

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

N° :



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNIQUES
FILIERE : Génie Civil
OPTION : Matériaux

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : HEMIL Samir
NOUGARI Ayoub Zakaria

Intitulé

***Effet combiné des billes du polystyrène et les fibres
plastique sur les mortiers au ciment blanc***

Soutenu devant le jury composé de :

Pr : Beddar miloud	Université de M'sila	Président
Dr: MAZA Mekki	Université de M'sila	Rapporteur
Pr: NACRI Abdelghani	Université de M'sila	Examineur
Pr : Chikouche mohamed aziz	Université de M'sila	jury
Dr Belouadah messaouda	Université de M'sila	jury

Année universitaire : 2017 /2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

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

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Pr : NASRI
Abdelghani Et notre co-encadreure :Dr: maza mekki, pour son précieux
conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour
l'intérêt qu'ils ont porté notre recherche en acceptant d'examiner notre
travail Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail
Surtout mon frère bouçora abdelghani.*

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à
Mes très chers parents, Mes grand-mères,
Ma future femme Rahma,
Mes frères, sœurs et toute ma famille,
Et à tous ceux qui m'ont soutenu.*

Nougari ayoub zakaria

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à
Mes très chers parents,
Mes frères djillali, haythem, kamal et
ma sœur romaissa et toute ma
famille, ma future femme et ma
gronde mère MALIKA
Et tous mes amis sans exception
Et à tous ceux qui m'ont soutenu.

Hemil Samir

Résumé

Dans ce travail nous avons étudié un mortier dénommé mortier de polystyrène avec ciment blanc. Le choix des compositions donne des densités de mortiers faibles. Pour remédier à cette légèreté qui influencera sur le comportement mécanique (résistance à la compression et la traction) de ce mortier, nous avons incorporé un super plastifiant (Medaplast SP40) et les fibres de plastique de défient longueur (5cm et 7 cm) .

Des essais préalables sur le dosage et la maniabilité nous ont amené à varier les dosages de l'adjuvant, le taux de billes de polystyrène et longueur des fibres à introduire dans les mortier Pour les formulations, chaque gâchée est préparée de la même manière. En effet le taux de polystyrène est variable.

Le but de notre travail est de faire varier le taux de polystyrène, longueur des fibres plastiques et le dosage de Medaplast afin d'obtenir la variante optimale. Pour réaliser cette étude plusieurs essais ont été effectués sur les différents mélanges à l'état frais (la fluidité et la masse volumique) et durci tel- que le comportement mécanique(soit à la compression et à la traction par flexion surtout en présence des billes de polystyrène).

Mots clés : Mortier, ciment blanc, polystyrène, super plastifiant, fibres de plastique, masse volumique, fluidité, absorption, les résistances.

Abstract

In this work we studied a type of mortar which is named mortal of polystyrene. The choice of compositions gives low mortar densities. To remedy this lightness that will influence the mechanical behavior (compressive strength and traction) of this mortar, we have incorporated a super plasticizer (Medaplast SP40) and plastic fibers of defile length (5cm and 7 cm).

Preliminary tests on proportioning and the handiness guided us to vary proportioning of the adjuvant and the degree of polystyrene beads to be introduced into the mortars for the formulation. Each batch is prepared same manner. Indeed the polystyrene rate is variable.

The purpose of our work is to vary the polystyrene content, the length of the plastic fibers and the Medaplast dosage in order to obtain the optimal variant. To carry out this study several tests were carried out on the various mixtures in the fresh state (the fluidity and the density) and hardened such as the mechanical behavior (either in the compression and the tensile by bending especially in the presence of the balls of polystyrene).

Key words: Mortar, white cement, polystyrene, super plasticizer, plastic fibers, density, fluidity, absorption, resistances.

ملخص:

قمنا في هذا العمل بدراسة ملاط يطلق عليها اسم ملاط من البوليسترين مع أسمنت أبيض. اختيار التراكيب يعطي كثافة ملاط منخفضة. لمعالجة هذه الخفة التي ستؤثر على السلوك الميكانيكي (قوة الانضغاط والشد عن طريق الانحناء) لهذا الملاط، قمنا بتضمين ملدن فائق (Medaplast SP40) وألياف بلاستيكية ذات طول عديم (5 سم و 7 سم).

لقد قادتنا الاختبارات الأولية على الجرعات وقابليتها للتشغيل إلى تغيير جرعات الملدن الفائق ، ومعدل حبة البوليسترين وطول الألياف التي سيتم إدخالها في تركيبة الملاط ، وبالنسبة للصياغات ، يتم إعداد كل دفعة بنفس الطريقة. مع تغيير معدل نسبة البوليسترين.

الغرض من عملنا هو تغيير محتوى البوليسترين ، وطول الألياف البلاستيكية وجرعة Medaplast sp40 من أجل الحصول على البديل الأمثل. لإجراء هذه الدراسة تم إجراء العديد من الاختبارات على الخلطات المختلفة في الحالة الجديدة (السيولة والكثافة) وتصلب مثل السلوك الميكانيكي (إما في الضغط والشد عن طريق الانحناء خاصة في وجود الكرات من البوليسترين).

الكلمات المفتاحية: الملاط ، الاسمنت الأبيض ، البوليسترين ، الملدن الفائق ، الألياف البلاستيكية ، الكثافة ، السيولة ، الامتصاص ، المقاومة.

Table de matière

Remerciement et dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale

Chapitre I : étude bibliographique

I. Introduction:	3
1 ^{er} partie: Les mortiers.....	3
I.1. Introduction:.....	3
I.1.1. Définition:	4
I.1.2. Constituants des mortiers	4
I.1.3. Différents types des mortiers	8
I.1.4. Classification des mortiers	9
I.1.5. Emplois des mortiers.....	11
I.1.6. Préparation des mortiers:	11
I.1.8. Le rôle d'utilisation de mortier	17
2 ^{ème} parties: Le ciment Blanc.....	17
I.2. Introduction:.....	17
I.2.1. Choix des matières premières:	19
I.2.3. Cuisson et Clinkerisation:	20
I.2.4. Blanchiment du clinker:	20
I.2.5. Broyage ou mouture:.....	21
I.2.6. Maîtrise de la couleur:.....	22
I.2.7. Performances et caractéristiques normalisées :.....	22
I.2.8. A quel usage est destiné le ciment blanc ?	23
3 ^{ème} parties: Le polystyrène	24
I.3. Introduction:.....	24
I.3.1. Définition:	24
I.3.2. Histoire de sa découverte:	24
I.3.3. Les applications:	24
I.3.4. Les différents types de polystyrènes:	25
I.3.5. Propriétés du polystyrène :.....	25

4 ^{ème} parties: Les fibres de renforcement.....	26
I.4. Introduction :.....	26
I.4.1.Historique :.....	26
I.4.2.Types des fibres :	27
I.4.3.Influence du dosage en fibres :	29
I.4.4.Les fibres utilises dans le béton:	31
I.4.5.Role, formes et domaine d’application des fibres :.....	32
I.4.6.Les proprietes renforcent des bétons en fibres :	35
I.4.7Fibre polypropylene :.....	38
5 ^{ème} parties: Les super plastifiants.....	42
I.5. Définition:	42
I.5.1.Application des super plastifiants:	42
Conclusion	46

Chapitre II : Matériaux et des essais

II. Introduction.....	48
II.1. Caractéristiques physiques et chimiques du sable utilisé:	48
II.1.1. Masse volumique (absolue): NF P 18-555:	48
II.1.2. Masse volumique apparente: NF P 18-554.....	49
II.1.3. Porosité : (NF P 18-554):.....	51
II.1.4. Compacité:.....	51
II.1.5. L’indice des vides:.....	51
II.1.6.Equivalent de sable: NF P 18-598:	51
II.1.7. Analyse granulométrique: (NF P 18-560):	54
II.1.8. Module de finesse:.....	56
II.1.9. La composition chimique du sable de Djamaa:	56
II.1.10. Le degré d'absorption : NF P 18-555:.....	57
II.1.11. La teneur en eau: NF P 18-555:.....	57
II.2. Caractéristique chimique de l’eau de gâchage:	58
II.3. Fiche technique du ciment blanc MALAKI 52.5N : [14].....	59
II.3.1. Analyse chimique du ciment :	59
II.3.2. Propriété physique:	59
II.3.3.Temps de prise:.....	59

II.3.4. Résistance à la compression:	59
II.3.5. La masse volumique:	59
II.3.6. Composition chimique et minéralogique du clinker:....	Erreur ! Signet non défini.
II.4. Caractéristiques techniques du polystyrène (PS):.....	60
II.5. Notice technique super plastifiant MEDAPLAST SP UM SP 40	61
II.5.1.Description:	61
II.5.2. Domaines d'application:	61
II.5.3. Propriétés:	61
II.5.4. Caractéristique:	62
II.5.5. Mode d'emploi:	62
II.5.6. Conditionnement et stockage:	62
II.7.Formulation des mortiers:.....	62
II.7.1. Préparation des éprouvettes :	63
II.7.2. Conservation des éprouvettes :	64
II.7.3. Déroulement des essais mécaniques :.....	64
Conclusion	65

Chapitre III : Résultats et discussions

III. Introduction :	68
III.1. Présentation des résultats :	68
III.1.1 La fluidité :	68
III.1.2. La masse volumique et le degré d'absorption :	68
Discutions les résultats:	73
III.1.Introduction :	73
III.2.Etude l'effets du polystyrène :	73
III.2.1.A L'état frais :	73
III.2.2. à l'état durci :	74
III.3 Etude l'effet du longueur des fibres de plastique :	76
III.3.1.A L'état frais :	76
III.3.2.A l'état durci :	76
III.4. Etude l'effet combiné de polystyrène et du longueur des fibres de plastique :	78
III.4.1.A L'état frais :	78
III.4.2.A l'état durci :	78
Conclusion:	81

Listes des figures

Chapitre I

Figure I-1: Sable roulé (naturel).	5
Figure I-2: Sable concassé (artificiel).....	6
Figure I.3 : Mécanisme des floculations avec et sans superplastifiants.	8
Figure I-4: les étapes de préparation un mortier.....	12
Figure I-5: Table à secousse.....	13
Figure I-6: Principe de fonctionnement du maniabilimètre.....	13
Fig.I.7 : Appareil de Vicat muni de l'aiguille avec une surcharge	14
Fig.I.8 : Moule pour moulage des éprouvettes de mortier.	14
Fig.I.9 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.	15
Fig.I.10 :Dispositif de rupture en compression.	15
Fig.I.11 :Appareillage pour la mesure du retrait	16
Figure I-12: Volume quelconque.	17
Figure. I.14: Béton renforcé de fibre.....	27
Figure I.15 : Fibres métalliques.....	28
Figure I.16. Fibre inorganique.	30
Figure.I.17: Fissuration dans le béton sans et avec fibres.....	34
Figure I.18: Exemple sur les différentes formes des fibres métalliques et leurs dimensions.....	33
Figure I.19: Influence de la longueur des fibres sur la résistance du béton. [19]....	Erreur !

Signet non défini.

Figure I.20 : déformation d'un béton armé de fibres, comparée à celle d'un béton non armé	40
---	----

Chapitre II

Figure II-1: Détermination de la masse volumique absolue d'un matériau.....	49
---	----

Figure II-2: Détermination de la masse volumique apparente d'un matériau.....	50
Figure II-3: 120 gr de sable.....	51
Figure II-4: agitateur.....	52
Figure II-5 :Repos d'un 20 min pour les éprouvette.....	52
Figure II-6 : L'essai d'équivalent de sable.....	53
Figure II-7:La série des tamis.....	55
Figure II-8: La courbe granulométrique du sable de Djamaa.....	55
Figure II-9 : sac de ciment blanc 52.5.....	59
Figure II-10: Le polystyrène	60
Figure II-11: Evolution des résistance en compression.....	61
Figure II-12:Le super plastifiant.	61
Figure II-13: Les éprouvettes.....	64
Figure II-14: La machine de	64
Figure II-15: La machine traction.....	64
Figure II-16: Mesure de la fluidité.....	64

Chapitre III

Figure III.1: Le rapport E/C en fonction Le (%) du polystyrène	73
Figure III.2 :l'effet de polystyrène	74
Figure III.3: Effet de polystyrène sur	
Figure III.4: Effet de polystyrène sur	75
Figure III.5 : L'absorption d'eau en fonction.....	76
Figure (III.6) : Rapport E/C en fonction du fibres de plastique	76
Figure(III.7) : la masse volumique en fonction du fibres de plastique	77
Figure III.8: La résistance à la compression.....	77
Figure III.10: L'absorption d'eau en fonction du longueur des fibres de plastique.....	78
Figure III.11: la fluidité en fonction de polystyrène et les fibres de plastique.....	78
Figure III.12: la masse volumique en fonction de polystyrène et les fibres de plastique	79
Figure III.13: La résistance à la compression	79
Figure III.14: L'absorption d'eau en fonction le (%) de polystyrène et du longueur des fibres de plastique.....	80

Listes des tableaux

Chapitre I	2
Tableau I-1: Dosages des mortiers	11
Tableau I-2: Composition Chimique du Clinker Blanc et Gris.....	17
Tableau. I.3: Différents types des fibres. [15].....	28
Tableau.I.4: caractéristiques physiques et mécaniques des fibres les plus utilisées.	29
Tableau I.5: Types des fibres et domaine d'applications. [15]	35
Tableau. I.6: Influence de la masse molaire sur les propriétés en traction. [23].....	41
Tableau.I.7: Absorption d'eau par le polypropylène (PP).	42
 Chapitre II	 47
Tableau II-1: La masse volumique absolue du sable de Djamaa.....	49
Tableau II-2: La masse volumique apparente à l'état lâche du sable de Djamaa.....	50
Tableau II-3: La masse volumique apparente l'état compact du sable de Djamaa.....	50
Tableau II-4: la porosité, la compacité et l'indice de vide pour le sable de Djamaa.....	52
Tableau II-5: Les résultats d'équivalent du sable de Djamaa.....	53
Tableau II-6: les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.....	53
Tableau II-7: Analyse granulométrique du sable de Djamaa.....	55
Tableau II-8: Analyse chimique du sable Djamaa.....	56
Tableau II-9: Le degré d'absorption pour le sable de Djamaa.....	57
Tableau II-10: La teneur en eau pour le sable de Djamaa.....	58
Tableau II-11: Les caractéristiques chimique d'eau de gâchage.....	58
Tableau II-12: Analyse chimique de ciment blanc MALAKI.....	59
Tableau II-13: Propriété physique de ci ment blanc MALAKI.....	59
Tableau II-14: Début et fin de pise de ciment blanc MALAKI.....	59
Tableau II-15: Résistance à la compression de ciment blanc MALAKI.....	59
Tableau II-16: La masse volumique apparent et absolue de ciment blanc MALAKI	59
Tableau II-17: Composition minéralogique.....	43
Tableau II-18: Composition chimique de clinker.	60
Tableau II-19: Composition des déférents mortiers	63
 Chapitre III	 67
Tableau III-1: La masse volumique et le degré d'absorption des déférent mortier.....	70
Tableau III-2 : Les résistances mécaniques des différents mortiers.....	72

Introduction générale

Introduction générale:

Définition

Dans toute construction, il est indisponible de réunir entre eux les différents éléments (bloc de béton, briques, éléments en béton préfabriqué, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui ont pour but de:

1-Solidariser les éléments entre eux

2-Assurer la stabilité de l'ouvrage;

3-Comblent les interstices entre les blocs de construction les mortiers peuvent être:

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

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

-Livrés par une centrale: ce sont des mortiers prêts à l'emploi.

