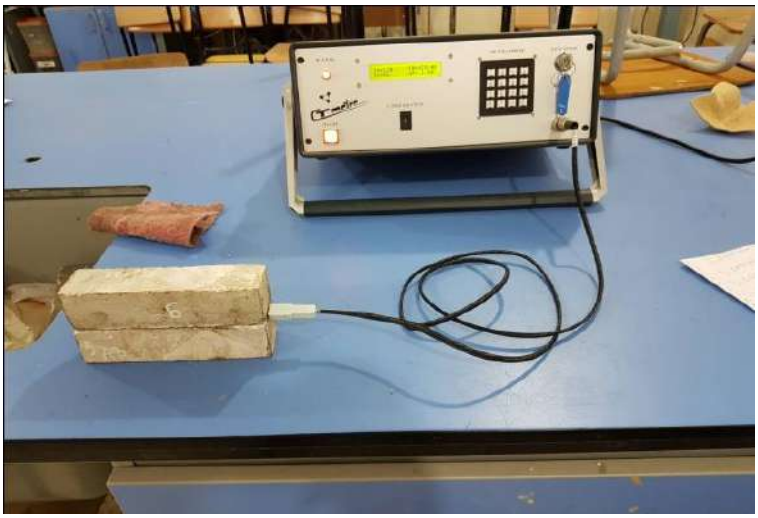


Fig II.7.2.3.Le CT-mètre

II.7.2.4.Ultrasonique

Avant de procéder aux essais à l'ultrason, on a pris le soin de vérifier le bon fonctionnement Par étalonnage de l'appareil en utilisant le barreau de calibrage pour chaque éprouvette. Les essais à l'ultrason ont été effectués en deux sens selon la méthode par transmission directe de telle façon que le sens de mesure du temps de transit soit perpendiculaire au sens de confection. Sur les faces opposées de l'éprouvette on a placé les deux transducteurs en interposant entre eux une couche mince de vaseline, puis l'enregistrement du temps de transit en micro seconde est réalisé. La figure II.2.2 montre les étapes de l'essai

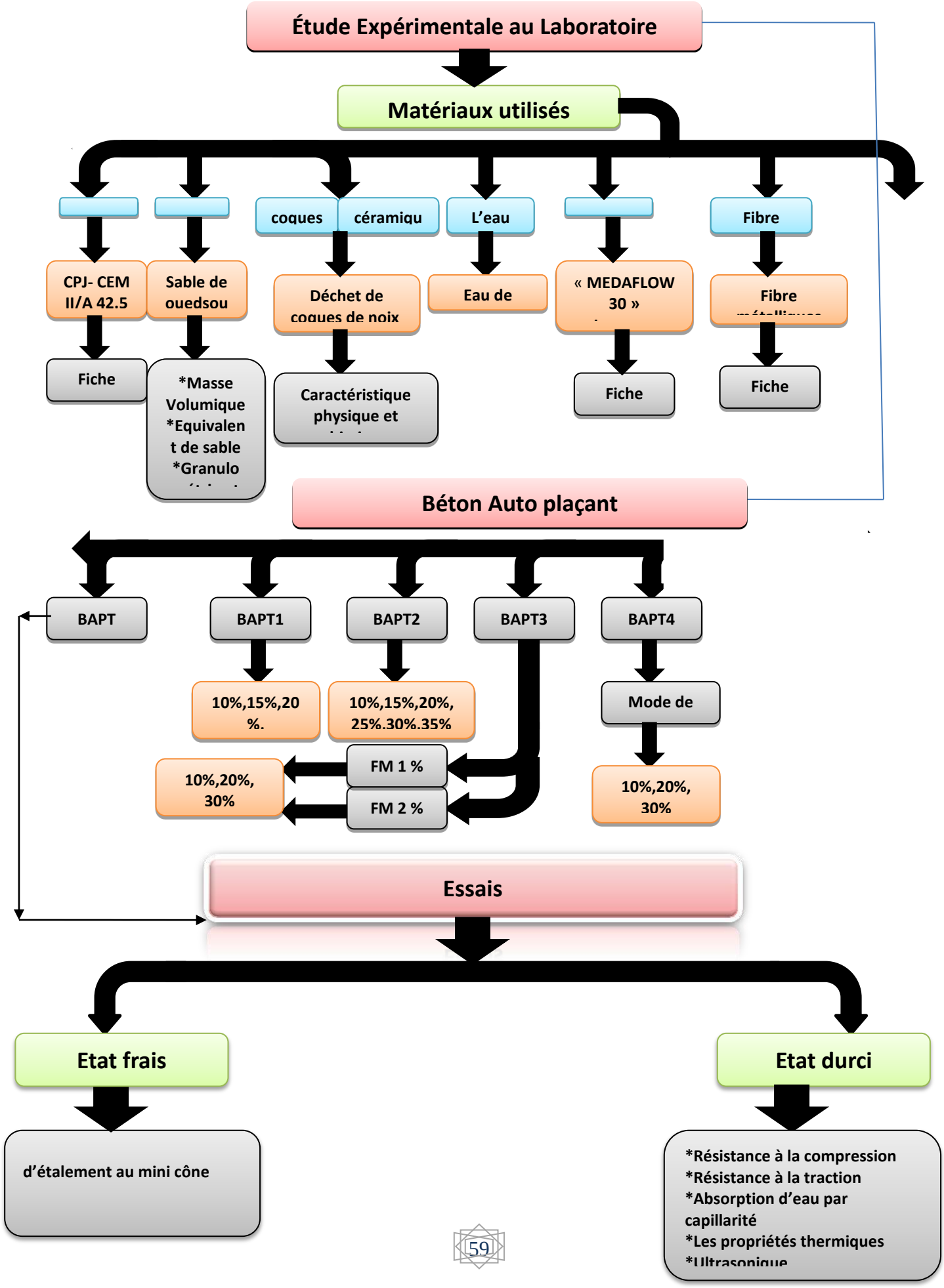


Figure II.2.2 : Etalonnage et mesure du temps de parcours des ondes ultrasonores.

II.8. Conclusion

Dans nos recherches, nous avons utilisé des résidus organiques de coquilles de noix et de céramique blanche, nous avons traité des coquilles de noix et également utilisé des fibres minérales en plus du ciment, du sable et de l'eau, et adjuvant nous avons effectué des tests Important pour déterminer les propriétés rhéologiques et mécaniques. Tout est dans ce but Connaissance de l'effet des déchets plastiques et céramiques sur le béton auto-compacté.Cette partie de l'étude a porté tour à tour sur les points suivants : Propriétés physiques et chimiques des matériaux utilisés dans les formulations de mortier Des tests et procédures expérimentaux ont été réalisés sur différentes argiles à base de déchets de brou de noix frais et durcis au cours de cette étude.

II.9.Variables étudiées



Chapitre 3 :

Résultats et Discutions



III.1. INTRODUCTION

Le but de l'étude expérimentale est d'étudier l'effet des coques de noix sous forme de sable sur le comportement à l'état frais et durci du mortier auto-pressé. À cette fin, nous visons à tester différents mélanges (coques de noix uniquement, coques de noix, résidus de céramique et traitement à trois voies des coques de noix, des coques de noix et des fibres minérales) fabriqués par un testeur de diffusion micro-cône à l'état neuf pour vérifier leur état. Ainsi, nous étudions ensuite la caractérisation de différents types de coulis à l'état solidifié en mesurant la résistance à la compression, la résistance à la traction, l'absorption d'eau capillaire et la conductivité thermique et Vitesse ultrasonique.

Les résultats expérimentaux obtenus dans cette étude sont présentés et discutés ci-dessous. Les valeurs données sont les moyennes arithmétiques des résultats des tests suivants.

III.2. FORMULATION DES MÉLANGES

Formuler un mortier, c'est de trouver un arrangement des divers constituants qui répond à un cahier des charges donné, pour un mortier autoplaçant c'est complexe vu le nombre de constituants et sa particularité à l'état frais dont assurer une grande fluidité et bonne homogénéité et de grande résistance à la ségrégation est nécessaire.

Les mortiers autoplaçants étudiés dans cette étude sont formulés selon la méthode Japonaise (méthode générale) proposée par OKAMURA avec quelques modifications concernant la sélection de la quantité de sable dans le mortier, le rapport eau/liant ainsi que le rapport super plastifiant/liant.

III.2.1. Détermination des rapports S/M et E/C pour le mélange témoin

L'optimisation de ces rapports a été faite à partir de la mesure d'étalement au mini-cône. La formulation adoptée doit présenter un étalement entre 240 et 310 mm. Pour notre étude on a fixé un étalement de 28 cm pour tous les mélanges.

Pour le rapport S/M, nous sommes basés sur les travaux de BOUKENDAKDJI et le rapport S/M a été fixé à 0,5 pour s'adapter avec les exigences des matériaux locaux **[7]**. En ce qui concerne le rapport E/C et d'après les résultats préliminaires pour la formulation du mortier autoplaçant témoin, on a remarqué qu'un rapport E/C de 0.4 est insuffisant pour avoir une fluidité satisfaisante, malgré l'augmentation du dosage en superplastifant le mortier est sec, l'étalement reste faible. Donc pour améliorer la fluidité et la viscosité il faut augmenter le

rapport E/C à 0,43. Dès l'augmentation de la quantité d'eau, le mortier a présenté un aspect homogène pour un dosage de super plastifiant inférieur à 1%.

À la fin de cette phase, nous pouvons conclure que les rapports E/C de 0,43 et SP/C de 0.7 sont optimaux pour assurer les meilleurs caractéristiques à l'état frais avec un minimum possible du dosage en super plastifiant pour le mortier autoplaçant témoin.

III.2.2. Détermination du rapport Sp/C

En ce qui concerne l'optimisation du dosage en super plastifiant (Sp/C) avec la nature du ciment et sable utilisés, ainsi les résidus végétaux employés dans cette étude (coques de noix), nous avons étudié pour chaque dosage en coques de noix, la variation du diamètre d'étalement de la galette tout en faisant varier le rapport Sp/C entre 0.3 et 2%. Les rapports optimaux de Sp/C sont ceux qui peuvent donner simultanément un bon MAP.

Les mortiers autoplaçants avec coques de noix sont formulés par la même manière que le mortier de référence avec différentes substitutions de volume du sable par les coques de noix avec l'ajustement du dosage en superplastifiant. Pour notre étude et pour tous les mélanges à base de coques de noix, les formulations adoptées doivent présenter un étalement auteur de 28 cm. Il faut noter ici que le mélange de mortier autoplaçant de référence (témoin), ne comportera aucun déchet végétal.

Les différentes compositions obtenues pour les différents mortiers autoplaçants ainsi que les résultats des essais d'étalement au mini-cône sont résumés dans le tableau III.2.2.suivant.

III.A. MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix renforcées par les déchets de céramique blanc

Tableau III.2.2.1. Compositions MAP témoins avec MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique

	MAP	**MAPCNC**				
		10%	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**
Sp (%)	0,7%	0.7%	1.1%	1,4%	1.6%	1,8%
Ciment (g)	339	339	339	339	339	339
Sable (g)	678	443.8	419.1	394.5	328.7	460,6
Céramique (g)		61.5	92.25	123	153.75	184.5

Coque de noix (g)		31.5	47.25	63	78.75	94.5
Eau (g)	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8
Sp (g)	2.37	2.37	3.75	4.8	5.48	6.1
D (cm)	27	30	28	27	27.5	27.5

III.B MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix brutes

Tableau III.2.2.3. Compositions MAP témoins avec MAP â base de déchets coque de noix

Mélanges	MAP	MAPCN						
		10%	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**35%**	**40%**
Sp (%)	0,7%	1%	1.1%	1,4%	1.5%	1,8%	1,9%	2%
Ciment (g)	339	339	339	339	339	339	339	339
Sable (g)	678	591.5	558.8	526	493.1	460,6	427.3	394.5
Coque de noix (g)		31.85	47.8	63.7	79.6	95.6	100.5	127.5
Eau (g)	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8	145.8
Sp (g)	2.37	3.38	3.72	4.75	5.1	6.1	6.43	6.78
D (cm)	27	27	28	27.5	25.5	28.5	25.5	26

III.C. MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix renforcées par les fibres métalliques

Tableau III.2.2.3. Compositions MAP témoins avec MAP â base de déchets coque de noix et la fibre métallique

Mélanges	MAP	MAPFM		
		10%	**20%**	**30%**
Sp (%)	0,7%	1%	1.4%	1.8%
		1%	1.4%	2%
Ciment (g)	339	339	339	339
Sable (g)	678	591.75	526	460.3
Coque de noix (g)		31.85	63.7	95.6
FibreMétallique		1%=6.78		

		2%=13.56			
Eau (g)	145.8	145.8		145.8	145.8
Sp (g)	2.37		3.38	4.8	6.1
			3.38	4.8	6.78
D (cm)	27	27		28	26
		27		26.5	24.5

III.D. MAP témoin sans coques de noix , MAP à base de coque de noix (Traitement T1, Traitement T2, Traitement T3)

Tableau III.2.2.4. Compositions MAP témoins avec de déchets traitement coque de noix

Mélanges	MAP	MAPT			
		Mode	**10%**	**20%**	**30%**
Sp (%)	0,7%	T_1	1%	1.4%	1.8%
		T_2	1.2%	1.6%	
		T_3	0.6%	1.6%	1.8%
Ciment (g)	339		339	339	339
Sable (g)	678	591.75		526	460.3
Coque de noix (g)			31.85	63.7	95.6
Eau (g)	145.8	145.8		145.8	145.8
Sp (g)	2.37		3.38	4.8	6.1
			4.1	5.42	
			2	4.8	6.1
D (cm)	27	27		28	26
		28		29	
		27		26.5	24.5

MAP : BAP témoins (sans déchets de coque de noix)

MAPCNC : BAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique avec Sept pourcentages (10%,15%,20%,25%,30%)

MAPCN :BAP â base de déchets coque de noix avec huit pourcentages (10%,15%,20%,25%,30%,35%,40%)

MAPFM : BAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques (1%,2%) avec huit pourcentages (10%,20%,30%)

MAPT: BAP â base de déchets traitement coque de noix avec huit pourcentages (10%,20%,30%)

III.3. VERIFICATIONS DES MELANGES A L'ETAT FRAIS

Lors de la formulation, la caractérisation des mortiers à l'état frais est nécessaire. Cela consiste à connaître sa ouvrabilité à partir des tests empiriques conçus spécifiquement pour évaluer le caractère autoplaçant. Évidemment, un béton est qualifié d'autoplaçant, non pas par rapport à sa composition, mais parce qu'il possède certaines propriétés à l'état frais, la capacité de remplissage, la capacité de passage et la résistance à la ségrégation.

III.3.1. Besoin en adjuvant

Pour ce qui s'ensuit, et pouvoir comparer les résultats obtenus à l'état durci des différents mortiers, on a varié la quantité d'adjuvant pour obtenir un étalement constant de 28 cm. Les différents pourcentages du besoin en adjuvant pour les différents mortiers autoplaçants réalisés dans cette étude sont présentés sur la figure III.3.1. Suivante.

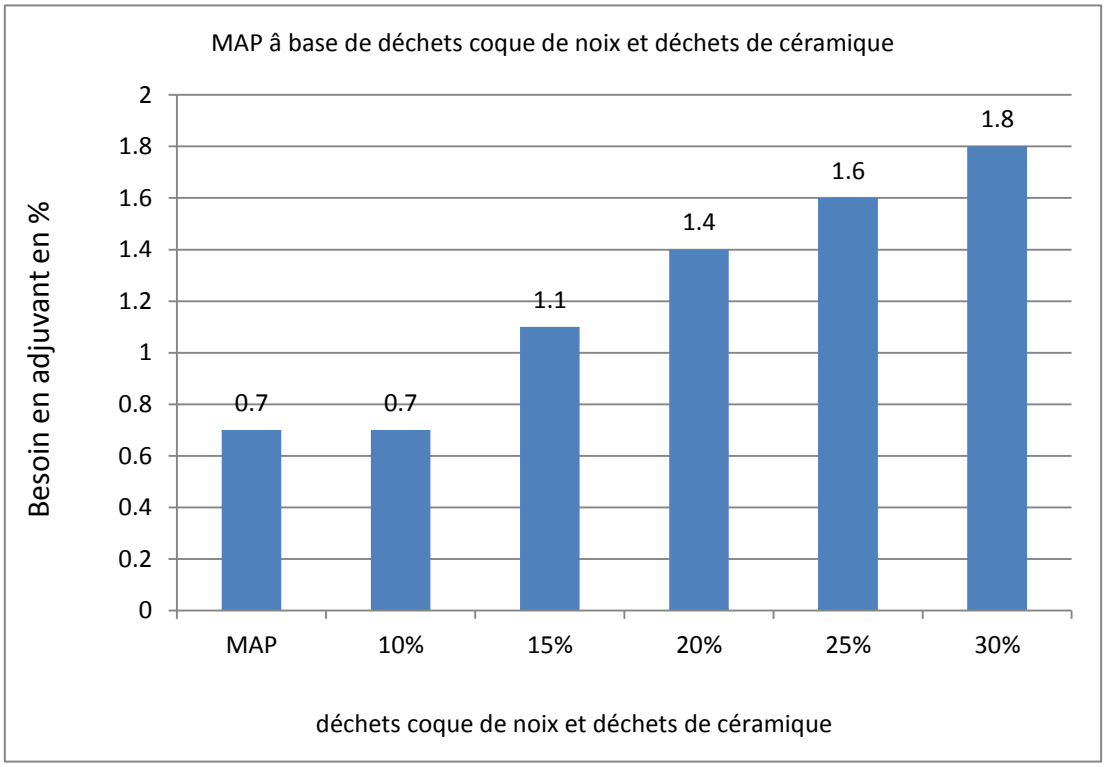


Figure III.3.1.A Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étudiés.(MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)

Au terme des résultats présentés sur cette figure, on constate que les coquilles de noix et la céramique blanche diminuent la fluidité du mortier autopressant. De plus, en augmentant la quantité de ces deux substances, on observe une perte d'ouvrabilité du mélange, ce qui conduit à une demande plus élevée en superplastifiant. Ainsi, les mortiers contenant 10%, 15% 20%, 25% et 30. Les coquilles de noix et la céramique blanche nécessitent plus de matériaux auxiliaires que le MAPT.

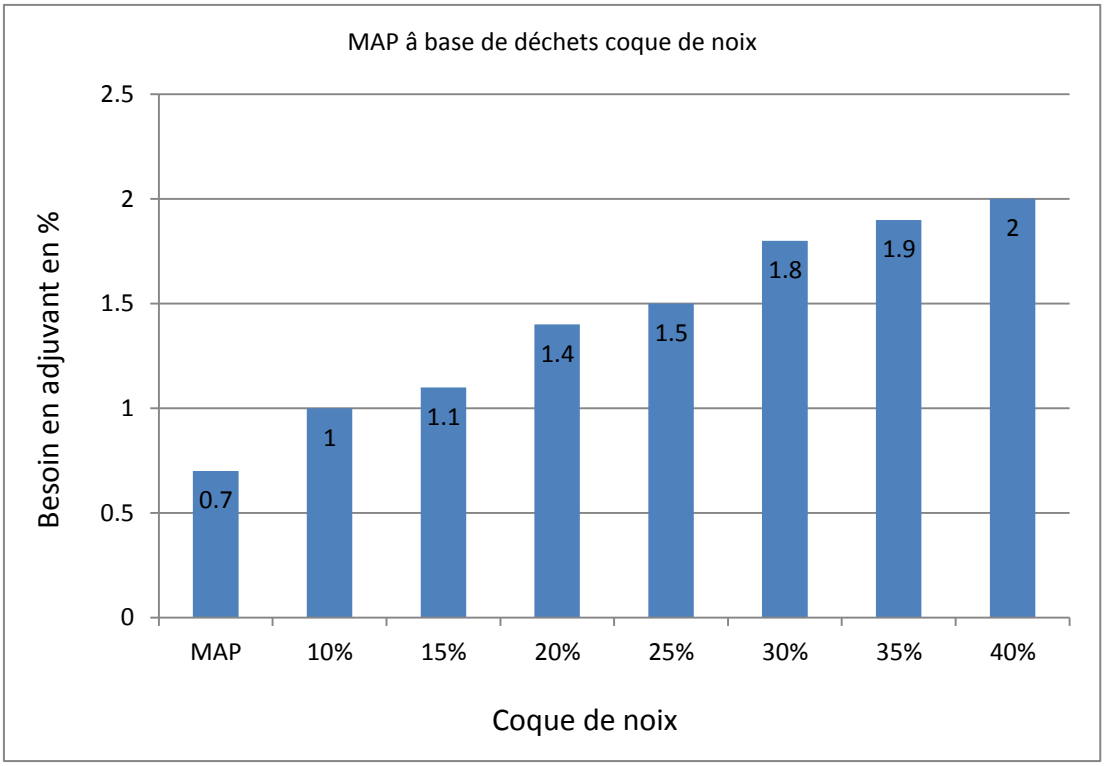


Figure III.3.1.B Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étudiés.(MAP â base de déchets coque de noix)

A l'issu des résultats présentés sur cette figure, on remarque que les coques de noix diminuent la fluidité des mortiers autoplaçants. De plus, en augmentant la quantité de cette matière végétale, on constate une perte d'ouvrabilité du mélange, ce qui se traduit par une forte demande en super plastifiant. Par conséquent, les mortiers renfermant 10, 15,20, 25, 30,35 et 40% de coques de noix demandent plus d'adjuvant que le MAP.

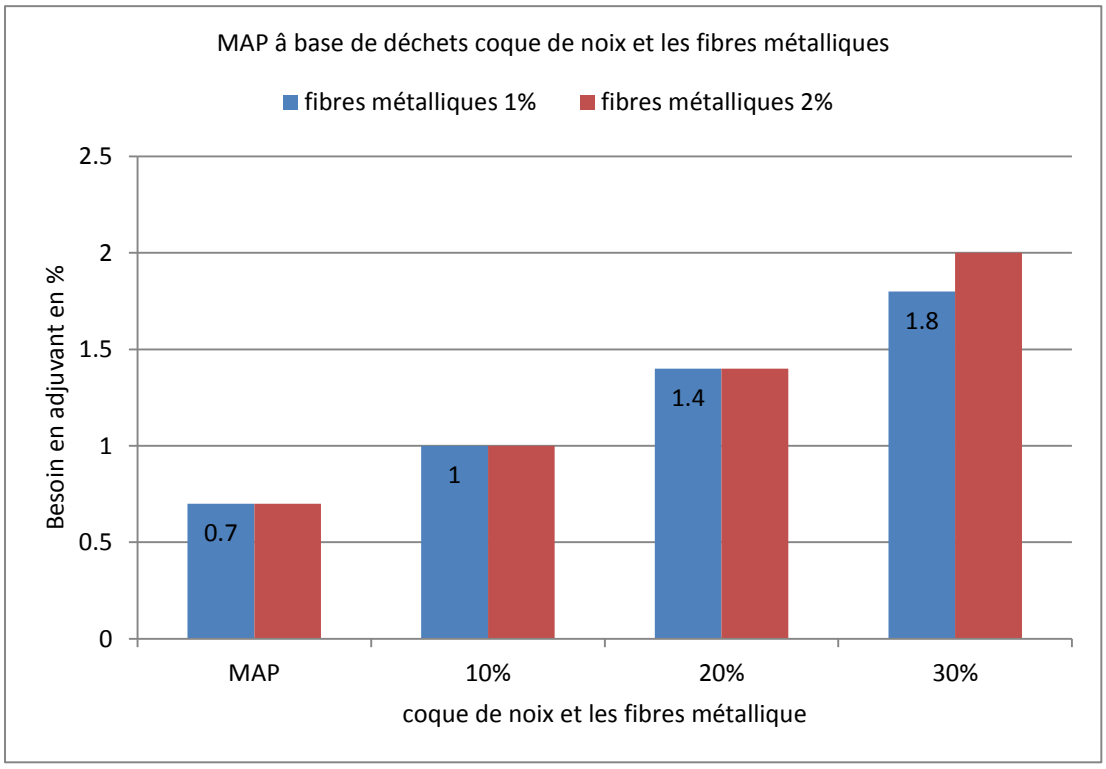


Figure III.3.1.C Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étud iés.

(MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques**)**

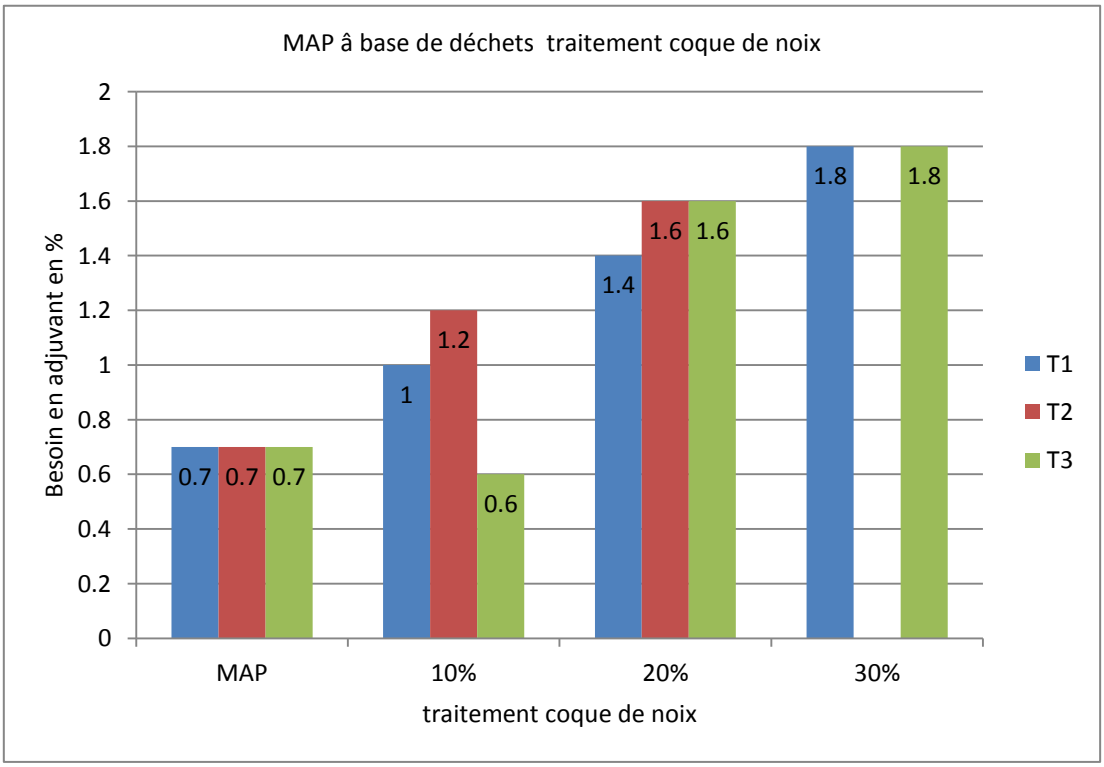


Figure III.3.1D. Besoin en adjuvant en % pour les différents mortiers autoplaçants étudiés.

(MAP â base de déchets traitement coque de noix)

Au terme des résultats présentés sur cette figure, on constate que les coques de noix et les fibres métalliques diminuent la fluidité du mortier autopressant. De plus, en augmentant la quantité de ces deux substances, on observe une perte d'ouvrabilité du mélange, ce qui conduit à une demande plus élevée en superplastifiant. Ainsi, les mortiers contenant 10%, 20% et 30% de coques de noix et de fibres métallique (1%,2%) nécessitent plus d'auxiliaires que le MAP.

Au terme des résultats présentés sur cette figure, on constate que les coques de noix traitées diminuent la fluidité du mortier autopressant. De plus, en augmentant la quantité de ces deux substances, on observe une perte d'ouvrabilité du mélange, ce qui conduit à une demande plus élevée en superplastifiant. Ainsi, les mortiers contenant 10 %, 20 % et 30 % de coques de noix traitées nécessitent plus d'auxiliaires que le MAP.

III.3.2. Diamètre d'étalement au mini cône

D'âpres les résultats d'étalement des différents MAP, qui sont présenté sur la figure III.3.2, on remarque que tous les mortiers ont des valeurs d'étalement qui s'inscrivent dans le domaine des mortiers autoplaçants (D ≈ 28 cm). Nous pouvons conclure que les compositions choisies assurent une bonne fluidité des mortiers quel que soit le dosage en coques de noix.

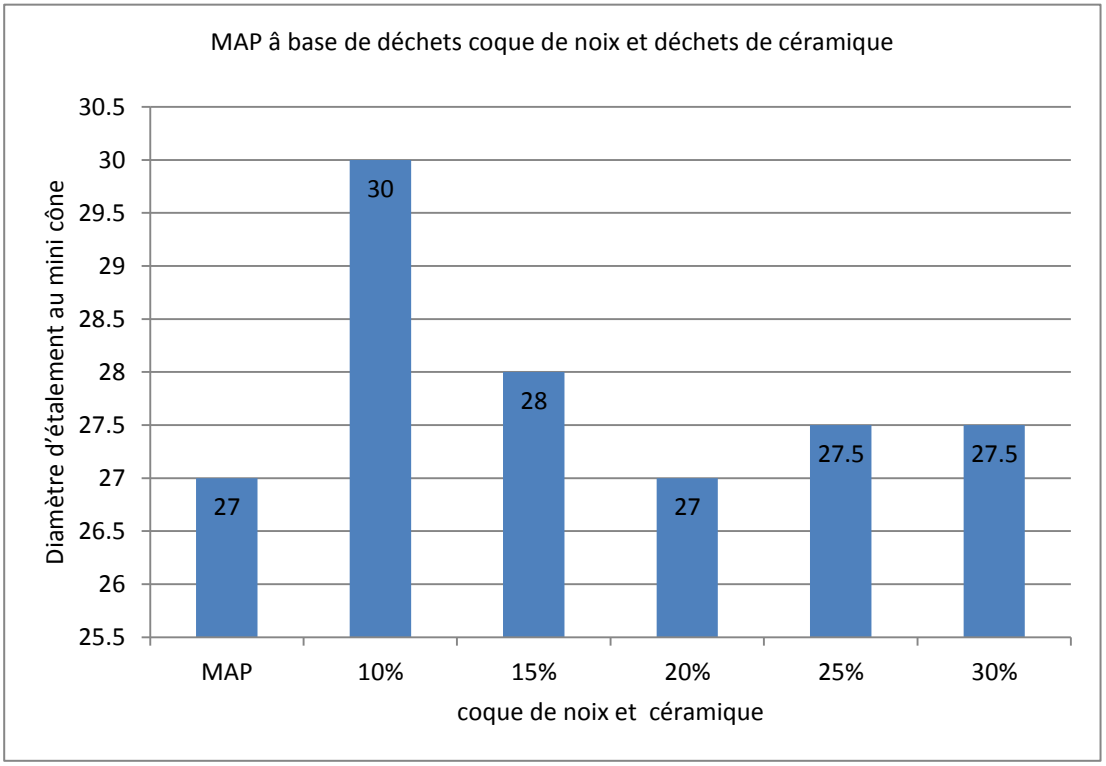


Figure III.3.2.A Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges. (MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)

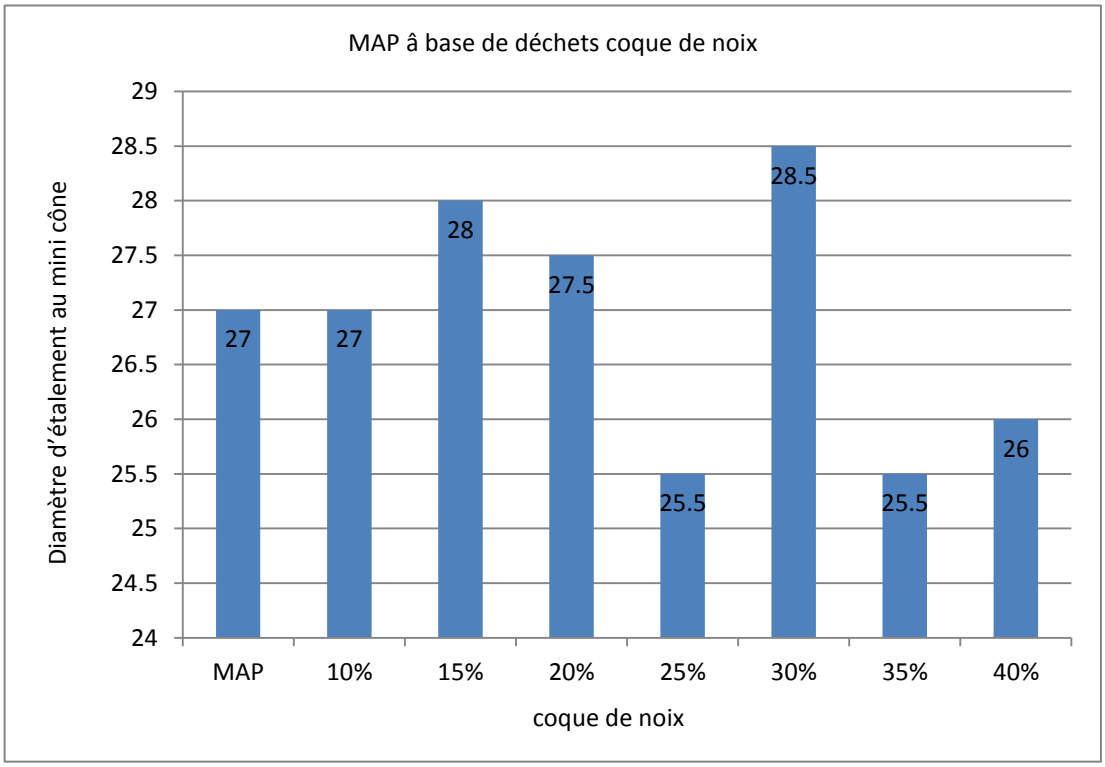


Figure III.3.2.B. Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges.(MAP â base de déchets coque de noix)