Le développement durable est devenue l'un des thèmes majeurs guidant le développement de nouveaux matériaux de construction. Ainsi, des synergies sont de plus en plus recherchées entre matériaux, surtout lorsque l'un des matériaux est issu d'une filière de recyclage. L'utilisation de matériaux polymère recyclés tel que le polystyrène dans les mortiers et béton permet d'en améliorer les propriétés finales, notamment en termes de légèreté, de propriétés thermiques et acoustiques.

Dans notre étude, le matériau utilisé est un mortier léger au polystyrène qui est connu par sa faible densité.

Problématiques

Est-ce que l'ajout de polystyrène dans le mortier influence-t-il sur leurs propriétés physiques et leur comportement mécanique? Si oui, comment et par quoi les améliorer?

Objectif de l'étude :

Le but de la présente étude est de formuler des mortiers allégés avec différents pourcentages de polystyrène, pour remédier à ce point faible nous avons renforcé ce mortier par les fibres de plastique de 5 et 7 cm et un super plastifiant (Medaplast SP40), plusieurs variantes d'éprouvettes ont été élaborées sous forme prismatique. Nous faisons varier d'une part la densité du mortier par la variation du dosage en polystyrène et par le dosage des fibres et du super plastifiant, d'autre part par variation des trois. Après l'élaboration des mélanges plusieurs essais ont été effectués pour bien caractériser et identifier ce type de mortier. Ce travail est structuré en deux parties principales divisé en trois chapitres.

La première partie: La partie théorique

Chapitre I: Qui comporte une synthèse bibliographique sur les mortiers, le ciment blanc, le polystyrène et le super plastifiant.

La deuxième partie: La partie expérimentale

Chapitre II: Qui concerne la caractérisation des matériaux et les méthodes expérimentales utilisés pour la confection des mortiers par différents mélanges dans ce travail.

Chapitre III: Consacré à la présentation et discussion des résultats concernant l'état frais et durci des différents mortiers étudiés. Tous les résultats font l'objet des commentaires et des interprétations.

Les résultats concernant la fluidité, la masse volumique, l'absorption d'eau et le comportement mécanique (les résistances en compression, traction et en flexion) des différents échantillons testés.

En fin une conclusion générale sur cette étude, des perspectives et des recommandations sont présentées.

Chapitre I

Etude bibliographique

Nous présenterons dans ce chapitre 5 parties d'études principales:

1^{er} partie : les mortiers de l'introduction et définition jusqu'à Le rôle d'utilisation de mortier.

2^{ème} parties : le ciment blanc, introduction,.....etc.

3^{ème} parties : le polystyrène, présentation,.....etc.

4^{ème} parties : les fibres de renforcement, présentation.....etc.

5^{ème} parties : l'adjuvant super plastifiant, définition,.....etc.

1^{er} partie: Les mortiers

I.1. Introduction:

Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, éléments en béton préfabriqué, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui a pour but de:

- solidariser les éléments entre eux;
- assurer la stabilité de l'ouvrage;
- combler les interstices entre les blocs de construction.

Le mortier est obtenu par le mélange d'un liant (chaux ou ciment), de sable, d'eau et éventuellement d'additions. Des compositions multiples de mortier peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables; leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement.

La durée de malaxage doit être optimum, afin d'obtenir un mélange homogène et régulier.

Les mortiers peuvent être:

- préparés sur le chantier en dosant et en mélangeant les différents constituants y compris les adjuvants.
- préparés sur le chantier à partir de mortiers industriels secs pré-dosés et avant l'utilisation, il suffit d'ajouter la quantité d'eau nécessaire.
- livrés par une centrale: ce sont des mortiers prêts à l'emploi.

Les mortiers industriels se sont beaucoup développés ces dernières années; permettant d'éviter le stockage et le mélange des constituants sur des chantiers.

. A chaque domaine d'application correspond un type de mortier pouvant être dédié à :

- ✓ la protection et la décoration (sous-enduits, enduits de parement colorés, enduits monocouche),
- ✓ la pose des carrelages (mortier colles et mortier des joints),

- ✓ la préparation des sols (chapes, ragréages, enduits de lissage, d'égalisation),
- ✓ les assemblages (élément de maçonnerie, fixation des éléments de cloisons et de doublage),
- ✓ l'isolation et l'étanchéité (système d'isolation thermique par l'extérieur, d'imperméabilisation, d'étanchéité, d'isolation phonique, d'ignifugation),
- ✓ les travaux spéciaux (gunitage, épations d'ouvrage d'art et de génie civil, scellement et calages, coulis d'injection, cuvelages).[1]

Les mortiers sont très utilisés pour des travaux de tous types, ces derniers se déclinent en divers produits, qu'ils soient de ciment, de chaux ou de résine, tous ne s'utilisent pas de la même façon.[2].

I.1.1. Définition:

Le mortier est l'un des matériaux de construction que l'on utilise pour solidariser les éléments entre eux, assurer la stabilité de l'ouvrage, combler les interstices entre les blocs de construction. En général le mortier est le résultat d'un mélange de sable, d'un liant (ciment ou chaux) et d'eau dans des proportions données, différant selon les réalisations et d'adjuvant. [2]

I.1.2. Constituants des mortiers

I.1.2.1. Le Liant:

On utilise généralement des liants hydrauliques qui peuvent être le ciment, cette dernière est une matière pulvérulente à base de silicate et d'aluminate, et de la chaux obtenue par la cuisson.

Généralement, on peut utiliser:

- ✚ Les ciments normalisés (gris ou blanc).
- ✚ Les ciments spéciaux (alumineux fondu, prompt,...).
- ✚ Les liants à maçonner.
- ✚ Les chaux hydrauliques naturelles.
- ✚ Les chaux éteintes. [2]

I.1.2.2. Le sable:

Normalement, les sables utilisés sont les sables appelés "sable normalisé". Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important: Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les

dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide.

I.1.2.2.1.Origines de sable

Sable d'origine naturelle:

Le sable est une roche sédimentaire meuble, constituée principalement de quartz, provenant de la désagrégation des roches sous l'action de divers agents d'érosion et de l'altération des roches riches en quartz (granites, gneiss) sous l'action de processus physiques (vent, eaux courantes) ou chimiques (action dissolvante de l'eau). Les grains de sable qui se forment sont généralement gros et anguleux, difficilement transportables par le vent et les cours d'eau. Les plus gros grains de sable se retrouvent ainsi le long des cours d'eau, aux bords des mers, ou dans les régions désertiques. En milieu fluvial, les grains s'usent peu et restent donc gros et anguleux. En milieu continental, l'usure des grains de sable par le vent et l'eau entraîne une modification de leur forme (ou morpho-scopie) au cours des temps géologiques. Les grains de sable usés deviennent émoussés et luisants (milieu littoral), ou ronds et mats (milieu éolien). En s'arrondissant, les grains deviennent plus petits. Les sables peuvent également se consolider et se cimenter ultérieurement pour donner naissance à des grès (grès quartzeux, grès calcaires). Ce type de sables est principalement constitué de quartz (silice), avec de faibles proportions de mica, de feldspath et de magnétite. La couleur du sable est d'autant plus claire que la teneur en silice est élevée. Les sables sont toujours définis en fonction des constituants (masses orbitaires), on parle ainsi de sable quartzeux, feldspathique, ferrugineux, micacé, calcaire, ou encore de sable coquillier. Toutefois, dans le langage courant, le sable est généralement associé au sable quartzeux. [2]

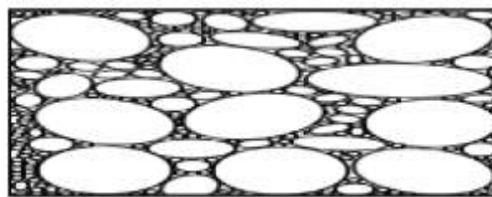


Figure I-1: Sable roulé (naturel).

Sable d'origine artificielle:

Provient de concassage des roches naturelles comme le calcaire, ou artificielle (Pouzzolane), dit aussi sable concassé, caractérisées par une meilleure adhérence agrégat/liant. [2]

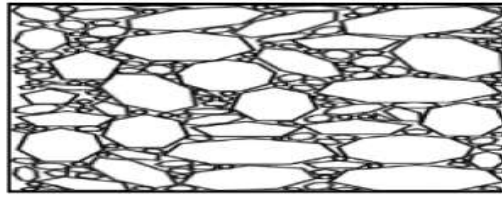


Figure I-2: Sable concassé (artificiel).

Sable spéciaux (lourds, réfractaires, légers):

- + sable de laitier;
- + sable d'oxydes de fer, de chromite;
- + corindon;
- + sable de briques concassées;
- + polystyrène expansé;
- + vermiculite, perlite.

I.1.2.2.2.Granulométrie:

Certains sables sont à éviter, notamment les “sables à lapin”, généralement très fins, les sables crus qui manquent de fines et les sables de dunes ou de mer qui contiennent des sels néfastes pour les constituants des ciments, par contre ils doivent être propres.

Le diamètre maximum des grains de sable utilisés pour les mortiers est:

- + Extra-fins: jusqu'à 0,08 mm (en tamis), soit 1 mm (en passoire).
- + Fins: jusqu'à 1,6 mm.
- + Moyens: jusqu'à 3,15 mm.
- + Gros: jusqu'à 5 mm. [2]

I.1.2.2.3.Rôle du sable dans le mortier:

L'introduction des sables permet de diminuer le retrait du liant (ossature mortier) en augmentant les résistances mécaniques, ajoutant du ça, sa disponibilité et son aspect esthétiques (couleur). Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important: Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide. [2]

I.1.2.2.4.Exigences sur le sable d'usage général:

Le sable doit être siliceux, silicocalcaire ou même calcaire à condition que les grains ne soient pas friables. Il doit être propre, c'est-à-dire dépourvu d'impuretés susceptibles de compromettre la qualité du mortier en œuvre (argile, vase, terre végétale, plâtre, sels

minéraux). Le degré de propreté du sable est mesuré par l'essai d'équivalent de sable L'indice fourni par cet essai (ESV) doit être inférieur à 75%. Il est préférable d'utiliser des sables roulés de rivière. Les sables de carrière conviennent s'ils ne renferment pas d'impuretés nocives. Les sables de mer doivent être lavés (sinon ils sèchent mal et peuvent donner lieu à des efflorescences en raison des sels qu'ils contiennent). La granulométrie des sables doit être limitée à 3mm. En général, les dosages du mortier sont exprimés en poids de liant par m³ de sable sec. Or, le plus souvent, sur le chantier, le sable renferme un certain pourcentage d'eau (pouvant varier de 0% à 20 %) et il suffit de très peu d'eau pour que le poids du m³ de sable soit modifié, c'est le phénomène bien connu du foisonnement du sable. [2]

I.1.2.3.L'eau de gâchage:

L'eau est un des ingrédients essentiels du béton, elle intervient à toutes les étapes de la vie du matériau par ses propriétés physico-chimiques et mécaniques. L'eau introduite dans le béton/mortier lors de sa fabrication va remplir deux fonctions essentielles : une fonction physique qui confère au béton/mortier frais des propriétés rhéologiques permettant son écoulement et son moulage et une fonction chimique qui contribue au développement de la réaction d'hydratation. L'aspect fondamental du dosage en eau reste celui de la recherche d'un optimum sur un objectif contradictoire : une meilleure résistance obtenue en réduisant la quantité d'eau et une amélioration de l'ouvrabilité en augmentant la teneur en eau. C'est lors de la recherche de cet optimum que les adjuvants peuvent jouer un rôle.