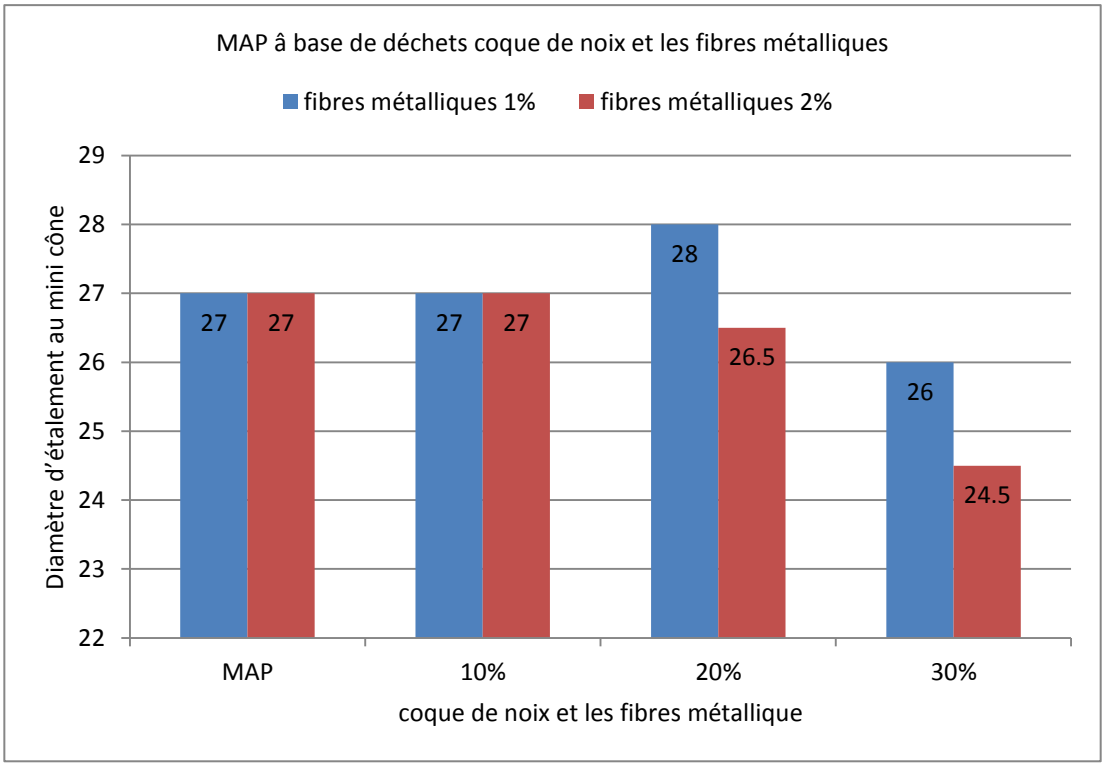


Figure III.3.2.C. Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges.(MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques)

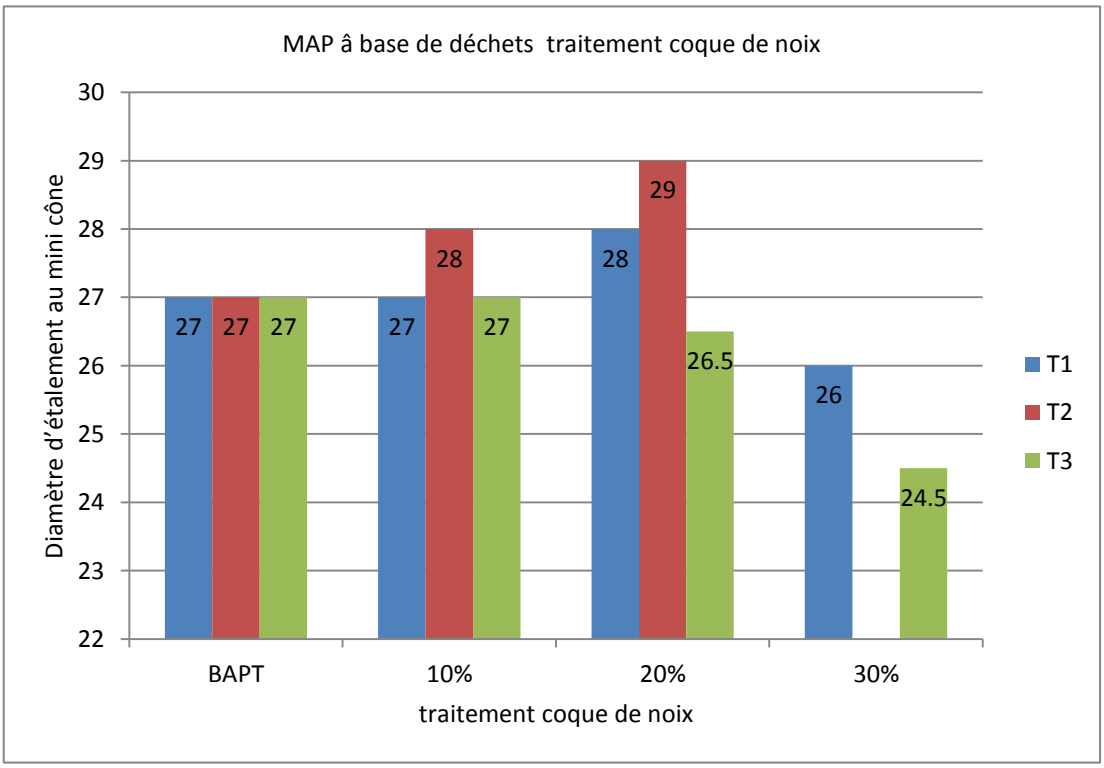


Figure III.3.2.D. Diamètre d'étalement au mini cône pour les différents mélanges.(%MAP â base de déchets traitement coque de noix)

III.4. CARACTERISATION DES MELANGES A L'ETAT DURCI

III.4.1. Les Résistances mécaniques

Trois jours après le moulage, les éprouvettes de forme prismatiques 4*4*16 cm^3 sont démoulées et remises en conservation jusqu'au moment de l'essai où elles subiront les essais de traction et compression. Les trois (03) éprouvettes de chaque mélange sont testées en traction puis en compression afin de déterminer la résistance mécanique du mortier à l'âge de 7 et 28 jours.

III.4.1.1. Résistances à la compression

Les résultats de la variation de la résistance à la compression des mortiers auto-composants à base de coques de noix (sans adjonction, adjonction de céramique, tri-traitement, adjonction de fibres métallique) sont présentés dans la figure suivante.

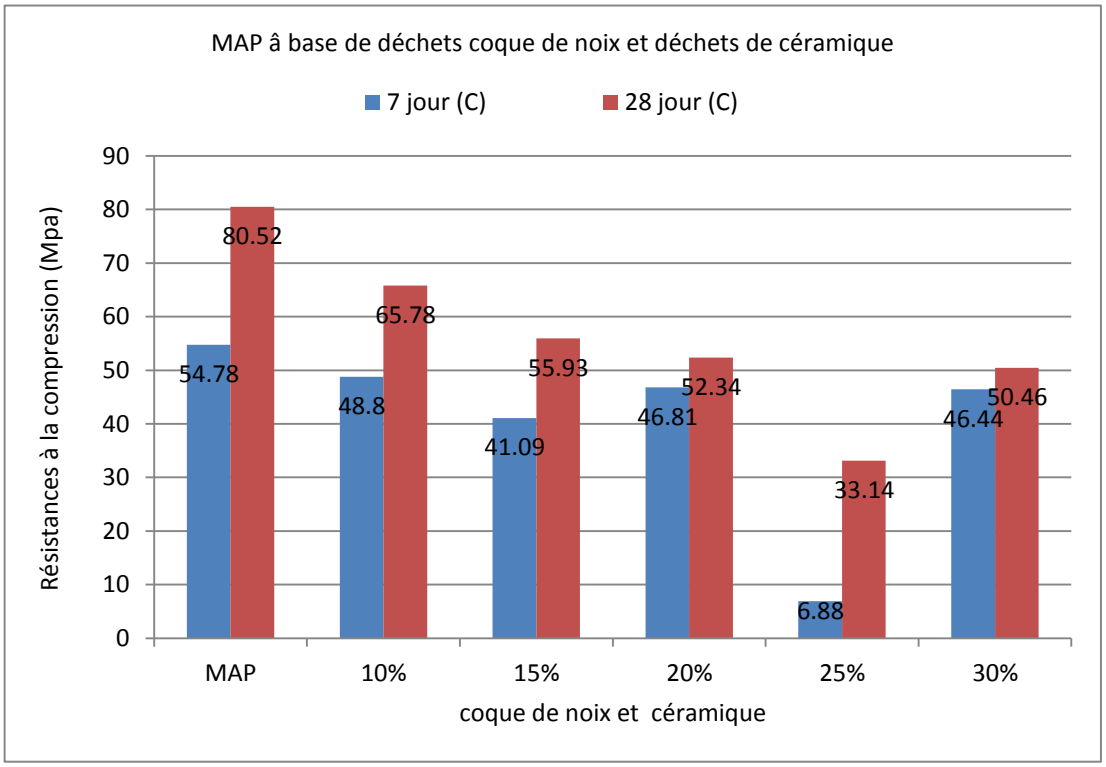


Figure III.4.1.1.A. Variation de la résistance à la compression des mortiers autoplaçants à base de coques de noix et céramique.

A l'âge de 7 jours, une baisse de réduction de l'ordre de 11%, 25%, 15%, 87%, 15% peut être détectée pour le mélange basé sur 10%, 15%, 20%, 25%.30% respectivement les brous de noix et la céramique blanche par rapport au MAP. D'autre part.

Après 28 jours, une diminution de la plage peut être détectée dans la plage de 18%, 30%, 35%, 59%, 37% pour le mélange à base de 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, Cosses de noix et céramique Blanc par rapport à MAP.

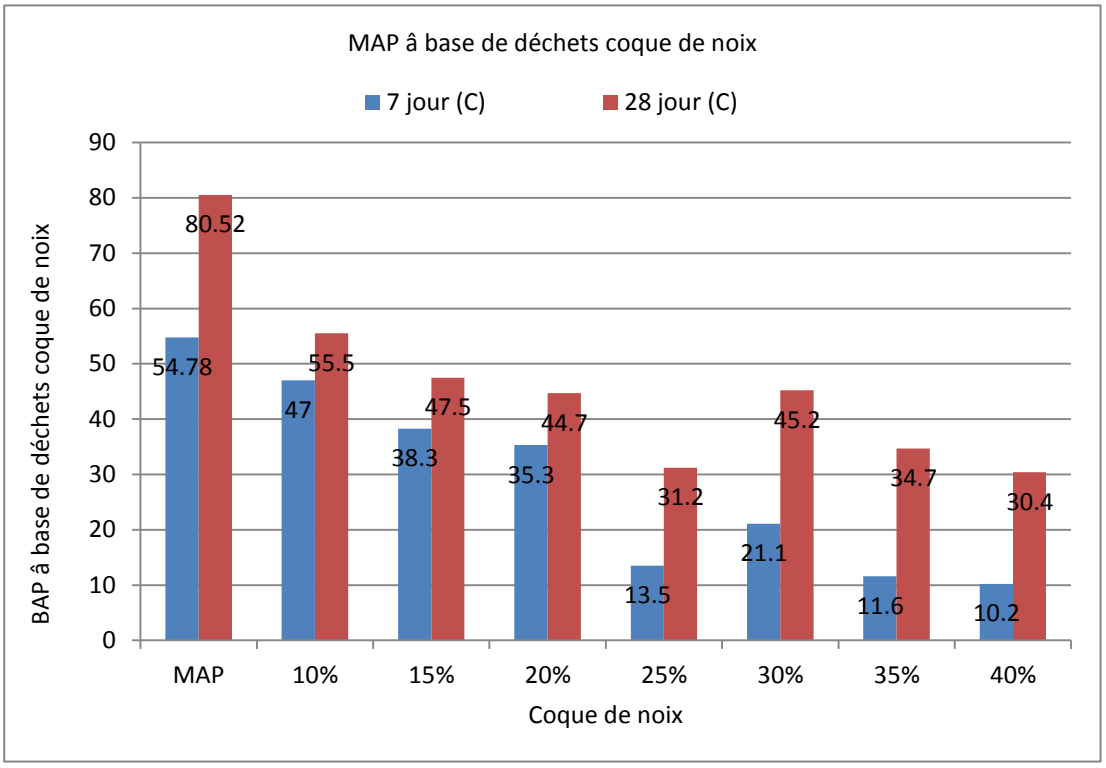


Figure III.4.1.1.B. Variation de la résistance à la compression des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.

A l'âge de 7 jours, une diminution de la plage peut être détectée de l'ordre de 15%, 30%, 35%, 75%, 61%, 78%, 81% pour 10%, 15%, 20%, 25 %. 30%, 35%. 40% de coquilles de noix droites par rapport à MAP. D'autre part.

A l'âge de 28 jours, une plage réduite peut être détectée dans la plage de 31%, 41%, 44%, 61%, 43%, 57%, 62% pour 10%, 15%, 20%, 25%. 30%, 35%. 40% sur le classement des coques de noix par rapport au MAP. D'autre part

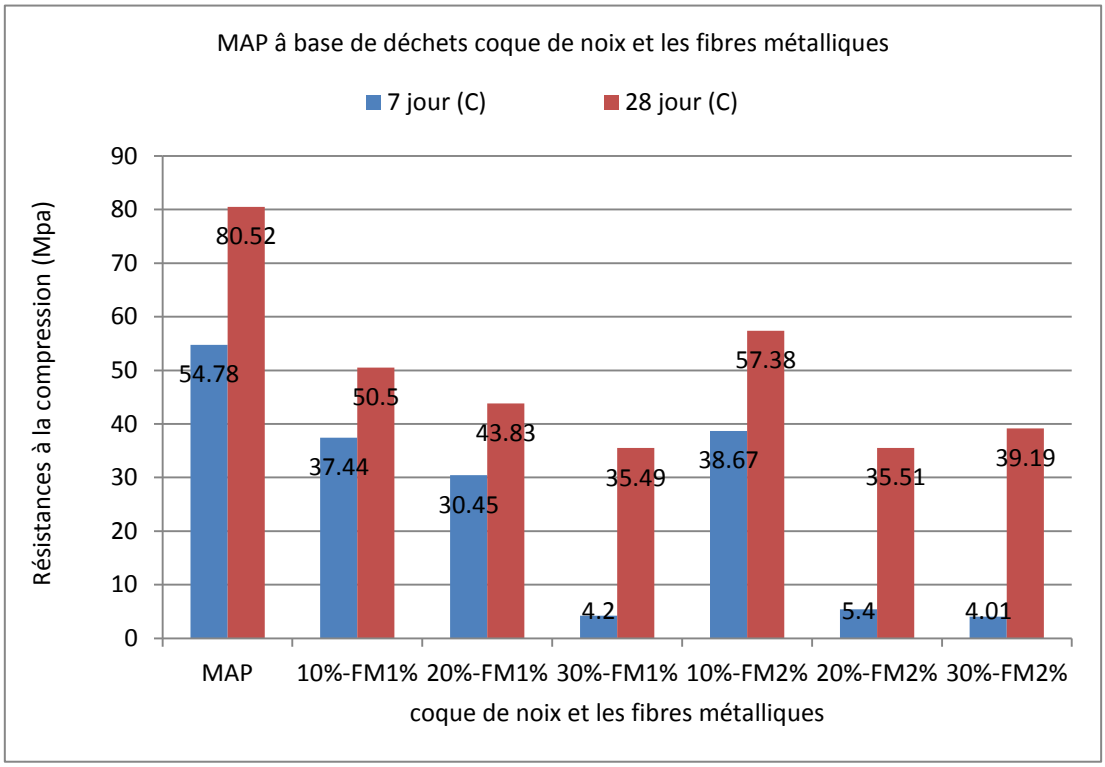


Figure III.4.1.1.C. Variation de la résistance à la compressions des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques)

A 7 jours d'âge, une fourchette inférieure a pu être détectée dans la fourchette de 31%, 44%, 92%, 29%, 90%, 92% pour 10%, 20%, 30% (fibres métallique 1%, 2%) sur la commande de coquilles de noix et fibres métallique par rapport à MAP. D'autre part

A 28 jours d'âge, une plage inférieure peut être détectée dans la plage de 37%, 45%, 56%, 28%, 55%, 51% pour 10%, 20%, 30% (fibres métallique 1%, 2%) sur la commande de coquilles de noix et fibres métallique par rapport à MAP. D'autre part

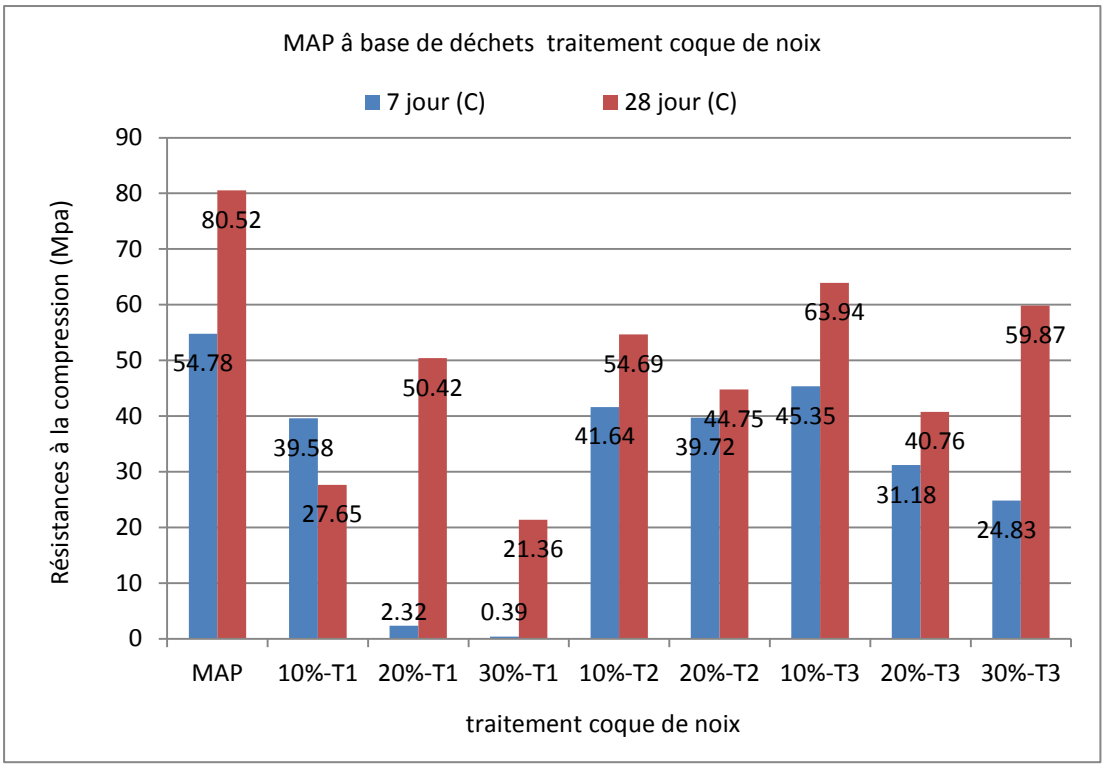


Figure III.4.1.1.D. Variation de la résistance à la compressions des mortiers autoplaçants à base de traitement coques de noix

A 7 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de 31%, 95%, 99%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 1) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAPT. D'autre part A 28 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de 65%, 37%, 73%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 1) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAP. D'autre part

À l'âge de 7 jours, une fourchette inférieure de 29 %, 27 %, pour 10 %, 20 %, (méthode de traitement 1) respectivement pouvait détecter des coques de noix et des fibres minérales par rapport à MAPT. En revanche, à 28 jours d'âge, une fourchette inférieure de 32%, 44% pour 10%, 20% (méthode de traitement 2) respectivement pourrait détecter des coques de noix et des fibres minérales par rapport à MAP. D'autre part

A 7 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de 17%, 43%, 54%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 3) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAPT. D'autre part A 28 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de 20%, 49%, 25%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 3) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAP.

III.4.1.1. Résistances à la flexion

Les résultats de la variation de la résistance à la compression des mortiers autoplaçants à base de coques de noix sont présentés dans la figure III.4.1.1.suivante.

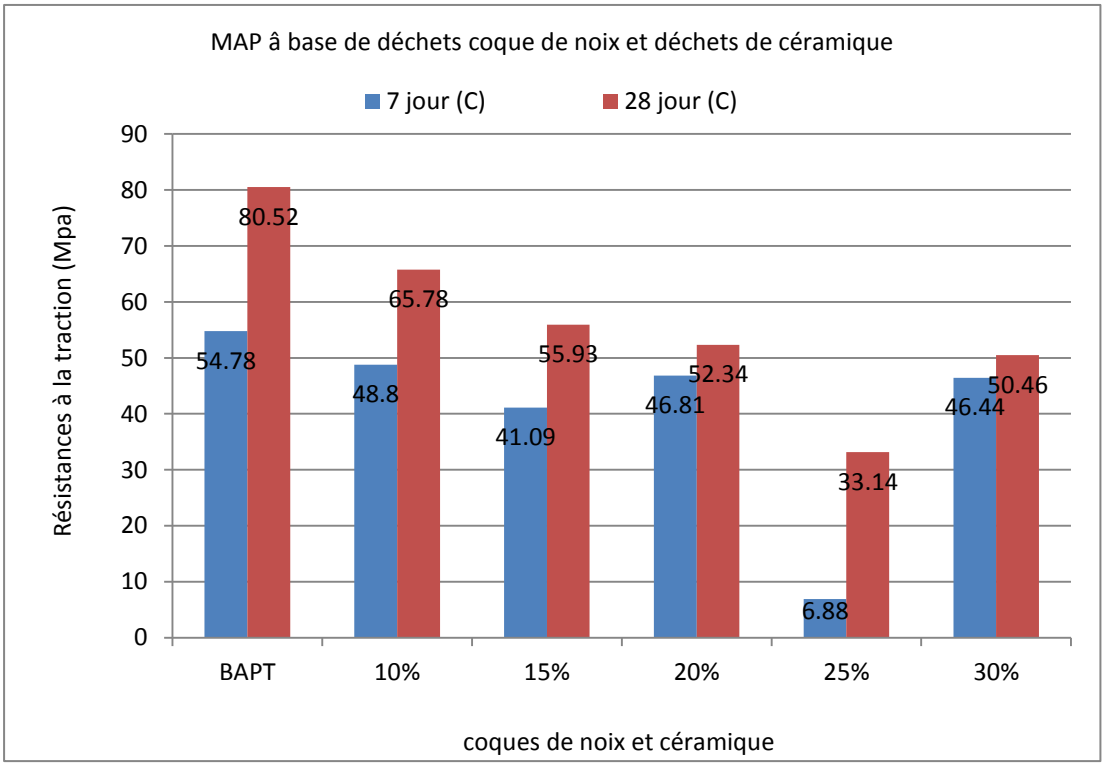


Figure III.4.1.1.A. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de coques de noix et céramique.

A l'âge de 7 jours, une baisse de réduction de l'ordre de 77%, 79%, 43%, 100%, 63% peut être détectée pour le mélange basé sur 10%, 15%, 20%, 25%.30% respectivement les brous de noix et la céramique blanche par rapport au MAP. D'autre part.

Après 28 jours, une diminution de la plage peut être détectée dans la plage de 17%, 26%, 46%, 77%, 32% pour le mélange à base de 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, Cosses de noix et céramique Blanc par rapport à MAP.

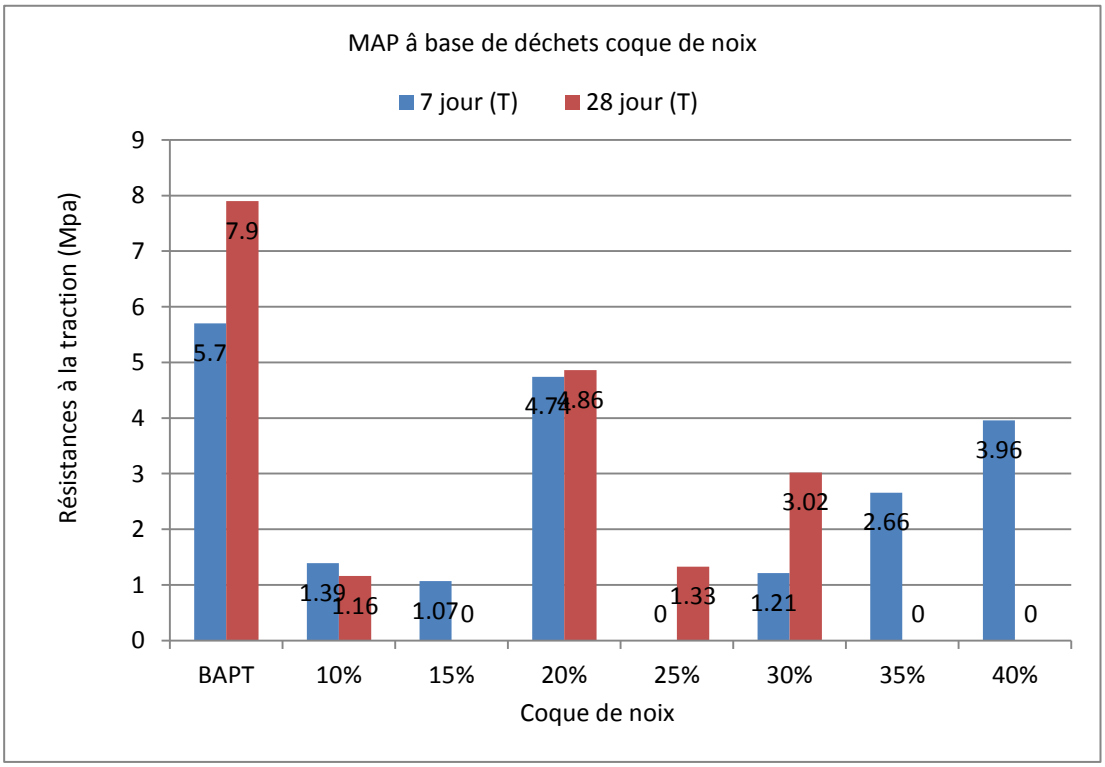


Figure III.4.1.1.B. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de coques de noix

A l'âge de 7 jours, une diminution de la plage peut être détectée de l'ordre de 75%, 30%, 81%, 100%, 78%, 100%, 100% pour 10%, 15%, 20%, 25 %. 30%, 35%. 40% de coquilles de noix droites par rapport à MAP. D'autre part.

A l'âge de 28 jours, une plage réduite peut être détectée dans la plage de 85%, 100%, 38%, 83%, 61%, 66%, 49% pour 10%, 15%, 20%, 25%. 30%, 35%. 40% sur le classement des coques de noix par rapport au MAP

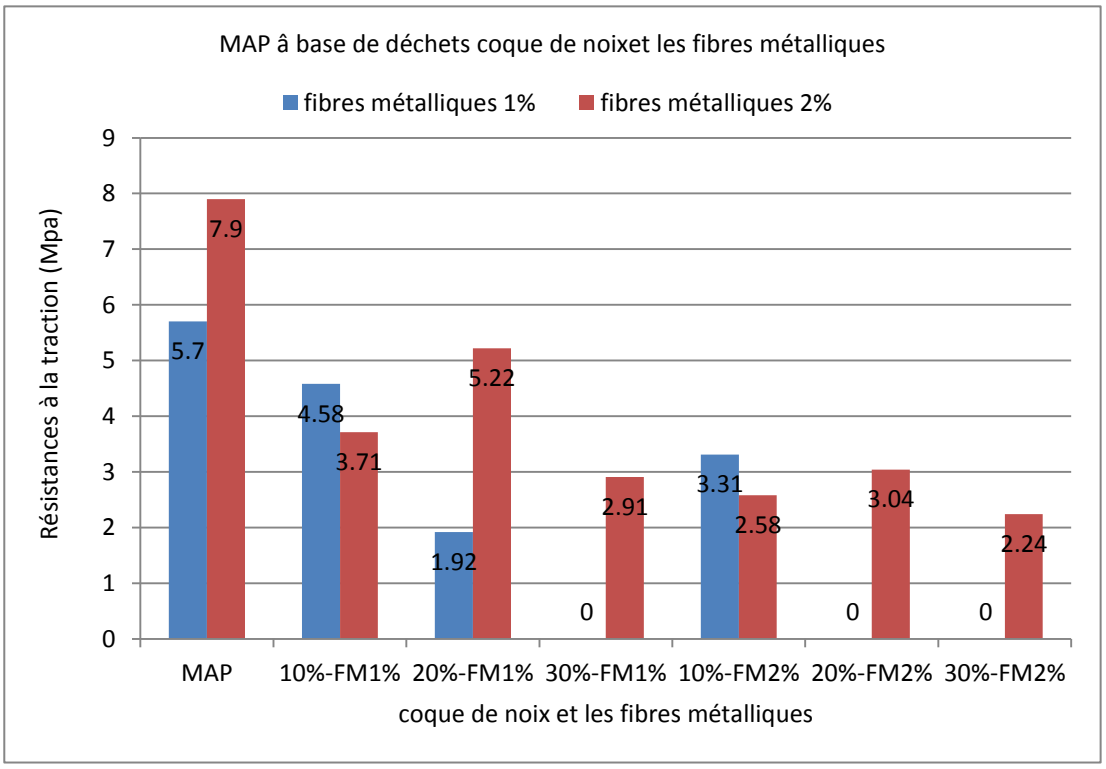


Figure III.4.1.1.C. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de coques de noix

A 7 jours d'âge, une fourchette inférieure a pu être détectée dans la fourchette de 19%, 66%, 100%, 41%, 100%, 100% pour 10%, 20%, 30% (fibres métallique 1%, 2%) sur la commande de coquilles de noix et fibres métallique par rapport à MAP. D'autre part

A 28 jours d'âge, une plage inférieure peut être détectée dans la plage de 53%, 33%, 63%, 67%, 61%, 71% pour 10%, 20%, 30% (fibres métallique 1%, 2%) sur la commande de coquilles de noix et fibres métallique par rapport à MAP.

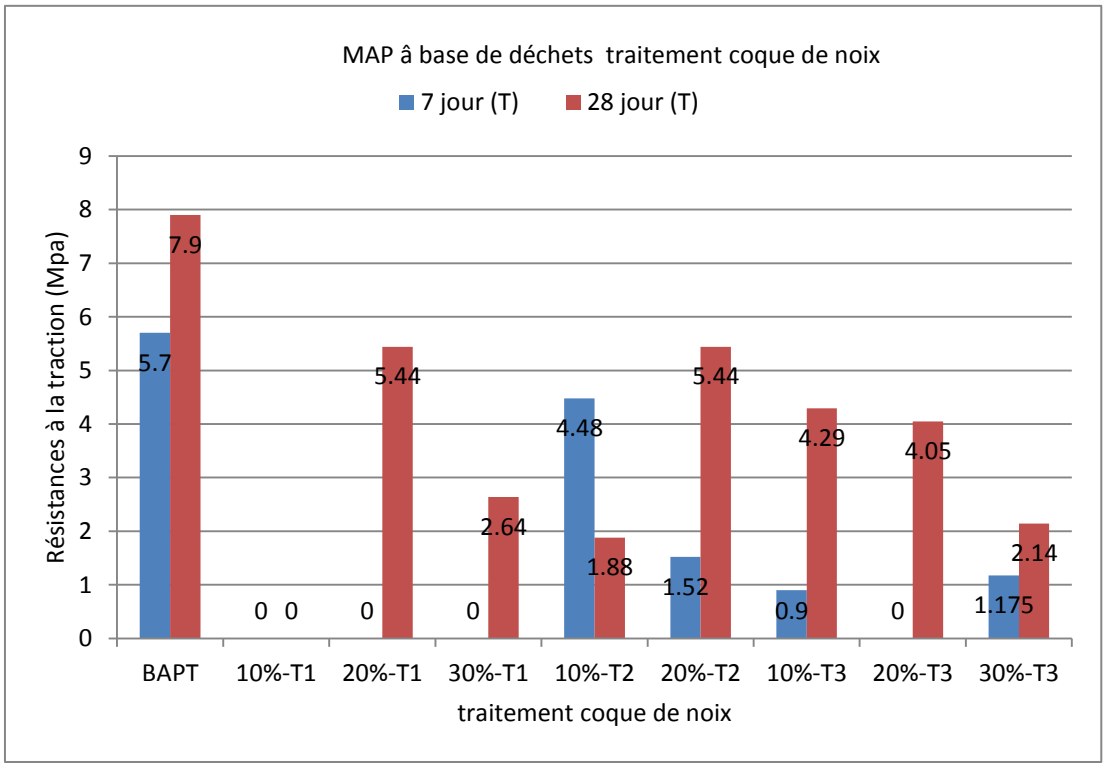


Figure III.4.1.1.D. Variation de la résistance à la traction des mortiers autoplaçants à base de déchets traitement coque de noix

A 7 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de100%, 100%, 100%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 1) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAPT. D'autre part A 28 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de 100%, 31%, 66%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 1) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAP. D'autre part

À l'âge de 7 jours, une fourchette inférieure de 21 %, 73 %, pour 10 %, 20 %, (méthode de traitement 1) respectivement pouvait détecter des coques de noix et des fibres minérales par rapport à MAPT. En revanche, à 28 jours d'âge, une fourchette inférieure de 76%, 31% pour 10%, 20% (méthode de traitement 2) respectivement pourrait détecter des coques de noix et des fibres minérales par rapport à MAP. D'autre part

A 7 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de 84%, 100%, 79%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 3) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAPT. D'autre part A 28 jours d'âge, une gamme inférieure a pu être détectée de l'ordre de 45%, 48%, 72%, pour 10%, 20%, 30% (mode de traitement 3) respectivement les coques de noix et les fibres minérales par rapport au MAP.