Le rapport E/C est un critère important des études de béton, c'est un paramètre essentiel de l'ouvrabilité du béton et de ces performances : résistance à la compression, durabilité. Toutes les eaux ne peuvent pas être utilisées pour gâcher le béton Certes, l'eau potable distribuée par le réseau du service public est toujours utilisable mais, de plus en plus souvent, nous sommes placés devant la nécessité d'utiliser une eau non potable. La norme XP P 18-303 [Afnor, 2007], a permis de préciser à quelles conditions une eau est utilisable. [3]

I.1.2.4.L'adjuvant:

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des bétons. Ils modifient les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés en faible proportion (environ de 5% du poids de ciment). Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants:

-  les plastifiants (réducteurs d'eau);
-  les entraîneurs d'air;

- ✚ les modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs);
- ✚ les hydrofuges.

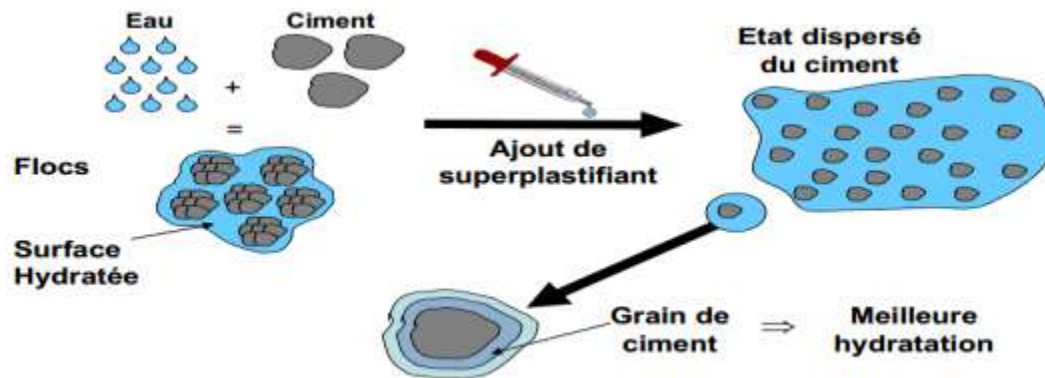


Figure I.3 : Mécanisme des floculations avec et sans superplastifiants.

I.1.2.5. Les ajouts:

Dans tous les cas des soins particuliers doivent être pris afin d'obtenir des mortiers sans ressuage, homogènes d'une gâchée à l'autre.

Les ajouts que l'on utilise dans les mortiers sont:

- ✚ poudres fines pouzzolaniques (cendres, fumée de silice..);
- ✚ fibres de différentes natures;
- ✚ colorants (naturels ou synthétiques);
- ✚ polymères.

I.1.3. Différents types des mortiers

Les mortiers se partagent en :

I.1.3.1. Les mortiers de ciment:

Les mortiers de ciments très résistants, il présente une meilleure résistance à la compression et sa prise est plus rapide. En revanche, il est davantage sujet au retrait. [4]

I.1.3.2. Les mortiers de chaux:

Les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent plus lentement que les mortiers de ciments. [4]

I.1.3.3. Les mortiers bâtards:

Le mortier bâtard est composé de ciment et de chaux aérienne (Ca(OH)_2). plus élastique et plus facile à mettre en œuvre que le mortier de ciment pur. Son retrait est en outre moins marqué. Le temps de durcissement relativement long, surtout en cas de menace de gel. [4]

I.1.3.4.Mortier réfractaire:

Il est fabriqué avec du ciment fondu, qui résiste à des températures élevées. Il est utilisé pour la construction des cheminées et barbecues ... [2]

I.1.3.5.Mortier rapide:

Il est fabriqué avec du ciment prompt, il est rapide et résistant pour les Scellements. [2]

I.1.3.6.Mortier industriel:

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortier, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en œuvre. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins:

-  Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié.
-  Mortiers d'imperméabilisation.
-  Mortier d'isolation thermique.
-  Mortier de jointoiment.
-  Mortier de ragréage.
-  Mortier de scellement, mortier pour chapes.
-  Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment ...
-  Mortier de réparation. [2]

I.1.4.Classification des mortiers**1) Selon leur domaine d'utilisation:**

Généralement les mortiers varient selon leur domaine d'application, et ce dernier qu'est très vaste et leurs domaines permet de citer les catégories suivantes:

- Mortier de pose.
- Mortier de joints.
- Mortier pour les crépis.
- Mortier pour le sol.
- Mortier pour les stucs.
- Pierres artificielles.
- Support pour les peintures murales.
- Mortier d'injection.

- Mortier pour les mosaïques.
- Mortier de réparation pour pierres. [2]

2) Selon la nature du liant:

On peut classer les mortiers selon la nature du liant

3) Mortier de ciment portland:

Le ciment portland donne au mortier de maçonnerie sa résistance mécanique, en particulier la résistance initiale, qui est indispensable à une époque où la vitesse de construction est telle que l'on exige qu'un mur puisse supporter une charge importante le lendemain même de sa construction. Les mortiers de ciment portland manquent de plasticité, ont un faible pouvoir de rétention d'eau et sont difficiles à travailler. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1,3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 0,35. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables. [2]

4) Mortier de chaux:

C'est le composant traditionnel du mortier, il possède une plasticité et un pouvoir de rétention d'eau excellent, mais sa résistance mécanique est faible et sa cure est lente. La chaux grasse, obtenue par extinction de la chaux vive en la laissant vieillir, est le produit de qualité que l'on devrait utiliser, mais le vieillissement prend beaucoup de temps et le travail de la chaux grasse est très salissant. C'est pourquoi il est plus pratique d'utiliser la chaux hydratée sèche. La cure des mortiers de chaux s'effectue lentement par carbonatation sous l'effet du gaz carbonique de l'air; ce processus peut être fortement ralenti par un temps froid et humide. [2]

5) Mortiers bâtards:

Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux, dans les proportions égales, suivant leur domaine d'utilisation éventuelle, les compositions de chaux et ciment peuvent être variées. [2]

6) Mortier à base de ciment de maçonnerie:

C'est un produit déposé contenant du ciment portland et un filler minéral inerte (calcaire) et des adjuvants tels que des agents mouillants, des agents hydrofuges et des entraîneurs d'air, les adjuvants donnent la plasticité et le pouvoir de rétention d'eau que confère la chaux aux mortiers de ciment. Certains ciments de maçonnerie sont des mélanges de ciment portland et de chaux hydratée, avec des adjuvants. [2]

I.1.5. Emplois des mortiers

❖ Le hourdage de maçonnerie:

La construction réalisée en éléments maçonnés (blocs de béton, pierre de taille, briques), nécessite leur assemblage avec un mortier qui doit présenter des caractéristiques mécaniques suffisantes pour assurer la transmission des charges et une compacité suffisante pour être étanche. [4]

❖ Les enduits:

Ce domaine d'application constitue l'un des plus vastes débouchés des mortiers. À côté des enduits traditionnels en trois couches décrits dans la norme NF P 15 201-1 et 2 (DTU 26.1), se développent aujourd'hui des enduits monocouches épais, ainsi que des enduits isolants [4]

❖ Les chapes:

Les chapes ont pour fonction d'assurer la mise à niveau du dallage et la régularité de sa surface. Les chapes peuvent constituer la finition : on y incorpore alors souvent des produits spécifiques. Elles peuvent aussi constituer le support d'un revêtement de sol. Les chapes doivent présenter une résistance suffisante pour assurer la transmission des charges au support, et parfois résister à l'abrasion ou au poinçonnement (sols industriels). Adhérente ou flottante, la chape peut également avoir une fonction thermique ou acoustique. [5]

❖ Les scellements et les calages:

La multiplicité des problèmes de scellement et de calage a conduit les producteurs de mortiers industriels à mettre au point des produits spécifiques adaptés aux travaux à réaliser: scellements d'éléments de couverture, d'éléments de second œuvre, de mobiliers urbains, de regards de visite. [5]

I.1.6. Préparation des mortiers:

Les quantités nécessaires en fonction des dosages et des travaux à faire comme le montre tableaux ci-dessous: [2]

Sable	Ciment	Eau
Unité(g)	Unité(g)	Unité (ml)
1350	450	225

Tableau I-1: Dosages des mortiers.

Exemple:

La préparation du mortier s'appelle le gâchage, il s'agit simplement de mélanger les trois composants, ciment, sable et eau.

1- Fabrication à la main :

Il faut tout d'abord, avec la pelle, mélanger à sec le sable et liant aussi parfaitement que possible et former ensuite au milieu du mélange une cuvette qui recevra l'eau de gâchage. La masse est humectée progressivement puis malaxée à l'aide d'un robot à mortier.

Cependant il faut savoir :

- ☐ Que le mélange à sec doit être fait soigneusement pour que le liant soit parfaitement réparti dans toute la masse.

- ☐ Que l'eau doit être versée en plusieurs fois, d'abord pour la commodité et la qualité du mélange, ensuite parce qu'il est facile d'ajouter un peu d'eau alors qu'on ne peut pas en enlever.

2- Fabrication mécanique :

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

I.1.7.Caractéristiques des mortiers:

Les caractéristiques principales des mortiers sont: [2]

I.1.7.1.Ouvrabilité:

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

❖ Table à secousses:

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

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

Avec: D_r : diamètre final

D_i

D_i : diamètre initial

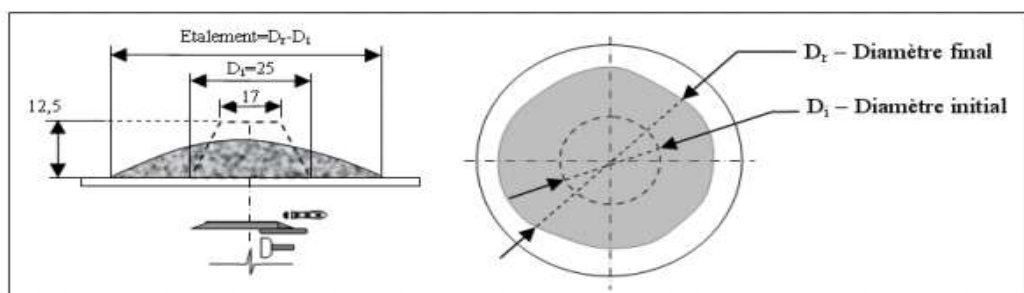


Figure I-4: Table à secousse.

❖ Maniabilimètre du LCPC:

Est constitué d'un moule parallélépipédique comportant une paroi mobile et un vibreur. Le principe de l'essai consiste, après avoir enlevé la paroi mobile, à mesurer le temps mis par le mortier sous vibrations pour atteindre un repère gravé sur la face intérieure du moule. [2]

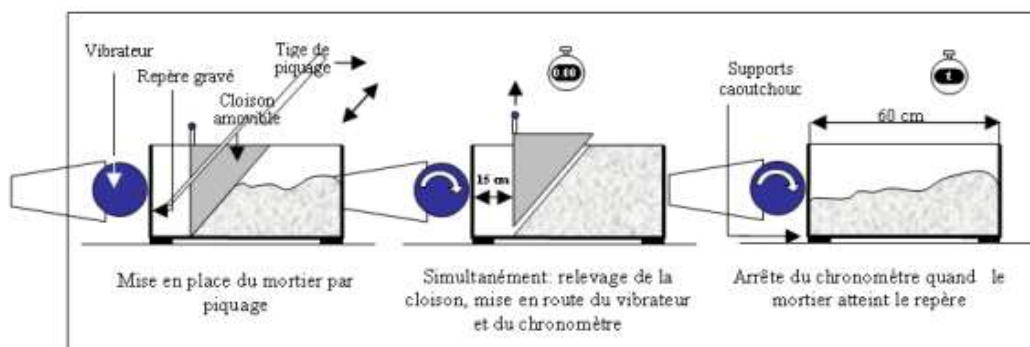


Figure I-5: Principe de fonctionnement du maniabilimètre.

❖ **Le cône:**

Dans le cas d'un mortier fluide, on peut mesurer le temps d'écoulement d'une certaine quantité de mortier au travers d'un ajustage calibré situé à la partie inférieure d'un cône.

Le cône peut aussi être muni d'un vibreur. [2]

I.1.7.2.Prise:

Le temps de prise se mesure habituellement sur une pâte pure de ciment de consistance normale (24 à 30% d'eau) et conformément à la norme concernée (à l'aide de l'appareil de Vicat). Il est possible d'obtenir (hors norme) le temps de prise d'un mortier avec le même appareillage mais en plaçant une surcharge de 700 grammes sur le plateau supérieur. Le poids de l'aiguille pénétrant dans le mortier est de 1000 grammes. Le début de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du fond (taille des plus gros grains de sable) et la fin de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du niveau supérieur. [2]

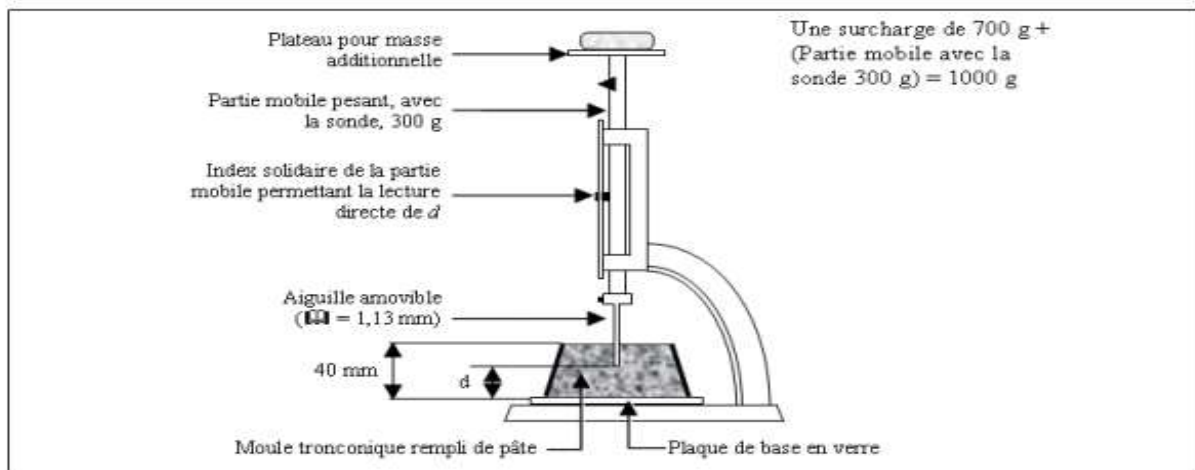


Fig.I.6 : Appareil de Vicat muni de l'aiguille avec une surcharge

I.1.7.3.Résistances mécaniques:

Les essais sont souvent effectués sur les éprouvettes prismatiques de 4 x 4 x 16 cm conservés dans l'eau à 20 °C.