III.4.2. La densité

Les résultats de la densité à l'âge de 28 jours, des différents mélanges à base de déchets végétaux (coques de noix) conservés dans l'eau à 20°C sont résumés dans la figure III.4.2. suivante.

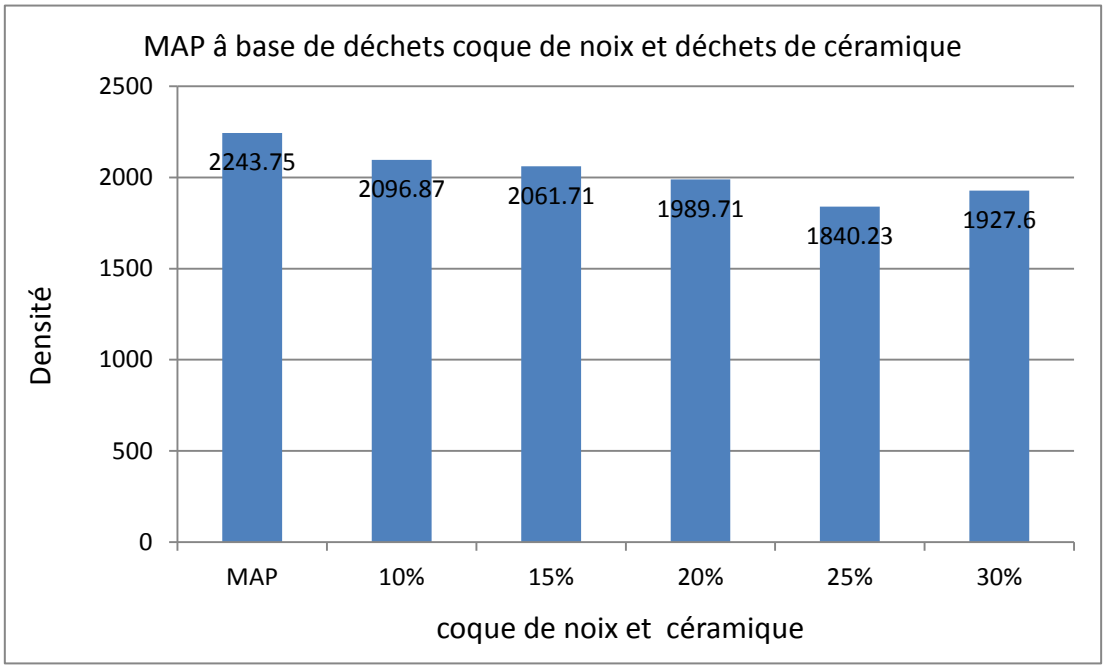


Figure III.4.2.A Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.(MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)

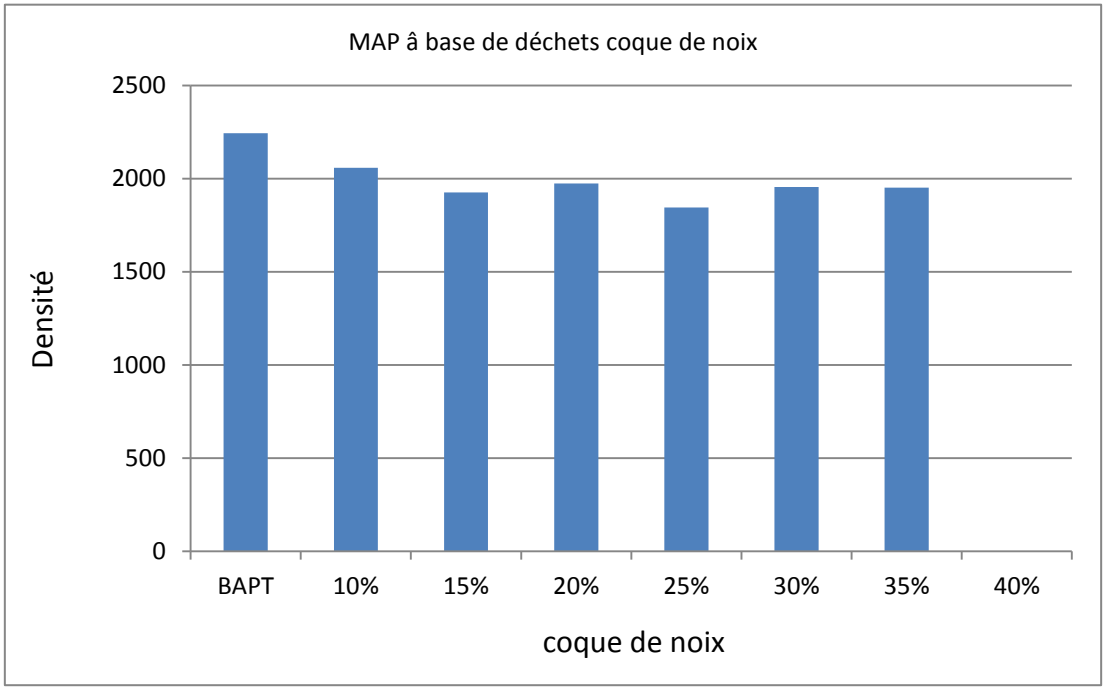
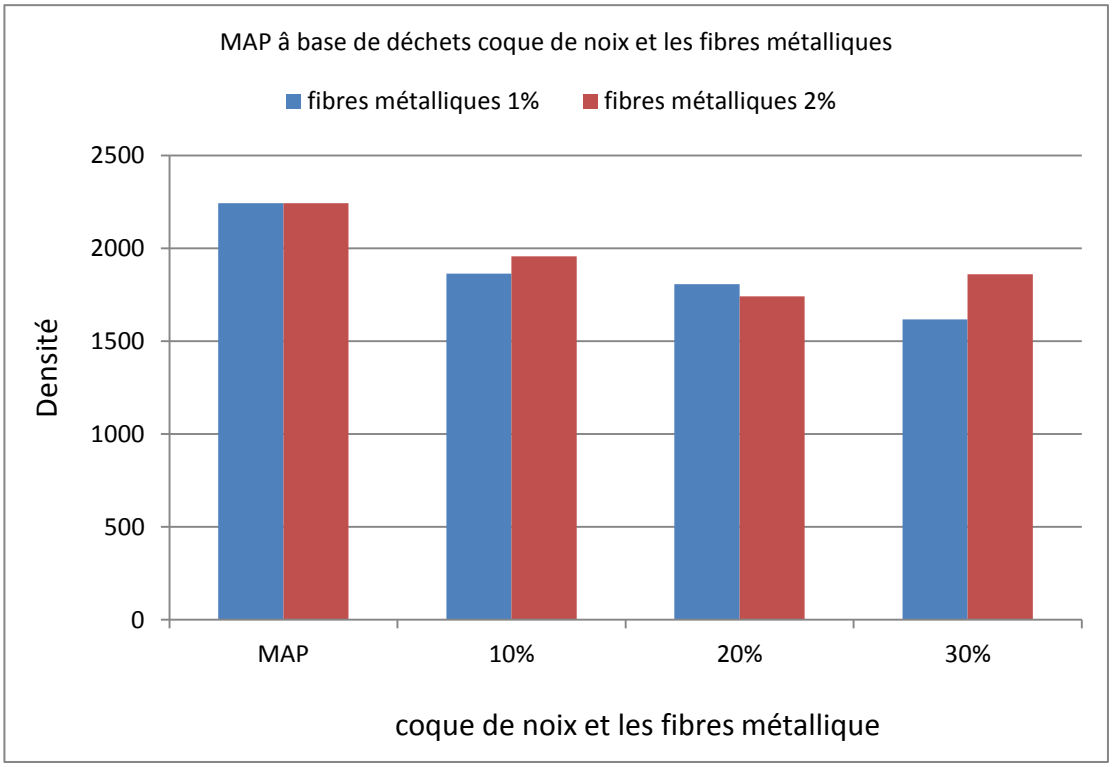
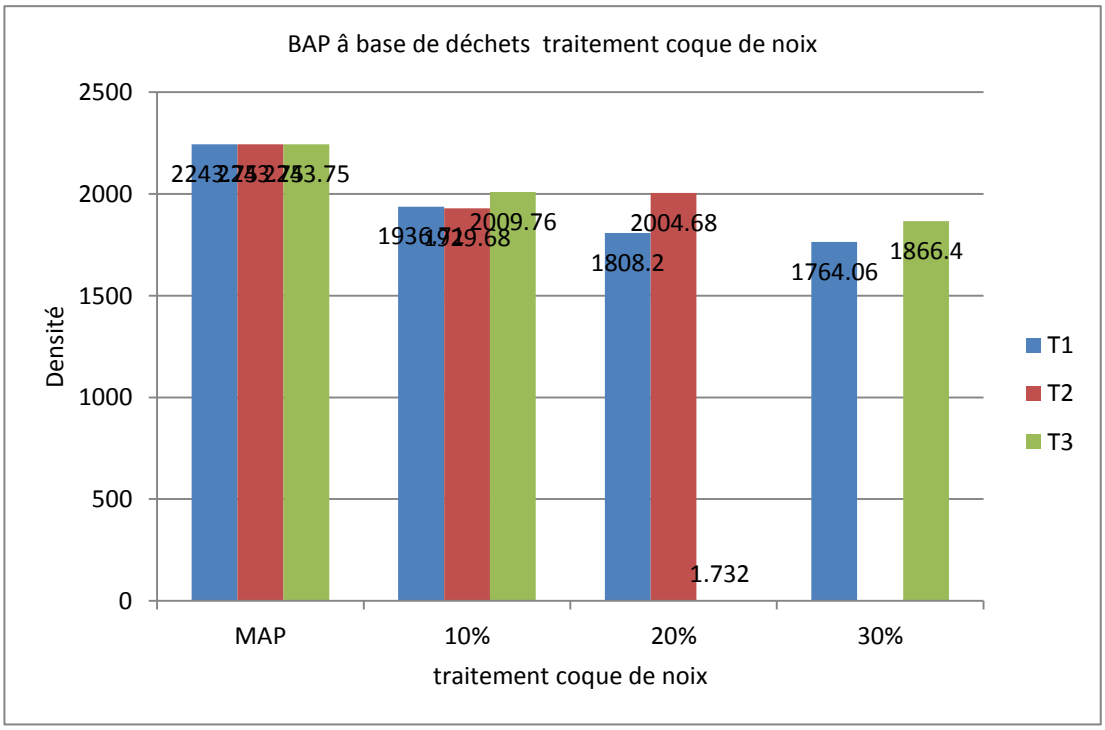


Figure III.4.2.B Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix



III.4.2.C. Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.

(MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métalliques

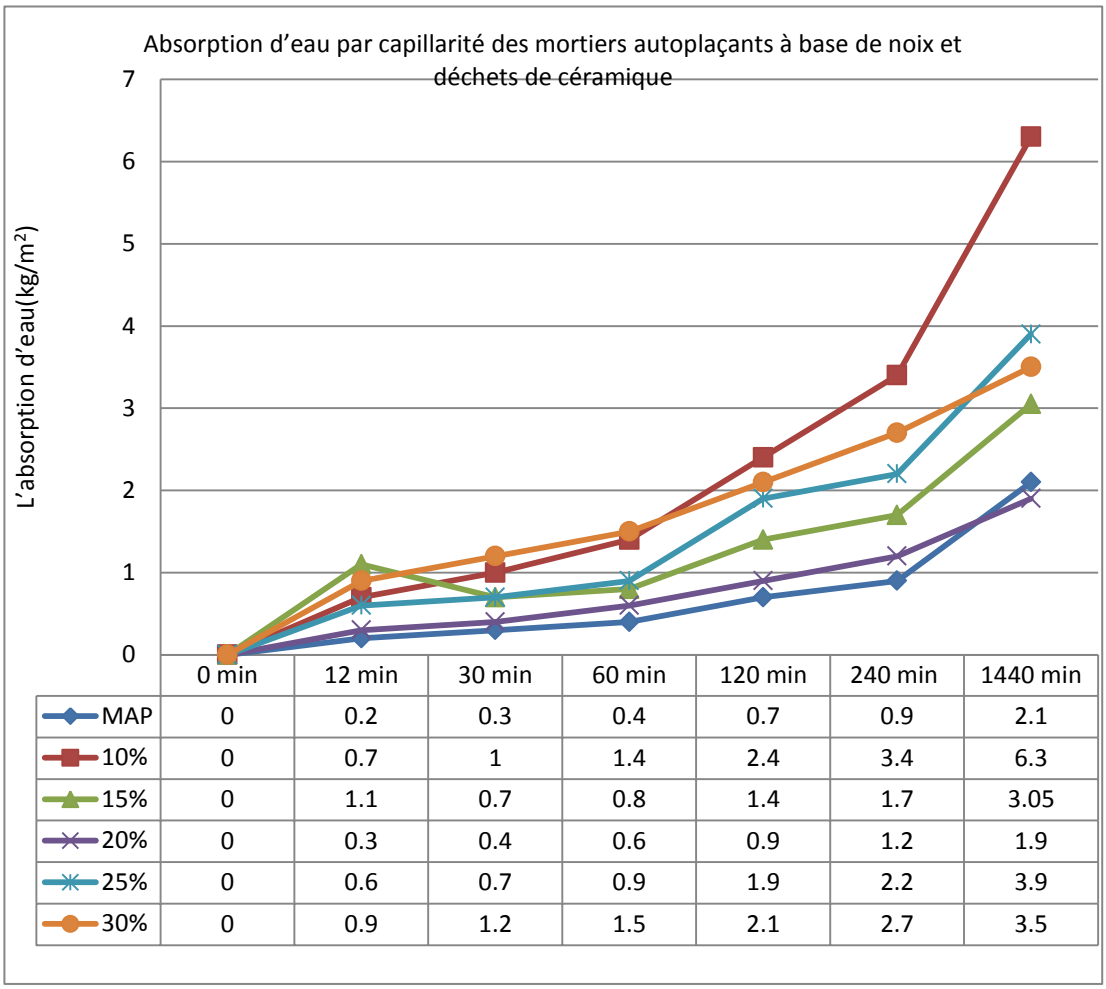


III.4.2.D Variation de la densité des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.