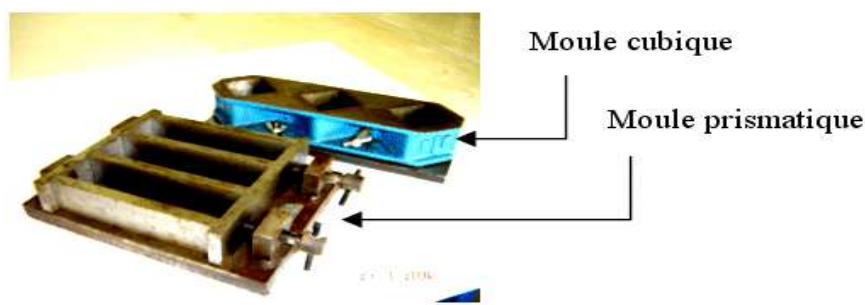


Fig.I.7 : Moule pour moulage des éprouvettes de mortier.

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

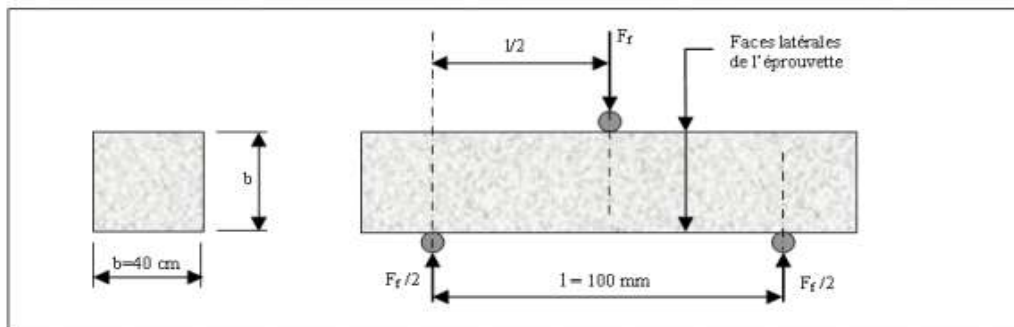


Fig.I.8 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.

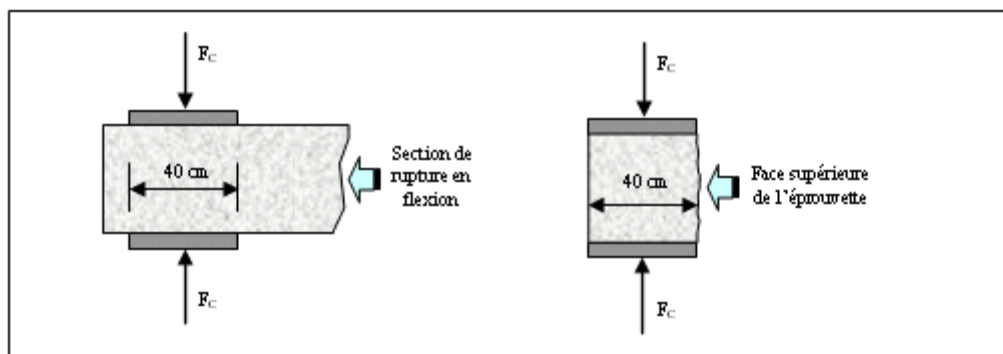


Fig.I.9 : Dispositif de rupture en compression.

Les résistances des mortiers (comme dans le cas des bétons) dépendent de très nombreux facteurs:

- ✚ nature et dosage en ciment;
- ✚ rapport C/E;
- ✚ granulométrie et nature du sable;
- ✚ énergie de malaxage et mise en œuvre;
- ✚ protection les tous premiers jours. [2]

I.1.7.4. Retraits et gonflements

➤ Le Retrait:

Les retraits se mesurent sur des prismes 4x4x16cm en mortier 1/3, munis de plots à leurs extrémités et conservés, après démoulage, dans une enceinte à 20°C et à 50% d'humidité relative. Ce retrait progresse à peu près comme le logarithme entre 1 et 28 jours. Le mortier prend son retrait plus rapidement que la pâte pure. Le rapport du retrait de la pâte pure sur le retrait du mortier croît avec le temps. Il est de l'ordre de 1,5 à 2,5 les

premiers jours, puis augmente pour atteindre 2,5 à 3,5 en un an. En moyenne, le retrait sur mortier est 2 à 3 fois plus faible que celui de la pâte pure (avec le même ciment). [2]

➤ Le gonflement:

Le gonflement des mortiers (qui se produisent lorsqu'ils sont conservés dans l'eau) se mesure sur les mêmes éprouvettes de 4x4x16cm conservées dans l'eau à 20°C. Ils sont en général assez faibles (cas de ciment stable ayant une expansion aux aiguilles de le Chatelier inférieure sur pâte pure à 10mm). [2]

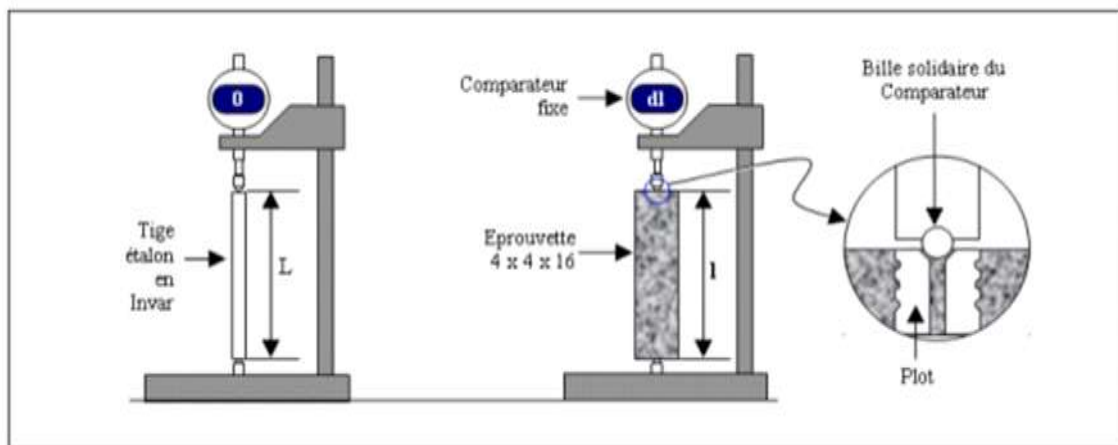


Fig.I.10 : Appareillage pour la mesure du retrait

I.1.7.5.Masse volumique apparente:

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel (y compris les vides et les capillaires). Elle est exprimée en (g/cm³, kg/m³ ou t/m³). [2]

I.1.7.6.Masse volumique absolue:

C'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de matière seule sans tenir compte des vides et des pores). Elle est exprimée en (g/cm³, kg/m³ ou t/m³). [2]

I.1.7.8.Porosité et compacité

✚ La porosité:

La porosité est le rapport du volume vide sur le volume total. [2]

$$P = \frac{\text{Volume de vide}}{\text{Volume totale}}$$

✚ La compacité:

La compacité est le rapport du volume des pleins sur le volume total. [2]

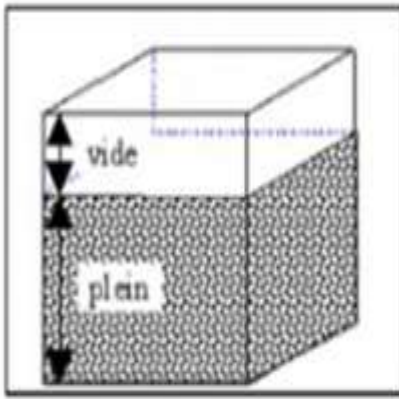


Figure I-11: Volume quelconque.

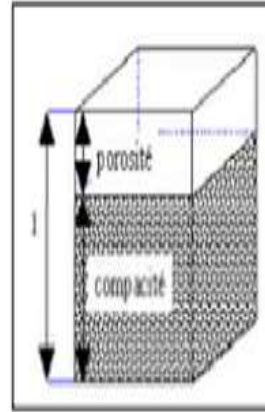


Figure I-12: Volume unitaire.

I.1.8. Le rôle d'utilisation de mortier:

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels :

- Assurer la liaison, la cohésion des éléments de maçonnerie entre eux, c'est-à-dire la solidité de l'ouvrage, le rendre monolithique.
- protéger les constructions contre l'humidité due aux intempéries ou remontant du sol.
- Sous forme d'enduits aériens.
- Sous forme d'écrans étanches.
- Constituer des chapes d'usure, un pour dallages en béton.
- Devenir la matière première dans la fabrication de blocs manufacturés, carreaux, tuyaux et divers éléments moulés.
- Etre le constituant essentiel du béton
- Consolide certains sols de fondations sous forme d'injection.[7]

2^{ème} parties: Le ciment Blanc

I.2. Introduction:

Le ciment blanc est un ciment Portland, il est fabriqué à partir des matières premières brutes particulièrement choisies qui sont généralement la craie pure et l'argile blanche (kaolin) contenant de très petites quantités d'oxyde de fer et d'oxyde manganéux pour son utilisation dans la fabrication du béton blanc, blanc cassé ou coloré, qui sera exposé, à l'intérieur ou à l'extérieur des édifices, au regard du public. Il est bien connu que la fabrication du ciment blanc exige un contrôle rigoureux et précis durant l'ensemble des étapes du processus technologique afin d'empêcher la contamination du produit avec le fer, le manganèse, et le

titane. Le ciment blanc se caractérise par une teneur extrêmement basse de C_4AF (moins de 1,5%) et une teneur élevée de C_3S et de C_2S . La composition chimique du clinker de ciment blanc en comparaison à celle du clinker du ciment gris est donnée dans le tableau I-2.

Composition	Clinker Gris	Clinker Blanc normal	Clinker blanc Minéralisé
SiO_2	20,8	23,1	23,8
Al_2O_3	5,5	6,2	2,3
Fe_2O_3	3,61	0,28	0,27
CaO	65,6	67,8	68,0
MgO	2,13	0,83	0,48
K_2O	0,91	0,14	0,12
Na_2O	0,19	0,05	0,04
SO_3	0,87	0,89	0,65
LOI	0,24	0,5	0,9

Tableau I-2: Composition Chimique du Clinker Blanc et Gris.

Le processus de fabrication du ciment blanc est tout à fait semblable à celui du ciment portland gris. Le processus inclut le choix des matières premières, la préparation du mélange cru, la cuisson du clinker, le blanchiment et le refroidissement et le broyage. La production se fait selon des conditions précises, qui sont contrôlées à chaque étape, afin d'éviter les contaminations possibles et les changements peu désirés.

Cependant, la principale différence technologique réside dans la combinaison du refroidissement et du blanchiment, nécessaires pour améliorer la blancheur du ciment et garantir l'homogénéité de la couleur.

Le ciment Portland blanc a donc essentiellement les mêmes propriétés que le ciment gris, excepté la couleur. La blancheur du ciment blanc est une des caractéristiques les plus importantes.

Les spécifications de la blancheur font ressortir les grades suivants :

- ❖ 1er Grade : blancheur > 80%
- ❖ 2ème Grade : blancheur de 75 à 80%
- ❖ 3ème Grade : blancheur de 68 à 75%. [8]

I.2.1. Choix des matières premières:

Puisque la composition chimique du ciment blanc exige l'absence de C_4AF , la pureté des sources d'approvisionnement du silicium, calcium et l'aluminium est une exigence essentielle pour fabriquer le ciment blanc de haute qualité.

Pour le grade élevé du ciment blanc, le calcaire doit contenir moins de 0,15% de Fe_2O_3 et moins de 0,015% de MnO ; l'argile (kaolin) doit contenir 65-80% de SiO_2 , pas plus de 1% de Fe_2O_3 , moins de 0,8% de TiO_2 et seulement des traces de MnO . Généralement, le kaolin approprié contient 70-73% de SiO_2 , 18-20% de Al_2O_3 , 0,4-1% de Fe_2O_3 , et 0,8% de TiO_2 et sans aucune trace de MnO . Le sable de quartz doit contenir au moins 96% de SiO_2 , et 0,2% de Fe_2O_3 .

La proportion de chacun de ces composants doit également répondre aux exigences du processus de cuisson, en tenant compte du fait que même les minéraux purs (tels que C_2S et C_2S), synthétisés et contrôlés dans des conditions précises du laboratoire, pourraient avoir une couleur différente du blanc. La composition du mélange du cru visée fait ressortir (en poids) 20% de SiO_2 , jusqu'à 5% de Al_2O_3 et 75 - 85% de CaCO_3 . D'une façon générale, la composition du mélange cru est conçue pour fournir un coefficient de saturation de 0,85- 0,88 et un module silicique de 3,2- 4,0.

Une solution intéressante pour améliorer la blancheur du ciment consiste à minéraliser les clinkers. De tels clinkers minéralisés sont produits grâce à l'utilisation d'adjuvants ou de minéralisateurs dans des proportions relativement faibles (2 - 3 %, et 0,1% s'est avéré efficace dans certains cas). Il est bien connu que les minéralisateurs sont des Fondants comme F , SiF , NaSiF , CaS , les résidus phosphoriques et les chlorures sous différentes formes. L'utilisation des chlorures est très efficace dans le cas de proportion Élevée de Fe dans le mélange cru, mais elle doit être limitée en raison de la corrosion des aciers.

L'application du gypse comme composant du clinker s'est avérée également efficace puisqu'elle permet de réduire la consommation d'énergie et d'augmenter la résistance. Lorsqu'ils sont utilisés dans la composition du clinker, les minéralisateurs fournissent non seulement l'agglomération à de basses températures, mais permettent de changer également et de manière significative les caractéristiques optiques du ciment en tant que produit fini. [8]

I.2.2. Préparation et traitement du mélange cru:

Dans le processus de broyage du mélange cru, une attention particulière doit être consentie au choix des équipements de concassage et de broyage (l'acier Cr-Ni est recommandé), afin d'éviter la contamination du mélange cru avec du fer. L'utilisation des équipements traditionnels de broyage ajoute environ 0,1% de fer au mélange cru, ce qui conduit à une augmentation de 0,2% de la teneur de fer après la cuisson.

Aussi bien que l'emploi des aciers spéciaux dans la fabrication des parties essentielles des équipements, les solutions possibles pour améliorer la blancheur incluent le contrôle de l'humidité du mélange cru et la réduction du temps de broyage en utilisant des agents de mouture (la facilité de broyage dépend de la qualité effective des produits commercialisés).

Dans certains cas, l'installation des équipements de granulation est recommandée dans la préparation du mélange de cru et plus particulièrement lorsque le four à lit fluidisé est utilisé pour la cuisson. [8]

I.2.3. Cuisson et Clinkerisation:

Pour offrir les meilleures conditions pour la formation de clinker, la température de cuisson du mélange cru préalablement préparé doit être précise et maintenue entre 800 et 1700 °C selon la composition du mélange cru et la composition désirée du produit fini. L'utilisation de minéralisateurs permet la réduction de la température à 1280°C.

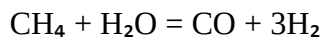
À ce stade le choix de carburants sans cendres et de réfractaires à base de talc-magnésite (ou autre magnésite-base) avec un liant spinelle est indispensable pour éviter la contamination de clinker. L'injection du carburant additionnel au préchauffeur ou avant la décharge semble être efficace pour entretenir les conditions nécessaires à la clinkérisation dans un four rotatif. L'installation d'équipement spécial tel que celle d'un four à lit fluidisé est vivement recommandé pour l'obtention d'un clinker de haute qualité permettant la production du ciment blanc. [8]

I.2.4. Blanchiment du clinker:

La majorité des documents bibliographiques traitant du ciment blanc soulignent l'importance du refroidissement pour l'obtention d'un niveau satisfaisant de blancheur du clinker. Une atmosphère non oxydante (absence d'oxygène) dans la première étape du blanchiment et le refroidissement rapide par jet d'eau ont été utilisés pour l'amélioration de la qualité de clinker. Un mélange gazeux destiné pour blanchir doit contenir moins de 0,2% d'O₂ et plus de 5% de CO.

Le processus de blanchiment est conduit à une température de (1100-1200)°C permettant la réduction de FeO₃ jusqu'en FeO et la réduction de MnO. Une température inférieure à 200°C doit être maintenue dans la sortie de l'appareil de refroidissement.

Une autre possibilité consiste au refroidissement préliminaire du clinker en utilisant un gaz de convertisseur (pendant 1-2minutes) à 1000-1400°C et davantage de refroidissement dans un bassin d'eau. Le gaz de convertisseur peut être produit par une combinaison de gaz naturel et de vapeur d'eau à (900-1000) °C selon la réaction suivante :



Le CO et le H₂ résultants sont très actifs dans la conversion des oxydes de Fe et de manganèse. Le refroidissement rapide (extinction) du clinker dans l'eau (contenant un peu de HCl, de H₂SO₄ ou d'autres acides) fournit une amélioration significative de la blancheur. [8]

I.2.5. Broyage ou mouture:

Le broyage final est une des étapes les plus essentielles dans le processus de fabrication du ciment blanc. Le choix approprié de gypse ayant une grande pureté est également important à ce stade. Les précautions traditionnelles concernant les moyens de broyages doivent être observées. L'utilisation d'un agent de mouture approprié (jusqu'à 0,1%) peut être recommandée pour augmenter la finesse et pour diminuer le temps de broyage ; ce qui entraînerait une augmentation 5-7% de la blancheur. Puisque la blancheur représente seulement les caractéristiques optiques de la poudre de ciment, et 24h il n'y a aucune mesure de la couleur à l'état durci, une possibilité additionnelle pour améliorer les paramètres optiques à l'étape du broyage peut être réalisée.

Par exemple, les micro-fillers finement broyés comme le marbre blanc ou le quartz, le gel de silice pur, le mica ou le talc, le kaolin (ou le méta-kaolin), les poudres avec des traces de TiO₂, peuvent être utilisés dans des proportions relativement faibles (jusqu'à 5 - 10 % ou spécification exigée par norme). Si les paramètres optiques désirés sont fournis par des particules super fines, une certaine quantité (autour 10% et jusqu'à 30%) de composant superfine (composé micronisé existant) pourrait être recommandé. Le composant superfine peut être fabriqué séparément, en utilisant un agent de mouture de haute qualité et un système micronisation. L'approche permettant l'obtention de performances élevées de ciment. Est la manière à suivre pour améliorer la blancheur et d'autres propriétés du ciment blanc. [8]

I.2.6. Maîtrise de la couleur:

La couleur des minéraux naturels dépend de la présence des éléments chromophores colorants. Le Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Ti et le Cu sont des chromophores bien connus et

responsables de la couleur minérale. Parmi eux le Fe_3^+ est le chromophore le plus puissant: il fournit une forte intensité de coloration caractérisant les nuances de rouge, de pourpre, et jaune. Le Fe_2^+ fournit des nuances de vert et de bleu et le Cr_3^+ offre des nuances de rouge au vert.

L'utilisation des chromophores dans une proportion relativement faible (0,05-1%) pour colorer le clinker est une alternative aux colorants inorganiques, qui sont traditionnellement employés dans la fabrication de la couleur des ciments et du béton dans des proportions relativement élevées (2-12%). Il a été constaté que le clinker contenant de C_2S élevé peut être affecté facilement par des chromophores comme le Mn, le Cr, Ni ; Le C_3S du clinker pourrait être coloré par l'addition de Ca. La poudre de la brique réfractaire de magnésite de chrome a été employée comme composant chromophore qui vise l'obtention de 1,19% Cr_2O_3 et de 0,75 % FeO_3 dans le clinker.

La vraie couleur d'un ciment n'apparaît seulement qu'après durcissement. Les états du processus d'hydratation affectent de manière significative la couleur et particulièrement l'aspect du produit fini surtout lorsque le traitement à l'autoclave est utilisé. Les ciments blancs produisent des couleurs nettes et éclatantes, notamment pour les pastels légers. [8]

I.2.7. Performances et caractéristiques normalisées :

Le ciment blanc est généralement conditionné en sacs mais il peut être livré en vrac. La blancheur du ciment blanc est due aux éléments naturels qui le composent. La pureté des matières premières doit être préservée tout au long du processus de fabrication du ciment blanc.

Les caractéristiques du ciment blanc sont les mêmes que celles du ciment gris à l'exception de la teinte, mais les spécifications normatives diffèrent d'un pays à l'autre et tiennent compte des technologies existantes. Nous donnons ci-après à titre d'illustration, les types, classes et certaines caractéristiques du ciment blanc pour montrer l'intérêt de la normalisation et du contrôle qui sont seuls capables d'offrir un ciment blanc de qualité et une régularité de sa production. [8]

I.2.7.1. Propriétés physiques et mécaniques:

Les ciments blancs doivent répondre à toutes les performances physiques et mécaniques exigées par la norme EN 197 (Ciments). Au lieu de reproduire les spécifications de cette norme. [8]

I.2.7.2. Propriétés chimiques:

Une autre conséquence de la pureté de leurs matières premières est que les ciments blancs présentent une teneur particulièrement faible en alcalis. Cette propriété permet de les utiliser en combinaison avec tous les granulats traditionnels, sans risque de réaction entre les alcalis du ciment et des granulats. La particule “LA” témoigne de la teneur limitée en alcalis des ciments Portland blancs, selon la norme NBN B 12-109. Bien que cette même norme ne prévoie pas les ciments Portland au calcaire dans la liste des ciments LA, la teneur en alcalis du CEM II/ A-LL 42,5 N blanc est bien inférieure à la limite 0,6%.

Une teneur élevée en C_3S et une finesse appréciable (4000-4500 cm^2/g) fournissent d’importantes résistances mécaniques du ciment blanc à tous les âges. En raison de la teneur relativement élevée de C_3A (jusqu’à 15%), les mortiers et le béton au ciment blanc sont très susceptibles aux déformations de retrait. L’utilisation des agrégats de haute qualité et la formulation des mélanges de mortier et de béton à faible rapport E/C et à faible dosage en ciment est recommandé pour surmonter ce problème.

La carbonatation de la solution de $Ca(OH)_2$ qui migre à travers les pores et les capillaires de la pâte durcie du ciment vers la surface des éléments et les parements s’est avérée une des raisons principales de la formation des efflorescences. Afin d’éviter les efflorescences, il a été proposé l’addition de diatomite à haute teneur en SiO_2 ou de la fumée de silice blanche. Comme alternative, l’utilisation d’adjuvant hydrophobe lors du broyage de ciment s’est avérée très efficace dans l’élimination des efflorescences. [8]

I.2.8. A quel usage est destiné le ciment blanc ?

Le ciment blanc est plutôt dévolu à l’ouvrage décoratif qui requiert un rendu esthétique exigeant. Matériau très apprécié par les architectes, le ciment blanc est un allié pour un particulier souhaitant mettre en valeur des éléments en béton de sa maison comme les appuis de fenêtre, les seuils de porte, les piliers d’entrée, les couronnements de murs, les corniches.....ou souligner avec éclat la décoration extérieure :allées, banc, murets.... le ciment blanc est un support idéal pour les mortiers des maçonneries apparentes, les jointoiements de carrelage comme ceux des margelles de piscine ou encore les chapes décoratives. Comme son « cousin » en gris, le ciment blanc répond aux exigences des normes CE. Combiné à un adjuvant, il peut prendre des couleurs et il se distingue par son excellente tenue dans le temps. [9]

3^{ème} parties: Le polystyrène

I.3. Introduction:

Le polystyrène est le polymère obtenu par polymérisation des monomères de styrène. C'est un matériau solide à 20°C et pâteux à 120°C, qui fond entre 150°C et 170°C. Il est inflammable et combustible, avec une température d'auto-inflammation d'environ 490°C. Il est également soluble dans les hydrocarbures chlorés et aromatiques. Ce matériau dur cassant et transparent se décline en différents types de polystyrène aux applications multiples.

On utilise notamment ce polymère très courant pour réaliser des emballages, des jouets et des maquettes. [10]

I.3.1. Définition:

Le polystyrène (PS) est une matière plastique très utilisée, essentiellement dans l'emballage, mais également dans des accessoires de la vie de tous les jours. Il existe différents types de PS, homopolymère (plus rigide) ou copolymère (plus résistant au choc) appelé HIPS, ou encore sous la forme expansée, très légère. [11]

I.3.2. Histoire de sa découverte:

Le polystyrène a été découvert dès 1839, mais n'a été exploité à grande échelle en Allemagne et aux États-Unis qu'à partir des années 1933. Sa fabrication industrielle commença en 1933 et le procédé utilisé fut perfectionné au cours des décennies suivantes. Le polystyrène expansé a été inventé par hasard en 1944 par Ray Mc Intire (1919-1996) un chimiste travaillant pour Dow chemical. Il fut commercialisé sous le nom de Styrofoam et utilisé à l'origine comme isolant thermique pour les bâtiments. [10]

I.3.3. Les applications:

Les principales utilisations du polystyrène dans les vies courantes sont :

- Les boîtiers de CD et PS cristal
- Les couverts et verres en plastique en PS choc
- Les emballages alimentaires (comme les pots de yaourt)
- Les emballages des appareils fragiles en PSE
- Isolation thermique des bâtiments sous forme expansé ou extrudée. [10]

I.3.4. Les différents types de polystyrènes:

Il existe trois types de polystyrènes :

- ✓ **Le polystyrène « Cristal »**, ainsi appelé en raison de son aspect transparent

- ✓ **Le polystyrène »choc »** caractérisé par l'ajout plastifiant ou de caoutchouc (butadiène)
- ✓ **Le polystyrène expansé ou PSE.** Ce matériau est surtout connu du grand public sous sa forme expansée (parfois appelée « frigolite »), qui sert à emballer les appareils électroménagers ou hifi sensibles aux chocs. Cependant, il peut aussi se présenter sous la forme d'un plastique transparent et dur utilisé pour les boîtes et boîtiers : le PS « cristal ». **[10]**

I.3.5. Propriétés du polystyrène :

Les propriétés remarquables du polystyrène sont notamment :

- ❖ Sa faible masse volumique située généralement, suivant les applications, entre 10 et 30 kg/m³,
- ❖ Son pouvoir isolant thermique,- Ses excellentes propriétés mécaniques (résistance en compression, capacité d'amortissement des chocs),
- ❖ Son insensibilité de mise en forme (moulage, découpage, ...). **[12]**

4^{ème} parties: Les fibres de renforcement

I.4. INTRODUCTION :

Les caractéristiques de ce type de matériaux repose sur la présence de fibres qui peuvent être de différentes natures ; (métalliques, synthétiques, naturelles, fibres de verre ou de carbone); dans cette étude seuls les bétons de fibres polypropylène sont considérés, on a cherché depuis longtemps à renforcer les matériaux de construction fragiles (béton non armé) à l'aide de fibres de différents nature; en rappelant que l'état fragile correspond à une faible résistance à la traction; une faible énergie de rupture ou une faible plasticité en compression ou traction.[3]



Figure. I.14: Béton renforcé de fibre.