(MAP â base de déchets traitement coque de noix)

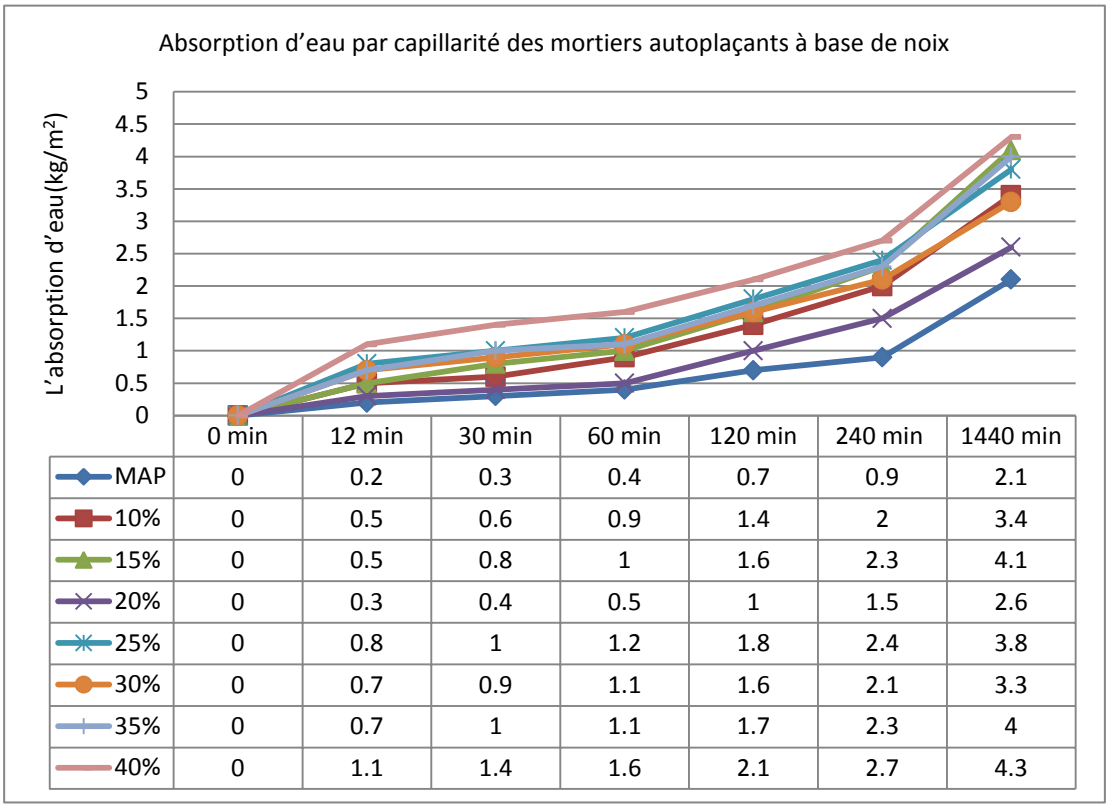
III.4.4. L'absorption d'eau par capillarite

La masse d'eau absorbée par unité de surface a été tracée en fonction de la racine carrée du temps, les résultats de l'essai d'absorption d'eau des différents mélanges réalisés sont représentés dans la figure III.4.4. Suivante.



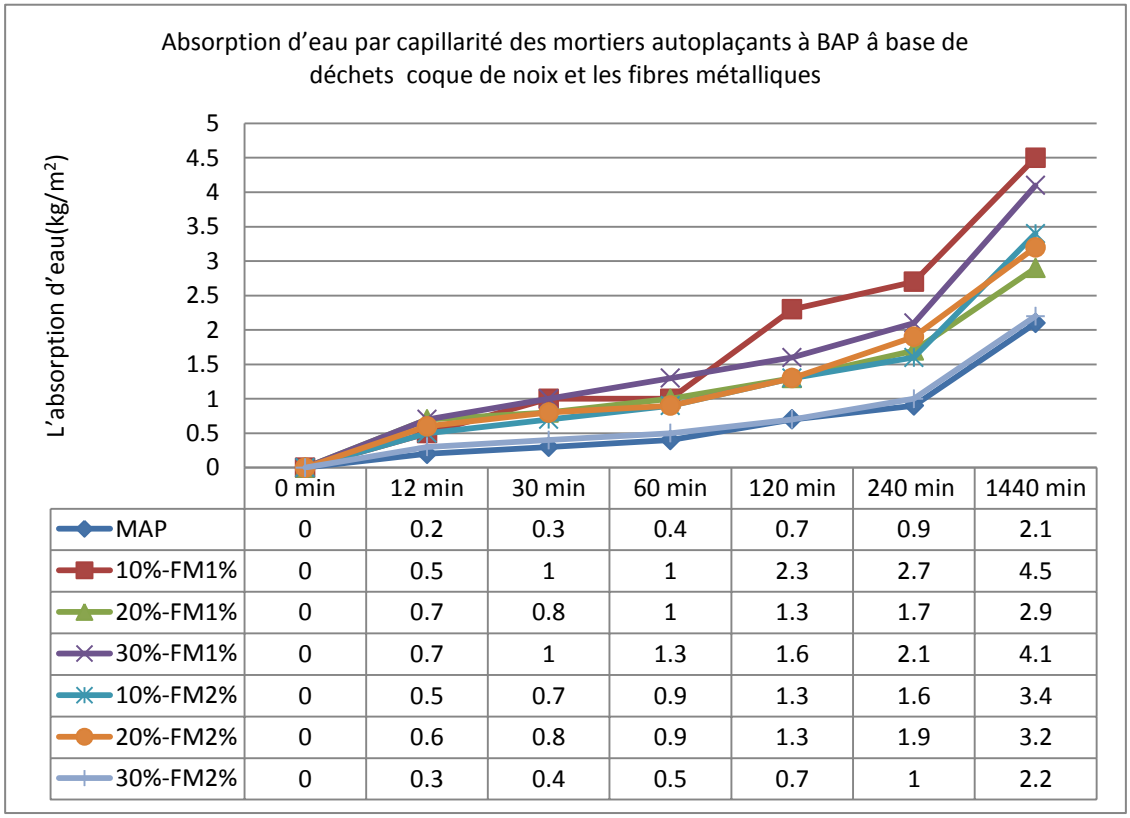
	0 min	12 min	30 min	60 min	120 min	240 min	1440 min
MAP	0	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9	2.1
10%	0	0.7	1	1.4	2.4	3.4	6.3
15%	0	1.1	0.7	0.8	1.4	1.7	3.05
20%	0	0.3	0.4	0.6	0.9	1.2	1.9
25%	0	0.6	0.7	0.9	1.9	2.2	3.9
30%	0	0.9	1.2	1.5	2.1	2.7	3.5

Figure III. 4.4.A Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à base de noix et déchets de céramique



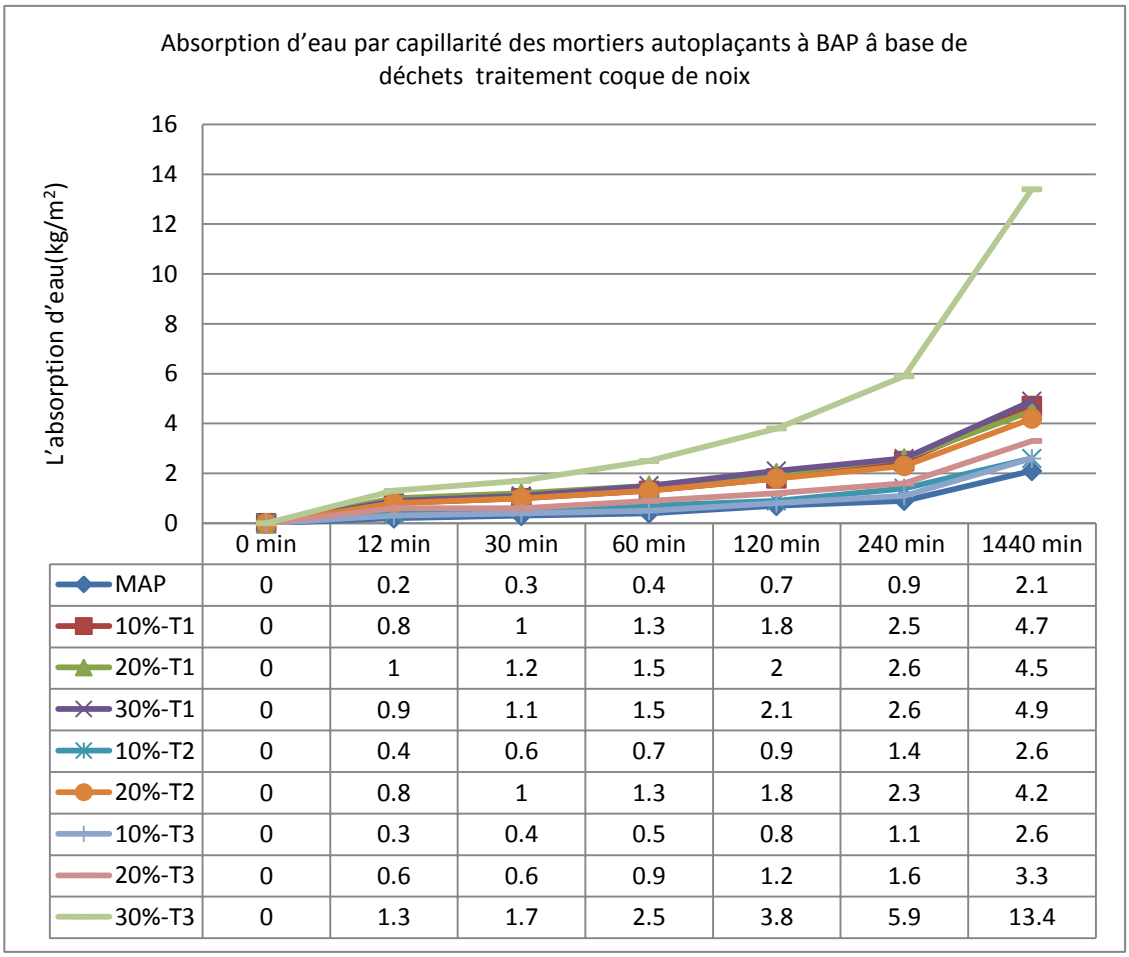
	0 min	12 min	30 min	60 min	120 min	240 min	1440 min
MAP	0	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9	2.1
10%	0	0.5	0.6	0.9	1.4	2	3.4
15%	0	0.5	0.8	1	1.6	2.3	4.1
20%	0	0.3	0.4	0.5	1	1.5	2.6
25%	0	0.8	1	1.2	1.8	2.4	3.8
30%	0	0.7	0.9	1.1	1.6	2.1	3.3
35%	0	0.7	1	1.1	1.7	2.3	4
40%	0	1.1	1.4	1.6	2.1	2.7	4.3

Figure III. 4.4.B Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à base de noix



	0 min	12 min	30 min	60 min	120 min	240 min	1440 min
MAP	0	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9	2.1
10%-FM1%	0	0.5	1	1	2.3	2.7	4.5
20%-FM1%	0	0.7	0.8	1	1.3	1.7	2.9
30%-FM1%	0	0.7	1	1.3	1.6	2.1	4.1
10%-FM2%	0	0.5	0.7	0.9	1.3	1.6	3.4
20%-FM2%	0	0.6	0.8	0.9	1.3	1.9	3.2
30%-FM2%	0	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.2

Figure III. 4.4. C Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à de de noix et les fibres métalliques



	0 min	12 min	30 min	60 min	120 min	240 min	1440 min
MAP	0	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9	2.1
10%-T1	0	0.8	1	1.3	1.8	2.5	4.7
20%-T1	0	1	1.2	1.5	2	2.6	4.5
30%-T1	0	0.9	1.1	1.5	2.1	2.6	4.9
10%-T2	0	0.4	0.6	0.7	0.9	1.4	2.6
20%-T2	0	0.8	1	1.3	1.8	2.3	4.2
10%-T3	0	0.3	0.4	0.5	0.8	1.1	2.6
20%-T3	0	0.6	0.6	0.9	1.2	1.6	3.3
30%-T3	0	1.3	1.7	2.5	3.8	5.9	13.4

Figure III. 4.4. D. Absorption d'eau par capillarité des mortiers autoplaçants à traitement coque de noix

A l'issu de la figure III. 4.4. on remarque qu'une augmentation remarquable dans le taux d'absorption d'eau de tous les mélanges à base de coques de noix par rapport au mortier autoplaçant témoin. En remarque aussi, que plus en augmentant le taux de substitution du sable par le déchet de coques de noix, (sans adjonction, adjonction de céramique, tri-traitement, adjonction de fibres métallique) plus le taux d'absorption du mortier autoplaçant augmente.

III.4.5. La conductivité thermique

Les résultats de la conductivité thermique des différents mélanges à base de déchets végétaux (coques de noix) (sans adjonction, adjonction de céramique, tri-traitement, adjonction de fibres métallique) après 28 jours de maturation, sont présentés dans la figure III.4.5 suivante.

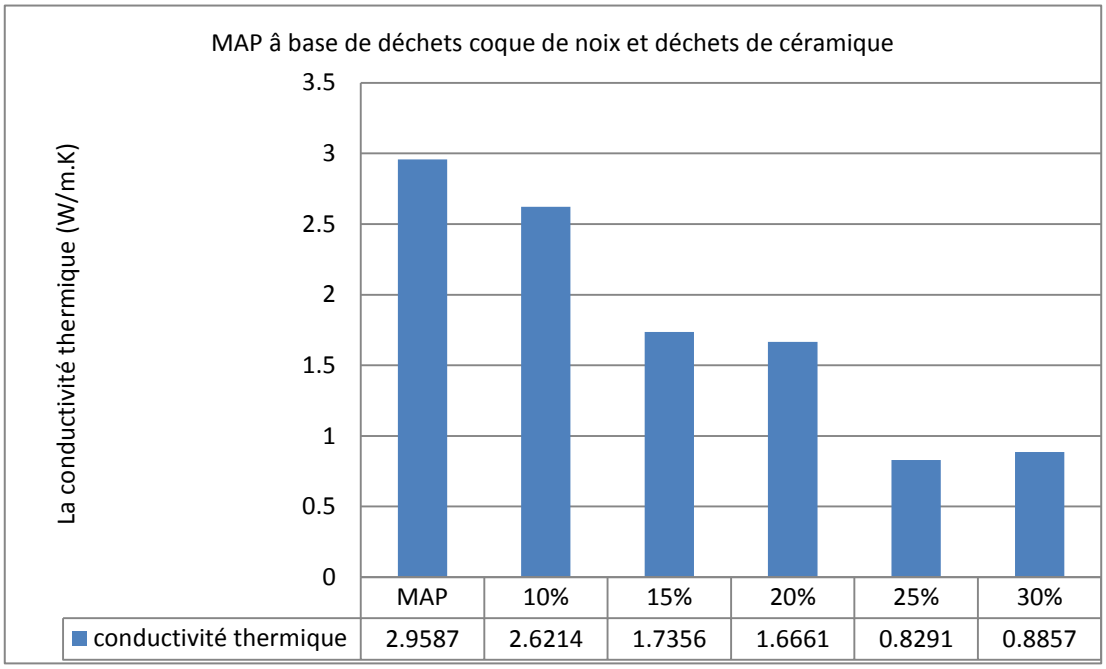


Figure III.4.5.A La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base de coques de noix. (MAP â base de déchets coque de noix et déchets de céramique)

Les résultats obtenus montrent que la conductivité thermique de tous les mortiers à base de coques de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de diminution est de l'ordre de 11, 41, 43, 71 et 70% par rapport au mortier témoin pour les mélanges à base de 10, 15, 20, 25 et 30% de coques de noix et céramique blanc respectivement.