I.4.1. HISTORIQUE :

Devant ces nombreux exemples de matériaux armés les producteurs de fibres de toutes natures et les chercheurs des industries du bâtiment et des travaux publics ont pensé à leur utilisation en addition au béton afin d'en modifier certaines propriétés. Bien que quelques brevets aient été déposés déjà avant la dernière guerre, on peut dire que l'année 1950 marquait le début des recherches entreprises dans ce domaine. L'idée étant lancée, de nombreux laboratoires (un peu par mimétisme et espérant des résultats spectaculaires dans ce domaine) inscrivirent de telles études à leur programme dès 1960, il s'agissait à l'époque surtout de fibres de verre et de fibres d'acier. Les premiers résultats importants ont été publiés aux Etats-Unis par J.ROMUALDI [13] et en U.R.S.S. par BIRYUKOVICH. [24]

L'idée d'armer le béton en fibre, trouve son origine, depuis longtemps où on a songé à renforcer les matériaux de construction à l'aide de fibres afin d'accroître leur résistance mécanique et d'améliorer leur stabilité. Les anciens utilisaient le pisé (ou torchis ou bauge) qui était de l'argile armée de paille hachée mise en place par compression, formant des briques d'argiles séchées.



Figure I.15 : Fibres métalliques.

I.4.2. TYPESS DES FIBRES :

Il existe différents types de fibres dont les caractéristiques chimiques, physiques et Mécaniques diffèrent selon leur nature ou leur géométrie. [24]

Des fibres de nature divers ont été utilisées comme renfort dans le béton il existe trois types de composition à fibres utilisant une matrice cimentaire selon le rôle que l'on veut faire jouer aux fibres et l'usage recherché. Les fibres se différencient par leur nature, leur diamètre, leur longueur (macro ou micro- fibres), leur forme et leur état de surface. Par leurs caractéristiques, différentes les unes des autres. Les fibres sont définies suivant qu'elles soient naturelles ou artificielles. Le choix des fibres dépend de l'usage recherché (pièces minces ou massives, renforcement de pâte pure, de mortier ou de béton, réparation des structures), de leurs propriétés (résistance et module élevés, bonne adhérence), de leur disponibilité et de leur prix. Le tableau (I-1) Représente Les différents types de fibres et le tableau (I-2) donne leurs principales caractéristiques.

Tableau. I.3: Différents types des fibres. [25]

Fibres naturelles		Fibres artificielles	
végétales	animales	minérales	Organiques
Lin	Poil Laine soie	Laitiers	Polypropylènes Polyamides polyesters
Chanvre		Carbone	
Celluloses		Métaux (acier, fonte)	
Sisal		Verres spéciaux	
coir		amiante	

Tableau. I.4: Principales caractéristiques physiques et mécaniques des fibres les plus utilisées.

<i>Fibres</i>	<i>Diamètre (μm)</i>	<i>Longueur (mm)</i>	<i>densité</i>	<i>Rt (MPa)</i>	<i>E (10^3MPa)</i>	<i>Allongement à La rupture en %</i>	<i>Coeff. de dilatation (μ/m)</i>	<i>R_{feu} Température Max C°</i>
<i>Acier</i>	5 – 500	20 – 80	7.8	1000-3000	200	3-4	11	1500
<i>Fonte (ruban)</i>	36 x2600 De section	50 – 60	7.8	2500	140	1	-	1500
<i>Verre</i>	5 – 20	40 – 70	2.6	1500-3000	80	2-3.5	9	800
<i>Polypropylène</i>	10 – 200	25 – 75	0.9	400-750	5-10	15-25	90	150
<i>Polyester</i>	-	-	1.4	700-850	8	11-13	-	-
<i>Amiante</i>	0.02 – 20	5	2.5 – 3.4	3000	8-15	2-3	1	1500
<i>Carbone</i>	5 – 9	Variable	1.7 – 2	2000-3000	250-400	0.5-1.5	-	400-1500
<i>Sisal</i>	10 - 50	1.50	1.5	-	130	3	-	-

I.4.2.1. Fibres Naturelles :

Parmi les fibres naturelles, on distingue les fibres : [26]

- **Animales** : soie, laine, poils, crins ; fil d'araignée
- **Végétales** : chanvre, coton, jute, lin, ramie, sisal ;

- **Minérales:** amiante; basalte.

I.4.2.2. Fibres Artificiels Les Organiques :

La rayonne (ou viscose) a été une des premières fibres réalisées à partir de la cellulose régénérée du bois. Le nylon fut découvert en 1938. On distingue dans cette catégorie : les polyamides (nylon, rilsan), les polyesters (tergal, dacron), les polyvinyles, les polyuréthanes, les polyoléfines (polyéthylène, polypropylène).

I.4.2.3. Fibres Artificiels Les Inorganiques :

La catégorie des fibres artificielles inorganiques comprend la laine de verre ou de roche (laitier), les fibres de verre, de carbone, de céramique (aluminosilicates), les fibres métalliques (acier en particulier) et celles à structure monocristalline (WHISKERS). [26]

Jusqu'à présent, les recherches d'incorporation des fibres au béton ont porté principalement sur les fibres suivantes : poils et crins animaux, sisal (fibre obtenue à partir de feuilles d'une plante mexicaine et utilisée pour la confection des cordes, des toiles, des sacs), amiante (depuis très longtemps), nylon, polypropylène, fibres de verre ordinaires ou spéciales, fibres de carbone et d'acier (ou aiguilles d'acier).



Figure I.16. Fibre inorganique. [26]

I.4.3. INFLUENCE DU DOSAGE EN FIBRES :

I.4.3.1. Optimisation Rhéologique : [27]

L'ajout de fibres dans un béton à l'état frais nécessite de nombreuses précautions notamment pour éviter la formation de pelotes et limiter le risque d'une orientation préférentielle. La durée du malaxage influe sur la répartition des fibres au sein du béton frais.

Si elle est trop courte, les fibres ne peuvent pas se répartir de manière homogène. Si elle est trop longue, la répartition peut devenir hétérogène du fait de la ségrégation des fibres.

La maniabilité du béton est diminuée par l'ajout de fibres. Plus la quantité de fibres et leur élanement sera fort, plus l'ouvrabilité du mélange sera affecté. Il est donc important d'utiliser des fibres de dimensions optimales et d'ajuster la composition de la matrice afin de permettre au béton de conserver une maniabilité suffisante.

Lors de la mise en place dans les moules, il faut limiter l'écoulement qui est responsable de l'orientation préférentielle des fibres dont nous parlerons plus spécifiquement dans le paragraphe suivant. L'orientation peut aussi être due à la vibration qu'il est important de limiter voir de supprimer en travaillant avec des bétons auto plaçant et à l'effet de paroi, ce dernier étant plus difficile à contourner.

I.4.3.2. Optimisation Mécanique:

La quantité de fibres dans un béton est une caractéristique prépondérante vis-à-vis du comportement post fissuration.

Soit deux fibres, l'une perpendiculaire au plan d'une fissure, l'autre inclinée par rapport à cette fissure. Si les deux fibres sont suffisamment éloignées l'une de l'autre, elles agissent indépendamment vis-à-vis de la fissure, la fibre perpendiculaire étant plus efficace que la fibre inclinée. Le bilan du couple se résume alors à la somme de leurs actions individuelles.

En revanche, si la distance entre les deux fibres est telle que l'action de la fibre qui travaille le mieux conduit, en outre, à confiner la fibre qui fonctionne le moins bien (c'est-à-dire provoquer une étreinte autour de cette fibre), cette dernière verra donc son efficacité vis-à-vis de la fissure accrue. Le bilan devient alors la somme de leurs actions individuelles plus quelque chose qui est la conséquence de leur « entraide », qu'on peut également qualifier de synergie positive. [27]

Au contraire, lorsqu'on rapproche de plus en plus les deux fibres, il arrive un moment où la quantité de pâte de ciment qu'il y a entre elles devient tellement faible que l'enrobage de chaque fibre devient insuffisant (même si l'on augmente la quantité de pâte de ciment avec le pourcentage de fibres pour des raisons de maniabilité) pour assurer un fonctionnement correct de l'interface pâte-fibre. Les fibres travailleront moins efficacement que si elles avaient travaillé sans interactions. Le bilan est alors la somme de leurs actions individuelles moins un effet qui est la conséquence de leur « promiscuité », qu'on peut également qualifier de synergie négative.

A partir de ce seuil, plus on ajoute des fibres, moins elles seront efficaces individuellement, et on assistera, au mieux, à une très faible augmentation des caractéristiques mécaniques et, au pire, à une diminution.

Il est évident que le choix de la fibre est lié à la caractéristique mécanique que l'on désire améliorer, par exemple une fibre métallique pour augmenter les capacités portantes, ou une fibre synthétique pour améliorer le comportement post fissuration ou la ductilité des bétons, ces seuils de synergie dépendent tous deux du type de fibre, de ses dimensions, du fait que la fibre fonctionne par ancrage réparti le long de la fibre ou concentré à ses extrémités ou encore par adhérence, du type de matrice (plus ou moins compacte) ou de l'orientation des fibres vis-à-vis des fissures. [27]

I.4.4. LES FIBRES UTILISEES DANS LE BETON :

I.4.4.1. Fibres D'amiante :

Les fibres d'amiantes sont bien connues et utilisées depuis longtemps ; mais on ne réalise pas d'élément en béton d'amiante-ciment coulé sur les chantiers. Il faudrait beaucoup trop de fibres et celles-ci demanderaient beaucoup trop d'eau et seraient difficiles à bien individualiser. Ces fibres servent à armer les produits en amiante-ciment fabriqués en usine (dizaine en France). Des précautions spéciales sont prises afin de traiter au préalable les fibres. La pâte de ciment très diluées (50 g de solide par litre) passe sur des tambours à vide munis des filtres où elle perde une partie de son eau. Les fibres représentent 10 à 15 % du poids de ciment. [3]

I.4.4.2. Les Fibres De Verre :

Elles ont des diamètres faibles de l'ordre de quelques dizaines de microns et des longueurs de 20 à 50 mm Elle possède une bonne résistance à la traction de 2000 à 3000 N/mm² leur module de déformation est plus élevé que celui de la pure ; elle résiste bien au feu et au choc. La quantité que l'on peut incorporer peut aller jusqu'à 10 % en volume des éléments de structure non porteurs ; tels que les panneaux de façades ; les corniches et les garde corps ; ce genre de fibre présente un problème de durabilité car le verre est attaqué par les alcalis du ciment. [3]

I.4.4.3. Les Fibres De Polypropylène (Polymère) :

Elles sont caractérisées par une bonne résistance en traction ; elles sont en général assez longues (30 à 60 mm) légères et non attaquées par le ciment ; leur module d'élasticité est plus faible de celui de la pâte durcie. La résistance au feu est peu élevée (250 °C) mais en réalité, elles sont protégées par la pâte de ciment, elles seront utilisées de préférence pour les pièces minces doivent résister soit à des chocs mécaniques ; soit à l'action corrosive de certaines ambiances, on peut ajouter au béton ce type des fibres en petite quantité (0.1% en volume).

I.4.4.4. Les fibres métalliques (fibres d'acier):

Les fibres métalliques sont utilisées dans les éléments porteurs tels que les silos; les réservoirs et les constructions « antichoc »; « anti-explosives »; et « antisismique »; formés par des pièces minces ou massives.

Les fibres d'acier améliorent la résistance en flexion; en traction et aux chocs; ils augmentent aussi la ténacité du béton et le rendent plus ductile et de façon générale ils lui procurent une résistance à la fissuration quel que soit l'origine de fissuration. [3]

I.4.5. RÔLE, FORMES ET DOMAINE D'APPLICATION DES FIBRES :

I.4.5.1. Rôle des fibres dans le béton :

À l'origine; on a essayé par l'adjonction des fibres dans le béton d'augmenter ses caractéristiques mécaniques comme la résistance à la compression ou la résistance à la flexion; mais le résultat obtenu était limité. [25]

Si le but est uniquement une résistance très élevée du béton ; alors le marché offre d'autres produits ou procédés plus économiques et plus efficaces que les fibres d'acier est de mieux contrôler la fissuration du béton en état de service en réduisant l'ouverture des fissures et de transformer le comportement fragile du béton en un comportement ductile qui accroît la sécurité lors des états de chargement ultimes.

Le béton présente toujours des microfissures dues à différentes causes : le retrait; les contraintes thermiques; les contraintes appliquées au jeune âgeetc.

La résistance à la traction ; relativement faible du béton est très rapidement atteinte et dépassée :

- Une fissure créée se propage sans empêchement et donne lieu à une rupture fragile. Dans le cas d'un béton renforcé de fibre d'acier ; une partie de la force de traction peut être transmise à travers cette fissure par les fibres qui en assurent la « couture ».

- L'efficacité des fibres croît avec le rapport (longueur / diamètre) et avec une meilleure adhérence entre la fibre et le béton.
- Les fibres d'acier assurent le rôle principale de modifier la réparation des fissures de « couture » ; et par conséquent de rendre le matériau moins fragile et donc plus ductile.
- Il existe ainsi une résistance résiduelle à la traction ; même après la fissuration et cela contrairement à ce qui se passe dans un béton non armé.



Figure.I.17: Fissuration dans le béton sans et avec fibres. [18]

I.4.5.2. Forme De Fibres Utilisées :

Ces fibres se rencontrent sous diverses formes différent soit par le mode fabrication (fibres copeaux ; fibres tréfilées) soit par les modes de traitement l'ancrage au l'adhérence. Des Exemples des fibres les plus utilisées dans le béton figurent ci- dessous : [25]

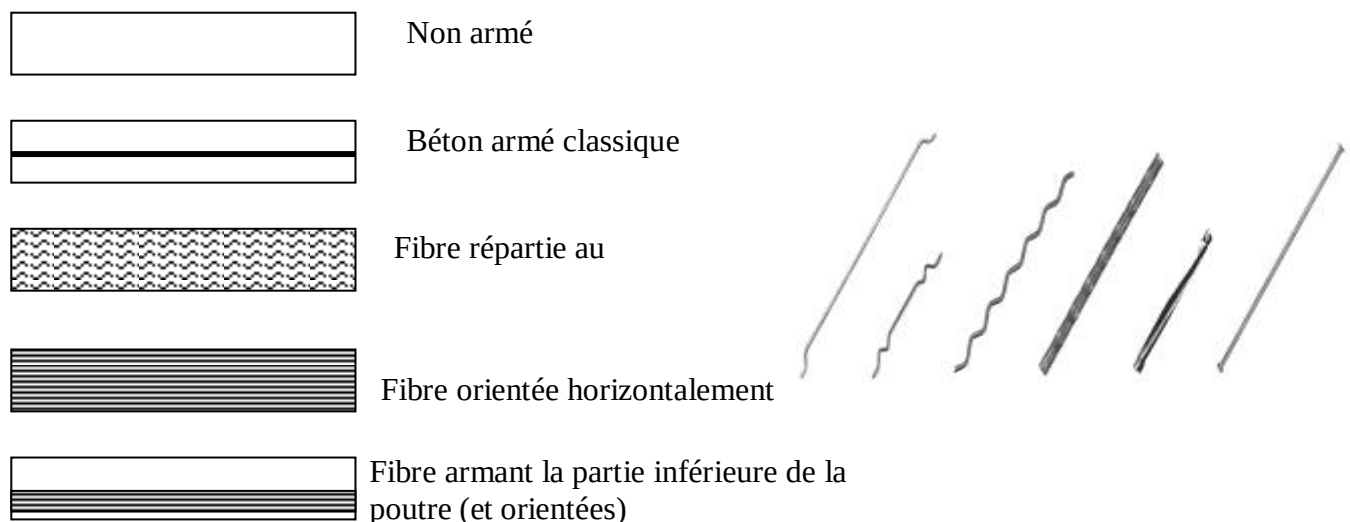


Figure I.18: Exemple sur les différentes formes des fibres métalliques et leurs dimensions.

A côté des avantages cités on peut énumérer quelques inconvénients et parmi ceux-ci on note les fibres d'acier c'est leur corrosion apparaissant à la surface de béton qui peut constituer un problème cette formation de rouilles est cependant généralement inoffensive.

Les essais ont d'ailleurs montré que la corrosion reste un phénomène superficiel; si l'aspect en surface est important; une mise en œuvre correcte du béton frais renforcé de fibres ou l'emploi de fibres galvanisées ou inoxydables ; peuvent minimiser ou même exclure tout danger de formation de rouille. Un des autres inconvénients c'est la formation d'oursins; si on dépasse le pourcentage maximum de fibres qui correspond à un malaxage dans des malaxeurs stationnaires. [25]

I.4.5.3. Domaines D'application :

Les applications du béton de fibres dépendent directement de ces propres caractéristiques :

- Renforcement homogène.
- Economie de la main d'œuvre de mise en place des armateurs.
- Simplicité de la mise en œuvre du béton renforcé ou fibres.
- Propriété du matériau, en particulier son comportement lors de la fissuration et sa ductilité, par mise les principales applications on peut citer :
- Voiles minces, plaques, panneaux minces d'habillage de façade comportant des reliefs (plusieurs réalisation en Allemagne et Angleterre).
- Poutre creuse, tuyaux, réservoir, silos.
- Débâtes, élément de clôture, couvercles de regards d'assainissement, fasses bordures de trottoirs.
- Encadrement de fenêtres, enduits.
- Aires et pistes d'aérodromes (plusieurs exemples aux Etats-Unis).
- Sols industriels, sol de parking (les dalles de parking de l'aéroport Heathrow de Londres ont 5 cm d'épaisseur et sont armés de fibres d'acier).
- Tête de pieux battus. [25]
- Bordure de sécurité des routes, des éléments de protection des quais maritimes.

Tableau I.4.3: Types des fibres et domaine d'applications. [25]

Type de fibre	Dosage courant	Domaine d'application privilégié	Exemple d'application
Fibres métalliques	0.5 à 2 % En volume 40 à 160 kg/m ³	Renfort pour béton structurels Et armature structurelle	-Dallage, sols industriels, planchers -Élément préfabriqué -Béton projetés en travaux souterrains, stabilisation de pente et ouvrage d'assainissement -Pieux de fondation, semelle filantes
Fibres polypropylènes	0.5 à 2 % En volume 0.5 à 2 kg/m ³	Limitation de la fissuration liée au retrait Amélioration de la tenue au feu des bétons	-dallage -voussoirs de tunnels -revêtement d'ouvrage souterrain -mortiers projetés -parements esthétiques
Fibres de verre	1 à 2 %	Réalisation d'éléments préfabriqués très minces	-parements architectonique -panneaux de façade -élément décoratifs

I.5. LES PROPRIETES RENFORCENT DES BETONS EN FIBRES :

On observe une différence de comportement sous sollicitation du béton renforcé de fibre et du béton traditionnel. Leurs courbes effort-déformation sont très différents.

Il en résulte certaines modifications dans les propriétés du béton. la courbe dépend des paramètres suivants :

- ❖ Pourcentage des fibres, longueur des fibres (rapport, longueur sur le diamètre), forme des fibres, nature des fibres, orientation des fibres vis-à-vis de la direction de l'effort et béton (formation, dimension des granulats, teneurs, ciment maniabilité).

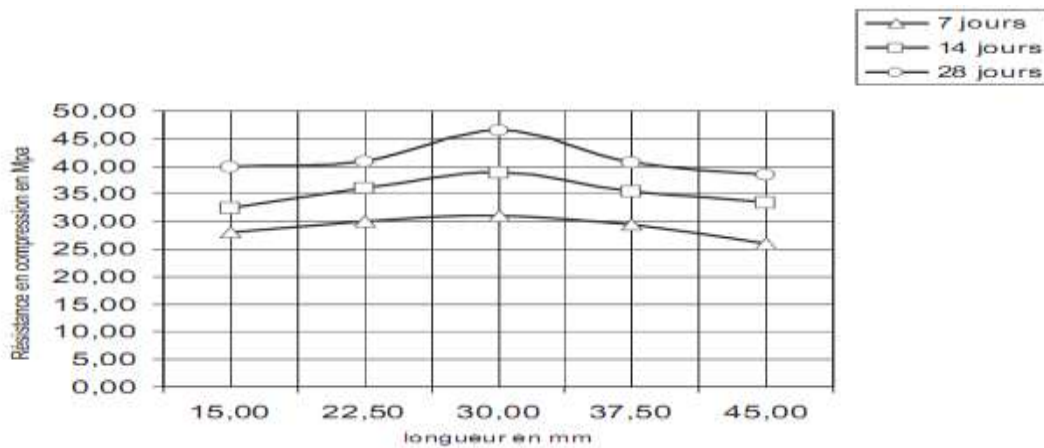


Figure I.19: Influence de la longueur des fibres sur la résistance du béton. [19]

I.4.6.1. Etat Frais :

Il est très important de connaître les propriétés du béton à l'état frais afin de pouvoir étudier ses conditions de transport et de mise en place.

I.4.6.1.1. Ouvrabilité :

L'ouvrabilité d'un béton de fibre est fonction : la granulométrie ou le fuseau granulaire du squelette, dosage en volume des fibres, et de l'élancement de la fibre, la géométrie et l'état de surface des fibres et l'ouvrabilité peut s'apprécier de diverses façons et en particulier par des mesures de plasticité.

Les méthodes de mesure de la maniabilité du béton ne sont pas toujours adaptées au béton de fibre, ainsi le cône D'Abrams qui peut convenir pour les faibles dosages en fibre et des maniabilités élevées, ne semble pas adapté aux bétons fermes (affaissement < 4 cm) et aux dosages élevés en fibre.

Les méthodes de mesures faisant appel à la vibration (maniabilimètre L.C.H, flou test, vété) sont les plus indiqués. [19]

I.4.6.2. Etat Durci :

I.4.6.2.1. Résistance A La Compression :

L'introduction de fibres dans le béton améliore très peu sa résistance à la compression. Une computation des résultats de plusieurs études sur des fibres d'acier par JOHNSTON [9]

indique une légère augmentation de la résistance en compression en fonction du type et du volume de fibre ajoutée. Cette observation peut être expliquée par deux effets contradictoires.

Les fibres sont un renfort, mais leur introduction dans la matrice fraîche augmente sa porosité interne.

I.4.6.2.2. Résistance A La Traction :

L'essai de traction direct est assez difficile à réaliser et présente de sérieuse inconvénients en raison de la fragilité du matériau béton aussi lui préféré-t-on l'essai de flexion. Les fibres ne sont pas aussi efficaces dans le support d'effort de traction. Elles ne sont pas ajoutées pour améliorer la résistance plutôt leur rôle est d'affecter le comportement du matériau une fois la matrice s'est fissurée et ainsi contrôler la fissuration du composite ceci est possible grâce à la l'effet de couture crée par les fibres travers des fissures qui améliore la capacité d'absorption d'énergie du matériau.

I.4.6.2.3. Résistance à La Flexion :

Les fibres d'acier peuvent améliorer nettement la résistance à la flexion dans le cas des dosages en fibres. On connaît d'autres moyens moins onéreux pour obtenir cette amélioration (maîtrise du rapport E/C, emploi de hauts réducteur d'eau ...). [20]

I.4.6.2.4. Résistance Au Cisaillement :

La résistance d'un matériau composite tel que béton de fibres à l'effort tranchant étant complexe. Il est difficile d'extrapoler (généraliser) les résultats de laboratoire à des constructions en varie les grandeurs. [20]

I.4.6.2.5. Résistance Au Choc :

Lois d'essais statiques, la charge de rupture de dalles fibres (0,5 à 0,8 % en volume) est d'environ 30 % supérieure à celle des dalles non fibres étant réduites dans les mêmes proportions. Les fibres permettent de localiser l'endommagement et de modifier la redistribution des charges internes.

Des essais dynamiques sur des dalles identiques ont confirmé l'augmentation de résistance est montré que la courbure maximale atteinte sous choc au centre des dalles fibres est en 20 à 30% inférieure à celle obtenue sur celles non fibres pour un même chargement [20].

I.4.6.2.6. Résistance A La Fatigue :

DEHOUSE a réalisé des essais de flexion alterné sous charge compris entre 0 et 0,6 fois la charge de rupture avec une fréquence de 30 cycles par seconde. Il conclut qu'un béton comportant 0,75% de fibres supporte 12 fois de cycle que le même béton sans fibres soumise à des charges 50% plus faible. Ces résultats sont confirmés par les travaux de MORRIS et GARRET. [20]

I.4.7 FIBRE POLYPROPYLENE :

Le polypropylène (PP) est, comme le polyéthylène (PE), le poly (chlorure de vinyle) (PVC) et le polystyrène (PS) un thermoplastique de grande diffusion. La production de (PP) représente plus du cinquième de la production totale des matières plastiques, on développement exceptionnel au cours des dernières décennies est dû à une amélioration constante des procédés industriels de fabrication, à ses propriétés intéressantes dont sa température de fusion 130 à 170 °C atteignant, à la possibilité de faire varier largement ses propriétés en le copolymérisation de différentes manières et en lui ajoutant charges et renforts.

Le polypropylène est utilisé dans presque tous les secteurs et en particulier dans l'emballage, l'industrie automobile, l'électroménager, le sanitaire et le textile.



Le (PP) est dur et insoluble dans n'importe quel solvant organique. Sa résistance mécanique et chimique au-dessus de 100°C permet son usage pour les appareils sanitaires et les conduites d'eau, ajouté au béton sous forme de fibre, il améliore les propriétés mécaniques. [21].

En longueur nominale de 6, 12 ou 18 mm, la fibre de polypropylène est l'adjuvant idéal dans les mélanges en béton pour diminuer le retrait plastique, les fissurations et les lézardes et augmenter les propriétés de la surface du béton.

Les fibres ne remplacent pas le renforcement structurel traditionnel en acier ou les procédés habituels de bonne prise du ciment. Lorsqu'on utilise les fibres, il est très souvent possible de remplacer les treillis par ces fibres.

L'addition de fibres, au dosage recommandé de 0,6 – 0,9 Kg/m³, ne nécessite normalement pas de variations des spécifications du mélange de ciment. Les fibres sont fabriquées en continu grâce à l'extrusion de granulés de polypropylène. Le matériau extrudé est chauffé, étiré pour en augmenter la résistance, traité dans un bain de finissage et coupé à la longueur nominale de 6, 12 et 18 mm [22]

I.4.7.1. Etat Actuel :

La recherche sur fibre de polypropylène dernier : [3]

- Contribution des fibres de polypropylène et métalliques à l'amélioration du comportement du béton soumis à une température élevée Par B. A. Prosper PLIYA 2010.
- Contribution à l'étude des propriétés d'un composite PP/lin mis en œuvre par Extrusion par G. Coroller₁, G. Ausias₁, A. Bourmaud₁, M-L. Tachon₂, C. Baley₁ 2011.