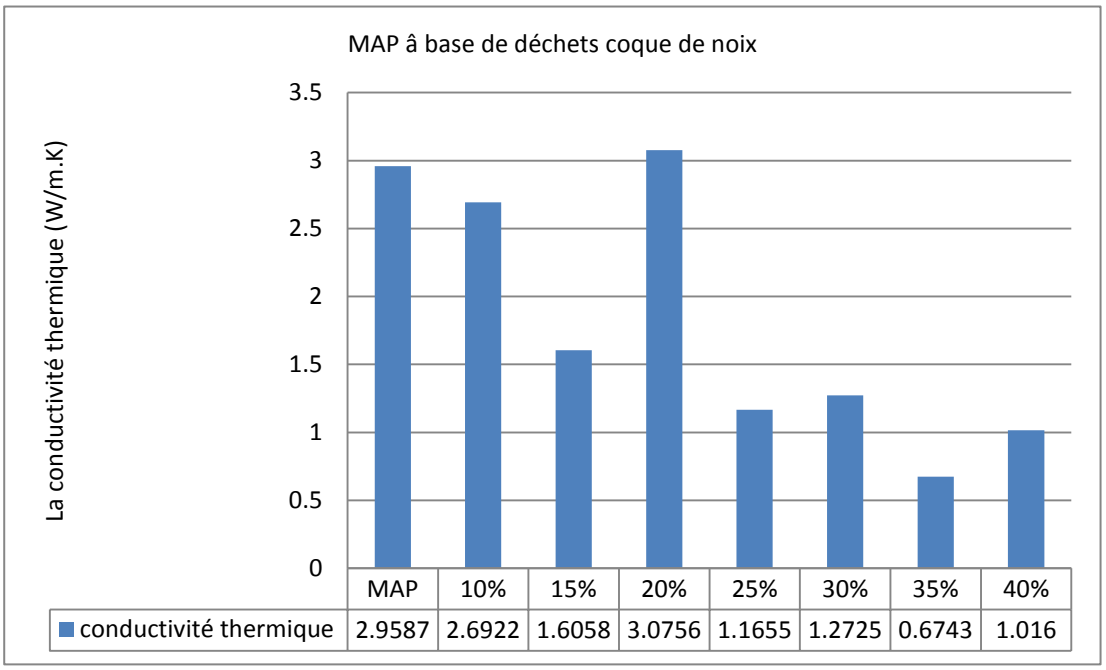


Figure III.4.5.B La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.(MAP â base de déchets coque de noix)

Les résultats obtenus ont montré que la conductivité thermique de tous les mortiers à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux d'abattement est de l'ordre de 9, 45, 39, 56, 77 et 65 % par rapport au lisier témoin pour des mélanges à base respectivement de 10, 15, 25, 30, 35 et 40 % de brou de noix. Et une légère augmentation de 4% dans le mélange 20%

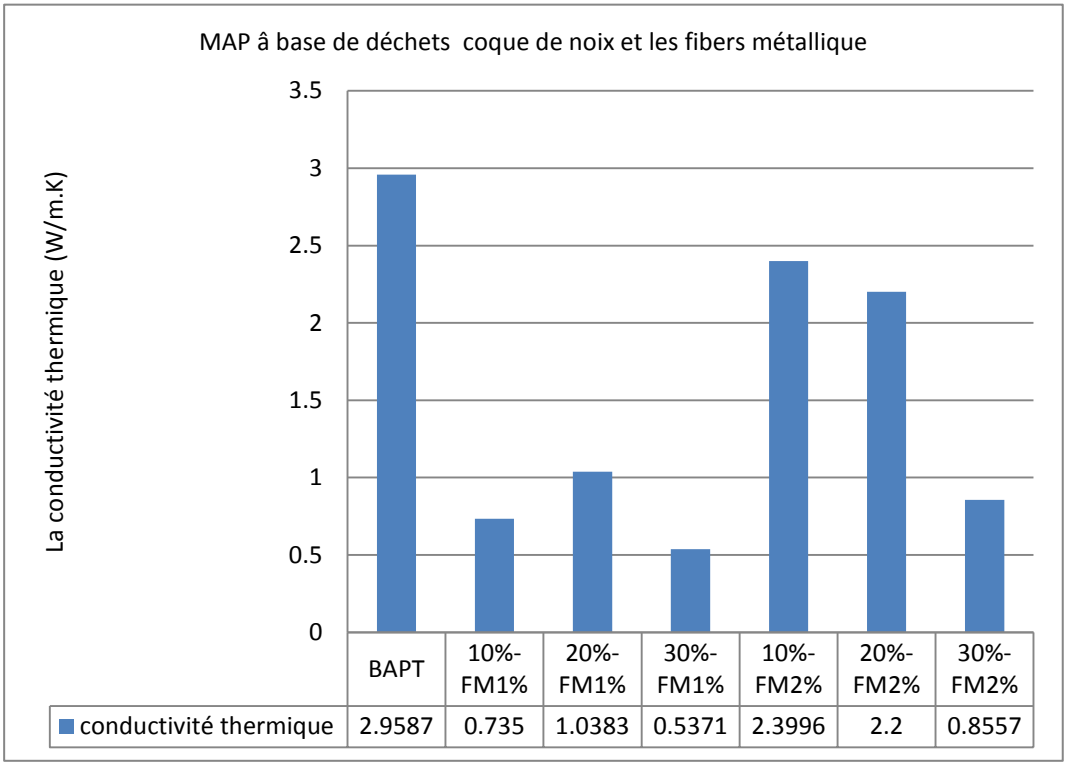


Figure III.4.5.C La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base MAP â base de déchets traitement coque de noix (MAP â base de déchets coque de noix et les fibres métallique)

Les résultats obtenus ont montré que la conductivité thermique de toutes les pâtes à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 75, 64, 81, 18, 25 et 71 % par rapport au lisier témoin pour des mélanges à base respectivement de 10, 20 et 30 % de couque de noix et de fibres métallique (1%,2%).

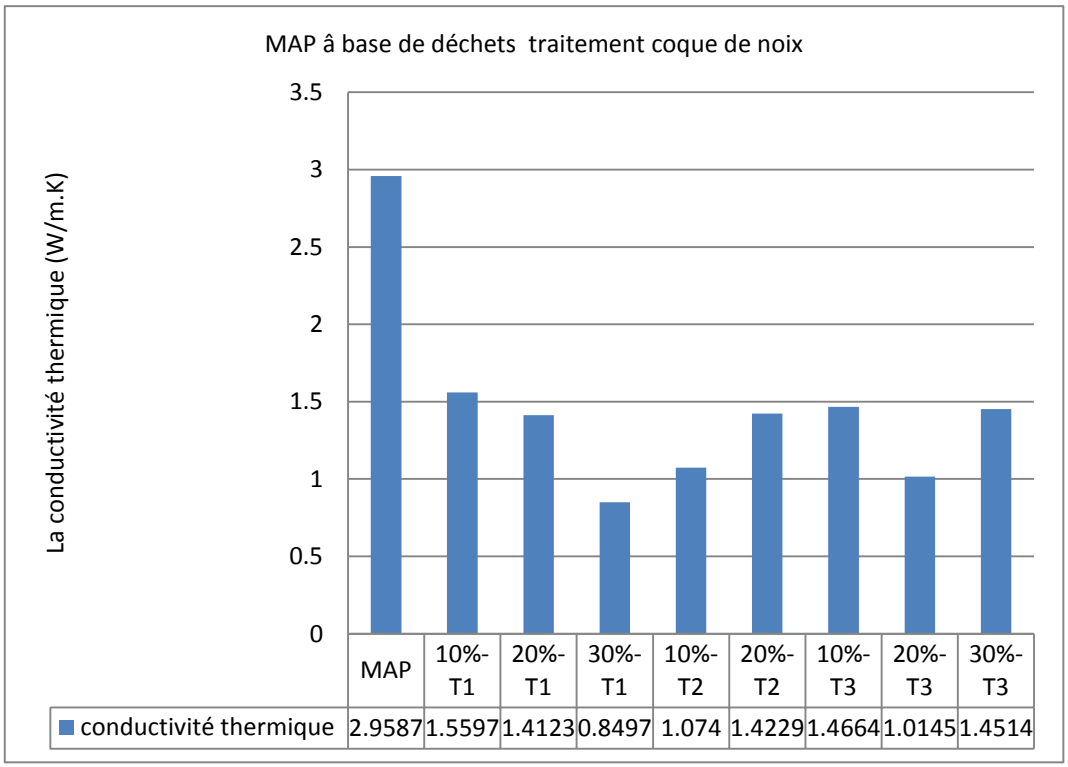


Figure III.4.5.D La conductivité thermique des mortiers autoplaçants à base de coques de noix.(MAP â base de déchets traitement coque de noix)

Les résultats obtenus ont montré que la conductivité thermique de toutes les pâtes à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 49, 52 et 72 % par rapport au lisier témoin pour des mélanges à base respectivement de 10, 20 et 30 % de brou de noix traité (première méthode)

Les résultats obtenus ont montré que la conductivité thermique de toutes les pâtes à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 66 et 52% par rapport au lisier témoin de mélanges à base respectivement de 10 et 20% de brou de noix traité (deuxième méthode)

Les résultats obtenus ont montré que la conductivité thermique de toutes les pâtes à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 52, 66 et 52 % par rapport aux lisiers témoins pour des mélanges à base respectivement de 10, 20 et 30 % de brou de noix traité (troisième méthode)

III.4.6. La vitesse ultrasonique

Les résultats de la vitesse ultrasonique des différents mélanges à base de déchets végétaux (coques de noix) après 28 jours de maturation, sont présentés dans la figure III.4.6.suivante.

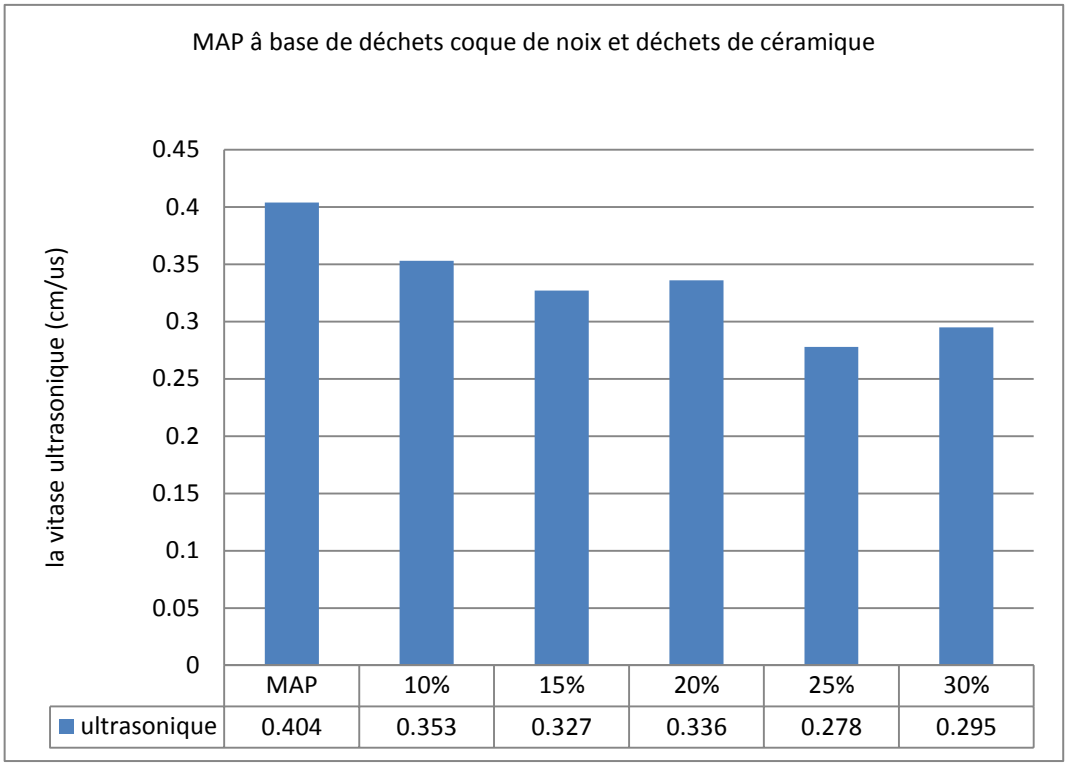


Figure III.4.6.A La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de coque de noix et céramique

Les résultats obtenus ont montré que la vitesse ultrasonique de toutes les pâtes à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 12, 19,16 31 et 26 % par rapport aux lisiers témoins pour des mélanges à base respectivement de 10, 15 , 20, 25 et 30 % de couque de noix et céramique blanc

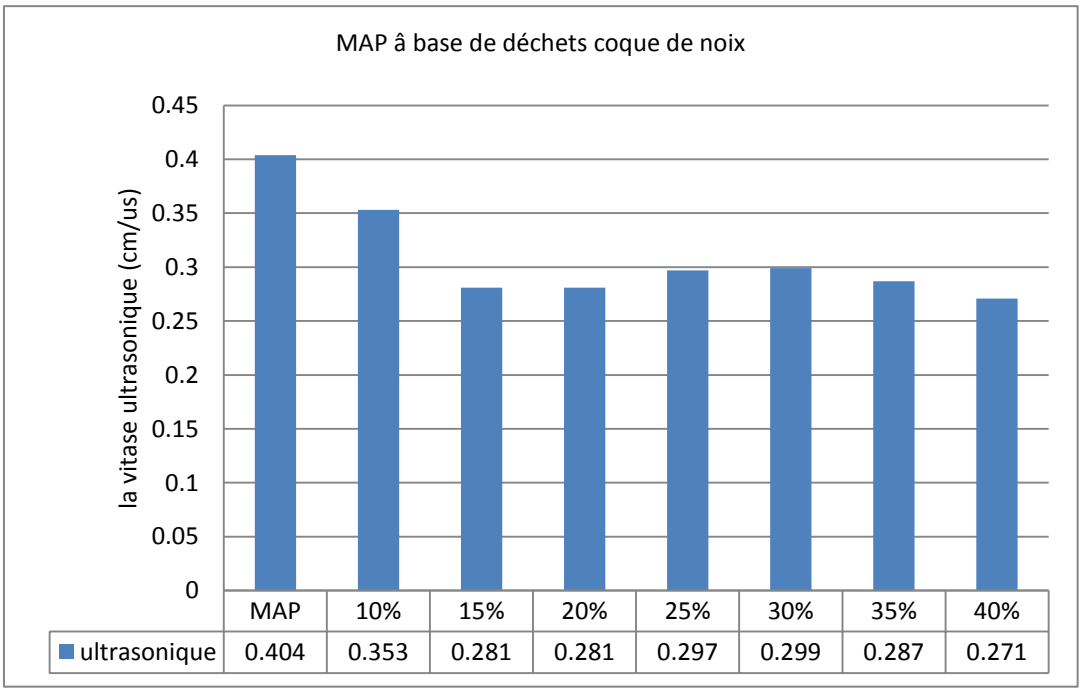


Figure III.4.6.B La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de coque de noix

Les résultats obtenus ont montré que la vitesse ultrasonique de toutes les pâtes à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 12, 30,30, 26, 26, 29 et 33% par rapport aux lisiers témoins pour des mélanges à base respectivement de 10, 15 , 20, 25, 30, 35 et 40 % de couque de noix

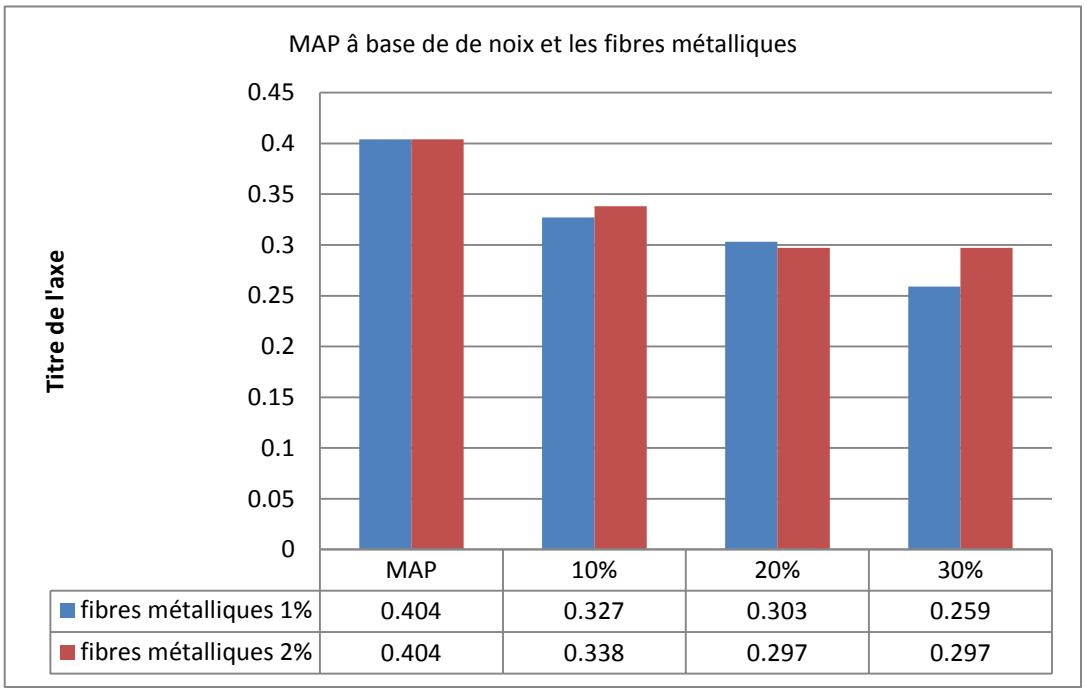


Figure III.4.6.C La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de coque de noix et les fibres métalliques

Les résultats obtenus ont montré que la vitesse ultrasonique de toutes les pâtes à base de brou de noix diminue par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 19, 16,25, 26, 36 et 26% par rapport aux lisiers témoins pour des mélanges à base respectivement de 10, 20, et 30 % de couque de noix et les fibres métalliques (1%,2%)

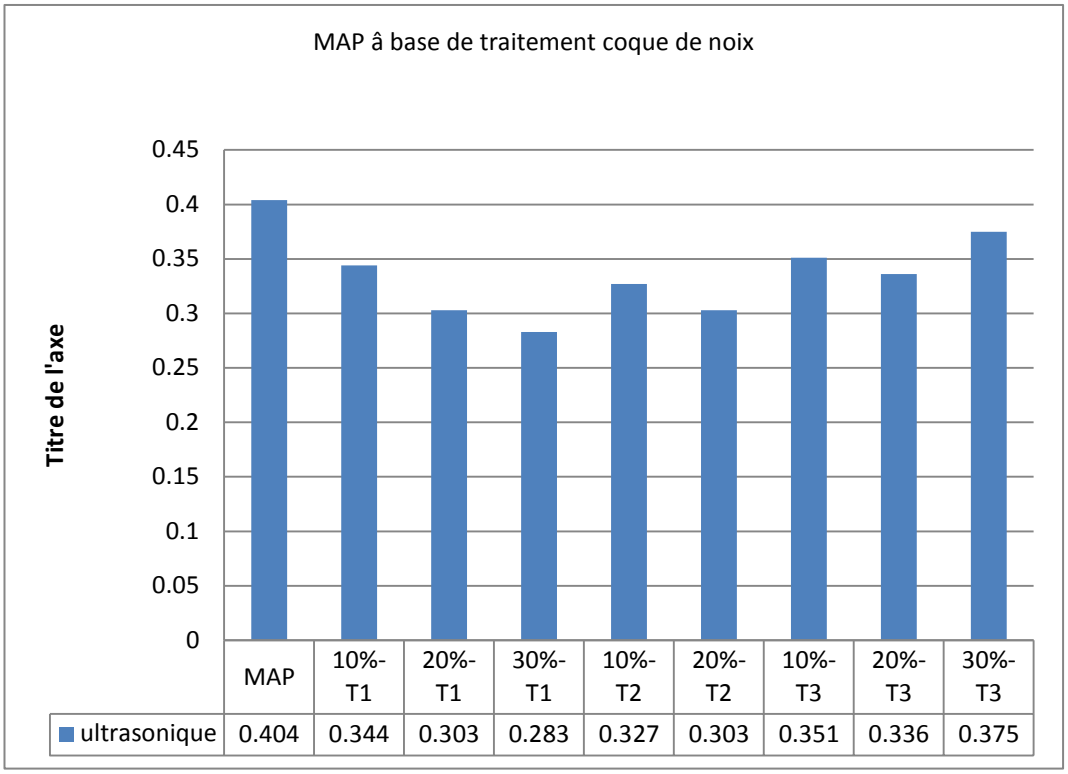


Figure III.4.6.D La vitesse ultrasonique des mortiers autoplaçants à base de traitement coque de noix

Les résultats obtenus ont montré que la vitesse des ultrasons de toutes les pâtes à base de coques de noix est réduite par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 15, 25 et 30 % par rapport au lisier témoin pour des mélanges à base respectivement de 10, 20 et 30 % de coques de noix traitées (première méthode).

Les résultats obtenus ont montré que la vitesse des ultrasons de toutes les pâtes à base de coques de noix est réduite par rapport au MAP. Le taux de réduction est d'environ 19 et 25 % par rapport au lisier témoin pour des mélanges à base respectivement de 10 et 20 % de coques de noix traitées (deuxième méthode).

Les résultats obtenus ont montré que la vitesse des ultrasons de toutes les pâtes à base de coques de noix est réduite par rapport au MAP. Le taux d'abattement est d'environ 13,16 et 7 % par rapport à un compost de mélanges à base respectivement de 10, 20 et 30 % de brou de noix traité ((troisième méthode)

III.5. CONCLUSIONS

Dans le cadre de cette partie de l'étude, l'analyse des résultats empiriques peut conduire aux conclusions suivantes :

Quel que soit le taux de remplacement du sable par les coques de noix, (sans adjonction, adjonction de céramique, tri-traitement, adjonction de fibres métallique) la fluidité du lisier dit automoteur diminue par rapport au lisier témoin. Cela se traduit par une demande accrue en super plastifiant pour tous les mélanges à base de coques de noix par rapport au MAPT.

- Pour tous les pourcentages de remplacement du sable par des coques de noix, (sans adjonction, adjonction de céramique, tri-traitement, adjonction de fibres métallique) les résistances à la compression et à la traction sont réduites par rapport au mortier auto-régulateur de pression.

Une augmentation du taux d'absorption d'eau a été observée pour tous les mélanges à base de coques de noix par rapport aux mortiers auto-contrôle de pression. Ceci se traduit par une diminution de la compressibilité des mélanges à base de ces déchets.

Le lisier autopressant fabriqué à partir de déchets (coquilles de noix) (sans adjonction, adjonction de céramique, tri-traitement, adjonction de fibres métallique) est plus léger que le lisier autopressant.

Les déchets de brou de noix réduisent la conductivité thermique du mortier autopressant.

Lisier auto-plaçant La vitesse des ondes augmente avec l'augmentation de la densité du lisier auto-plaçant


Conclusions et Recommandations

Conclusions Générales

L'analyse des études antérieurs et des résultats expérimentaux de l'effet de déchets de coque de noix sur les caractéristiques du mortier peut mener aux quelques conclusions suivantes :

- La maniabilité de mortier est diminue avec l'augmentation de pourcentages de déchets de coque de noix.
- La substitution du sable par les déchets de coque de noix engendre diminution considérable de la densité.
- D'après les travaux antérieurs les performances mécaniques des mortiers sont diminué en fonction d'augmentation de déchets de coque de noix.
- Les études antérieures ont montrés que l'incorporation de déchets de coque de noix à la masse des matériaux cimentaire améliore leurs caractéristiques thermiques.

Finalement, la valorisation et le recyclage de déchets de coque de noix constitue une alternatif économique, environnementale et technologique très importante. L'utilisation de ces types de matériaux est conseillée pour les éléments d'isolation du bâtiment

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

[1]: Hanna FARES : «propriétés mécaniques et physico-mécaniques de bétons autoplaçant exposés à une température élevée». Thèse de doctorat de l'université de Cergy-pontoise. décembre2009.

[2]: Guide d'utilisation du béton en site maritime Benoit THAUVIN & Michel MENGUY (centre d'étude techniques maritimes et fluvial).
[3]: BENKECHKACHE Ghofrane «Etude de comportement diffère des bétons autoplaçant Influence des paramètres de composition et de chargement», thèse de magister novembre 2007 université mentouri Constantine.

[4]: Okamura H., Ouchi M., "Self-Compacting Concrete. Development, present use and future", Proceedings of the First International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, 1999, Stockholm, Suède pp. 3-14.

[5] : François CUSSIGH « béton autoplaçant ». Technique de l'ingénieur.

[6] « *Bétons Auto-plaçants* », Recommandations Provisoires, Document Scientifiques et Techniques, ISSNencours, Juillet 2000.

[7] BoukendakdjiOthmane, *Etude de l'influence des paramètres de formulation sur les propriétés d'un béton autoplaçant : optimisation des conditions opératoires*, Thèse de Doctorat d'état, Université de Blida, Algérie, 2010.

[8] BILLBERG P., "Influence of filler characteristics on SCC rheology and gearlyhydration", Proceedings of 2nd International Symposium on Self-CompactingConcrete,Tokyo, Japon, pp. 285-294, 23-25 octobre 2001.

[9] R.Pleau, D.Beaupré, K.Khayat, B.Bona and P.Lacombe, « *Entrainment de la résistance au gel des bétons autonivelants* », Colloque sur les Bétons Autonivelants, Kamal Khayat, Sherbrooke, Quebec, 1ère Nouvembre 1996.

[10] Sandrine Bethmont, « Mécanismes de ségrégation dans les bétons autoplaçcnts(BAP) », Thèse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2005.

[11] Sedran T., « Les Bétons Autonivelants », bulletin LCPC 196, réf. 3889, pp. 53-60, mars-avril 1995.

[12] Association Française de Génie Civil, « Bétons autoplaçants– Recommandationsprovisoires », Annales du bâtiment et des travaux publics, juin 2000.

[13]M. Ouchi, Y. Edamatsu. "A simple evaluation method for interaction betweencoarse aggregate and mortar particles in self-compacting concrete".In Proceedings of the FirstInternational RILEM Symposium of Self-Compacting Concrete.RILEM, 1999.

[14] Yen et al., Flow behaviour of high strength high-performance concrete, cement andconcrete composites, 1999, vol 21, pp 413-424.

[15] KLUG Y., HOLSCHEMACHER K., 2003« Comparison of the hardened properties of Self-Compacting and Normal Vibrated Concrete » 3rd International Symposium on Self-Compacting Concrete, Reykjavik,Iceland, pp. 596-605.

[16] Http://thesis.univ-biskra.dz/1328/6/partieI%20chapitre%2002.pdf

[17] GIBBS J.C. and ZHU W., " Strength of hardened self-compacting concrete ",Proceedings of First International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete (PRO7), Stockholm, Suède, pp. 199-209, 13-15 septembre 1999.

[18] PINEAUDA., 2007« Contribution à l'étude des caractéristiques mécaniques des bétons Autoplaçants et application à l'industrie de la préfabrication ». Thèse de doctorat, Université de Cergy-Pontoise, France, page 271.

[19] TURCRY P., ROZIERE E., LOUKILI A., 2005« Influence du volume de pâte et des additions sur le retrait des bretons autoplaçants ». XXIIIème RencontresUniversitaires de Génie-Civil, Grenoble.

[20] ASSIÉ S., 2004 « Durabilité des bétons autoplaçants» thèse de doctorat,Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions INSA-UPS Génie Civil, Toulouse, France.

[21] UYSAL M., YILMAZ K., 2011« Effect of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete »,Cement and Concrete Composites J., Vol. 33,pp.771-6.

[22] Wenzhong Zhu, John C. Gibbs, "Use of different limestone and chalk powders inself-compacting concrete", Cement and Concrete Research 35 (2005) 1457– 1462.

[23] OthmaneBoukendakdji, El-HadjKadri , Said Kenai "Effects of granulatedblast furnace slag and superplasticizer type on the fresh properties and compressive strengthof self-compacting concrete".

[24] GUNEYISI E., GESOGLU M.,2008 « A study on durability properties of high-performance concretes incorporating high replacement levels of slag » Materials and Structures J., Vol. 41, pp. 479–493.

[25] KAPOOR Y., MUNN C., CHARIF K., 2003« Self-Compacting concrete – an economic approach » Proceedings of Seventh International Conference on Concrete in Hot and Aggressive Environments,Manama, Kingdom of Bahrain, pp.509–19.

[26] KHELIFA R.,2002 «L'impact des cimenteries sur l'environnement, Cas de la cimenterie de Ain-Touta», Mémoire de DEA en Aménagement, Développement et Environnement, Université d'Orléans.

[27] BOEL V., AUDENAERT K., DE SCHUTTER G.,2002, « Pore structure of self-compacting concrete », First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, ACBM center, pp. 837-843.

[28] Persson B. "Creep, Shrinkage and Elastic Modulus of Self-Compacting Concrete" Proceedings of the first International RILEM Symposium on Self Compacting Concrete 1999 in Sweden, pp. 239-250.

[29] Philippe Turcry, « Retrait et Fissuration des BetonsAutoplaçants », Influence dela Formulation. Thèse de l'Ecole Centrale de Nantes et l'Université de Nantes 2004.

[30] : Yang S., Yue X., Liu X., Tong Y., Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles, Const. Build. Mater., 84 (2015) 444–453.

[31] GESTION DECHETS CUSSTR VD - PM 09.09.08, http://cusstr.ch/repository/34.pdf

[32] Harini B., Ramana K.V., Use of Recycled Plastic Waste as Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete, IJIRSET, 4 (2015) 8596

[33] : Yang S., Yue X., Liu X., Tong Y., Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles, Const. Build. Mater., 84 (2015) 444–453.

[34]: Naik T.R., Singh S.S., Huber C.O., Brodersen B.S., Use of post-consumer plastic wastes in cement-based composites, Cem. Concr. Res., 26 (1996) 1489–92.

[35] :Asokan P., Osmani M., Price A.D.F., Improvement of the mechanical properties of glass fibre reinforced plastic waste powder filled concrete, Constr. Build. Mater., 24 (4) (2010) 448-460.

[36] Caractérisation de la longévité des briques brutes et très bien écrasées réutilisées D'employer de bétons et des agrégats, des matériaux et du RILEM concrets (2011). Http ://www.rilem.net/ms.php.

[37] : les procède de recyclage, http://technocap021bis.eklablog.com/les-procedes-de-recyclage-a115203926, 29 Mars 2015

[38] : Quebaud M., 'Caractérisation des granulats recyclés - Etude de la composition et du Comportement de bétons incluant ces granulats', Thèse de doctorat, Université d'Artois, France, décembre 1996.

[39] https://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Dossiers/DossierComplexe.aspx?doc=cinq-bonnes-raisons-de-manger-regulierement-des-noix

[40] https://www.linternaute.fr/expression/langue-francaise/15854/coque-de-noix/

[41] https://www.lesfruitsetlegumesfrais.com/fruits-legumes/fruits-a-coque/noix/coin-des-curieux

[42] http://ecolo-bio-nature.blogspot.com/2014/02/que-faire-avec-des-coquilles-de-noix-ou.html

[43] https://www.bio-powder.com/fr/coque-de-noix

[44]: Robert LEROY, Leda DIMITRIADI « Recyclage des déchets du chantier », école normale supérieure d'architecture, Paris-Malaquais.

[45] : Paul O. Awoyera , Julius M. Ndambuki, Joseph O. Akinmusuru, David O. Omole « Characterization of ceramic waste aggregate concrete » HBRC Journal, 2006.

[46]: Nicolescu, Généralités : Rapport Général Colloque International sur l'Utilisation Des

Sous-produits et Déchets dans le Génie Civil', Recueil des communications, Volume III, ENPC, Paris, 1978, p. 15.

[47] : Kenai S, Debieb F, Azzouz L (2002) Mechanical properties and durability of concrete made with coarse and fine recycled aggregates. In: Sustainable concrete construction. Proceedings of an international conference, Dundee, Sept. 2002. Thomas Telford, London, pp 383–392.

[48]: Fernando Pacheco-Torgal, Said Jalali « Compressive strength and durability properties of ceramic wastes based concrete», Materials and Structures, Doi 10.1617/s11527-010-9616-6, 21/04/2010.

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

[50] : Collection Mémento Technique, "Tuiles et Briques de Terre Cuite", Edition Moniteur Paris , 1998.

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

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

[53] *Norme NF EN 933-8 : Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Partie 8 : Évaluation des fines — Équivalent de sable*, Paris, Association Française de Normalisation (AFNOR), août 1999, 16 p., remplace les normes expérimentales françaises p. 18-597, de décembre 1990 et p. 18-598, d'octobre 1991.

[54] NF EN 1008Eau de gâchage pour bétons – Spécification d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux des processus de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton

[55] NF EN 934-2par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 août 2002 pour prendre effetl e 5 s e p t e m b r e 2 0 0 2 . Est destinée à remplacer la norme homologuée NFEN934-2,d'avril 1998. Sert de base pour l'attribution de la marque NF-ADJUVANTS

[56] Okamura H., Ouchi M., "Self-Compacting Concrete. Development, present use and future", Proceedings of the First International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, 1999, Stockholm, Suède pp. 3-14.

[57] BoukendakdjiOthmane, Etude de l'influence des paramètres de formulation sur les propriétés d'un béton autoplaçant : optimisation des conditions opératoires, Thèse de Doctorat d'état, Université de Blida, Algérie, 2010.

[58] BILLBERG P., "Influence of filler characteristics on SCC rheology andgearlyhydration", Proceedings of 2nd International Symposium on Self-CompactingConcrete,Tokyo, Japon, pp. 285-294, 23-25 octobre 2001.

[59] R.Pleau, D.Beaupré, K.Khayat, B.Bona and P.Lacombe, « Entrainment de la résistance au gel des bétons autonivelants », Colloque sur les Bétons Autonivelants, Kamal Khayat, Sherbrooke, Quebec, 1ère Nouvembre 1996.

[60] Sandrine Bethmont, « Mécanismes de ségrégation dans les bétons autoplaçcnts(BAP) », Thèse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2005.

[61] la norme [NF EN 196-1], Cette norme spécifie la méthode permettant de déterminer la résistance à la compression et, facultativement, la résistance à la flexion d'un mortier de ciment. Cette méthode s'applique aux ciments courants et à d'autres ciments et matériaux pour lesquels les normes prescrivent cette norme. Elle ne s'applique pas aux autres types de ciments, qui ont, par exemple, un temps de début de prise très court. Cette méthode est utilisée pour déterminer si la résistance à la compression d'un ciment est en conformité avec sa spécification, pour l'essai de validation d'un sable normalisé CEN EN 196-1 et pour l'essai de validation des variantes de l'équipement de serrage.

[62] -la norme NF EN 1015-18 Cette norme décrit une méthode de détermination du coefficient d'absorption d'eau par capillarité des mortiers durcis à base de liants minéraux et de granulats courants et légers.

[63] -NF EN 993-15 La présente norme spécifie une méthode de détermination de la conductivité thermique des matériaux et produits réfractaires par la méthode du fil chaud (parallèle).