I.4.7.2. Le Rôle Des Fibres Polypropylène :

Les fibres de polypropylène améliorent la résistance aux chocs, à l'écaillage et limitent les risques de fissuration dus au retrait dans les premiers âges du béton. Par ailleurs leur ajout ne diminue pas la maniabilité du béton mais au contraire aurait tendance à l'améliorer.

Des essais de laboratoire ont également montré une diminution de l'absorption d'eau des bétons armés de fibres de polypropylène. [3]

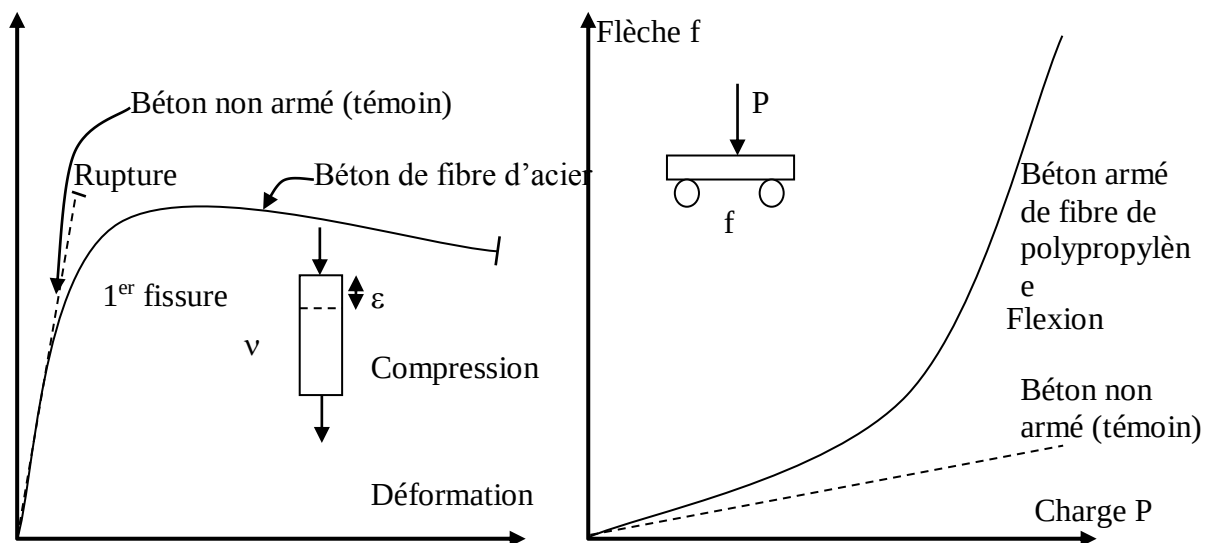


Figure I. : déformation d'un béton armé de fibres, comparée à celle d'un béton non armé d'après [4]

I.4.7.3. Caractéristiques Des Fibres Polypropylène :

I.4.7.3.1. Propriétés Physiques: [23]

- **Masse volumique :**

La masse volumique du polypropylène $\rho = 904 \text{ Kg} / \text{m}^3$ en fait le polymère industriel le moins dense. La masse volumique varie légèrement avec le taux de cristallinité qui dépend du taux d'iso tacticité et des conditions de mise en œuvre.

➤ **Indices de fluidité :**

Pour les applications pratiques, on considère l'indice de fluidité à chaud (IF), mesuré à 230 °C sous une charge de 2,16 ou de 5 Kg. Une valeur élevée d'IF correspond à une faible viscosité à l'état fondu et à une faible masse molaire.

I.4.7.3.2. Propriétés Thermiques :

La température de fusion des homopolymères et des copolymères à blocs est d'environ 165 °C. Celle des copolymères statistiques est inférieure et de l'ordre de 145 °C.

Ces températures permettent de comprendre que les corps creux soient aptes au remplissage à chaud et que les objets soient stérilisés. Les zones amorphes du polymère ont un comportement qui dépend de la température et en particulier de la température de la transition vitreuse T_g . Quelques degrés en dessous de T_g , le matériau devient fragile et cassant. Or la température T_g de l'homopolymère est à environ + 5 °C ce qui interdit certaines applications (pare-chocs automobile). Par contre, les copolymères statistiques ont une température T_g vers - 5 °C et certains copolymères à blocs vers - 30 °C. [23].

On utilise industriellement la température de ramollissement Vicat (norme NF EN ISO 306). Elle dépend du taux de cristallinité et est inférieure d'environ dix degrés à la température de fusion.

I.4.7.3.3. Propriétés « Barrière » :

Le polypropylène offre une bonne barrière à l'eau. La perméabilité aux gaz dépend du taux de cristallinité et de l'orientation des macromolécules des objets fabriqués. La partie cristalline est moins perméable. Un film bi orienté en (PP) est deux fois moins perméable aux gaz qu'un film non orienté. La perméabilité à l'oxygène est trop élevée pour un certain nombre d'applications dans l'emballage alimentaire. Cela conduit à fabriquer des récipients multicouches comportant généralement une couche d'EVOH intermédiaire. [23]

I.4.7.3.4. Propriétés Mécaniques :

La rigidité des homopolymères est maximale tandis que celles des copolymères est inférieure, surtout dans le cas des copolymères statistiques. La résistance au choc augmente quand on passe des homopolymères aux copolymères statistiques, puis aux copolymères à blocs.

➤ **Comportement en traction :**

Plus la masse molaire moyenne d'un homopolymère est élevée (c'est-à-dire plus son IF est faible), plus sa résistance à la rupture augmente de tableau (III-4).

Lors d'un essai de traction sur une éprouvette ISO, on constate d'abord un allongement qui correspond à une déformation des sphérolites, puis un blanchiment au cœur de l'éprouvette signe d'une diffusion de la lumière provoquée par une microfissuration inter sphérolitique.

Tableau. I.6: Influence de la masse molaire sur les propriétés en traction. [23]

Influence de la masse molaire sur les propriétés en traction		
Indice de fluidité 230 °C sous 5 kg ... (g/10 min)	1	170
Résistance à la rupture (MPa)	41	30
Allongement à la rupture	800	400

➤ **Gel – dégel :**

La fibre ne devrait pas être considérée comme un substitut des manœuvres prévues pour obtenir une résistance au gel – dégel. Cependant le nombre limité de micro fissurations et la meilleure uniformité du béton renforcé de fibres dosées augmentent la résistance aux cycles gel – dégel, diminuant de conséquence les lézardes en surface.

➤ **Choc :**

Les tests indiquent qu'un béton renforcé de fibres distribuées uniformément à une résistance au choc est considérablement supérieur à celle d'un béton sans fibres. Ces résultats démontrent également une réduction des lézardes et de l'endommagement des arêtes. En ce qui concerne la résistance à compression et à la flexion, aucune différence n'a été notée et, comme le béton traditionnel, celui chargé de fibres peut lui aussi être renforcé de manière appropriée. [23]

I.4.7.3.5. Propriétés Electriques :

Le PP est un polymère non polaire. En conséquence, c'est un très bon isolant électrique quelles que soit sa cristallinité et sa masse molaire.

I.4.7.3.6. Propriétés Chimiques:

❖ **Absorption d'eau :** L'absorption d'eau par le PP est très faible tableau (III-5)

Tableau.I.7: Absorption d'eau par le polypropylène (PP).

Temps d'immersion	Température	Norme	Absorption d'eau (%)
24 h	Ambiante	NF EN ISO 62	< 0,05
96 h	Ambiante	NF EN ISO 175	0,05

Les propriétés et les dimensions des articles en polypropylène (PP) sont donc indépendantes des variations d'humidité de l'atmosphère.

❖ **Résistance chimique :**

La résistance chimique du polypropylène est excellente.

❖ **Oxydation :**

Les polypropylènes non traités sont très sensibles à l'oxydation. Il faut donc leur adjoindre des antioxydants. Le cuivre est un catalyseur de la dégradation du polypropylène. Il faut donc éviter les inserts contenant ce métal.

I.4.7.4. Domaine D'application Des Fibres Polypropylène :

- Béton pour coulées de dallages civils et industriels ;
- Sols de dallage pour silos et piscines ;
- Eléments préfabriqués (tuyaux, murs);
- Ciments pour la réparation des plâtres ;
- Routes et autoroutes. [3]

5^{ème} parties: Les super plastifiants

I.5. Définition:

Les super plastifiants sont des polymères solubles dans l'eau, lesquels possèdent de nombreuses applications dans l'industrie de la construction. Ces matériaux sont également appelés réducteurs d'eau de haut rang. Ils font partie des adjuvants pour béton, lesquels sont définis, selon la norme EN 934-2, comme des matériaux qui sont ajoutés au béton pendant le processus de malaxage, dans des quantités inférieures à 5% de la masse de ciment, afin de modifier ses propriétés à l'état frais et à l'état durci. [13]

I.5.1. Application des super plastifiants:

Depuis leur apparition, les super plastifiants ont trouvé de nombreuses applications dans l'industrie de la construction. Dans un premier temps, les performances technologiques réalisées dans la fabrication du béton sont expliquées. Dans un deuxième temps, les nouveaux bétons développés, entre autres, grâce à l'essor des supers plastifiants, sont décrits. Enfin, les avantages économiques et écologiques directement et indirectement issus de l'emploi des super plastifiants sont présentés. [13]

I.5.1.1. Performances technologiques des super plastifiants:

L'emploi des super plastifiants permet de nombreuses améliorations techniques et technologiques tout au long du processus de fabrication du béton.

La maniabilité élevée associée à une bonne cohésion du matériau facilite les différentes étapes de la mise en œuvre :

- Si la quantité d'eau n'est pas trop diminuée, le pompage du béton peut être réalisé avec des vitesses plus rapides, sur des distances plus longues et à des hauteurs plus élevées, tout en diminuant la pression de 20 à 30 %.
- La mise en place nécessite moins de vibrations, voire aucune dans le cas des bétons auto compactant ou auto-plaçant, d'où une économie de temps, de main d'œuvre et de matériel.
- Le béton peut être placé dans des endroits difficiles d'accès grâce à sa grande fluidité obtenue, ce qui serait impossible avec un béton classique.

Des avantages sont aussi apportés sur le long terme :

- ✚ Les armatures sont parfaitement enrobées, même dans les éléments qui en possèdent un taux élevé, ce qui réduit considérablement les risques de corrosion.
- ✚ Les résistances mécaniques et la durabilité des bétons sont augmentées du fait de la faible porosité du matériau produit avec un volume réduit d'eau de gâchage. Les différents super plastifiants présentent des performances différentes lorsqu'ils sont utilisés en présence d'un même ciment.[13]

I.5.1.2. Nouveaux bétons:

Le développement des bétons à hautes performances est indissociable de l'emploi des super plastifiants. Ces bétons sont essentiellement utilisés dans la conception d'ouvrages modernes et complexes. Les super plastifiants ont contribué à l'amélioration des propriétés de ces matériaux selon trois façons :

✚ **L'augmentation de la fluidité:**

Les propriétés rhéologiques du béton sont améliorées tout en conservant un rapport E/C similaire à un béton traditionnel.

✚ **La diminution du rapport E/C:**

Tout en conservant son ouvrabilité à l'état frais, le béton développe une résistance mécanique élevée et une meilleure durabilité une fois durci.

 La réduction des teneurs en ciment et en eau:

Les bétons répondent à des exigences spécifiques de mise en œuvre et de résistance.

Le dégagement de chaleur provoqué par l'hydratation du ciment est moins intense dans ces mélanges. [13]

I.5.1.3. Avantages économiques et écologiques:

L'utilisation des super plastifiants contribue, directement et indirectement, à la réduction des coûts économiques et environnementaux de la production des bétons. D'après Perche.

Les avantages obtenus sont les suivants :

- **Réduction de la consommation d'eau:** L'emploi de super plastifiant, lors de la fabrication d'un béton, permet de diminuer la quantité d'eau de gâchage nécessaire. Cette économie, qui peut aller jusqu'à 30 %, représente près de 300 millions de mètre cube d'eau par an [17]. Cette contribution directe peut se révéler décisive, dans les cas de construction d'ouvrage en béton dans les pays en voie de développement, où l'acheminement de l'eau est souvent problématique.
- **Valorisation des coproduits industriels:** Les lignosulfonates modifiés sont fabriqués à partir de produits résiduels de l'industrie du papier. La valorisation de ces coproduits industriels est ici directement liée à la production de super plastifiants. D'une façon plus indirecte, d'autres matériaux ont pu être utilisés lors de la fabrication du béton grâce à l'essor des super-plastifiants. Une partie du ciment est remplacé par des additions minérales, toutes produites dans une autre branche industrielle : la fumée de silice provient de l'industrie du silicium, les cendres volantes sont filtrées des fumées de combustion des centrales thermiques, les laitiers de haut fourneau sont issus de la métallurgie de la fonte... Ces coproduits industriels n'auraient pas été aussi facilement valorisés en matériau de construction sans les super-plastifiants.
- **Diminution des émissions de CO₂:** La consommation de ciment Portland est diminuée lorsqu'il y a substitution du ciment par des coproduits. Ainsi, les super plastifiants participent indirectement à la réduction des émissions de CO₂ associées à la fabrication du ciment Portland. La production annuelle de ciment Portland se monte à 2 milliards de tonnes et répand à peu près la même quantité de CO₂ dans l'atmosphère. Remplacer 20 % du ciment revient à abaisser de 200 millions de tonnes les émissions annuelles de CO₂ [17]. Cependant, la fabrication des super-plastifiants

engendre également une émission de CO₂, laquelle ne doit pas être omise dans le bilan global.

- **Économies d'énergie:** Les super plastifiants donnent lieu, indirectement, à une limitation de l'énergie consommée pour la fabrication du ciment (broyage, clinkérisation, etc.). En revanche, ils contribuent directement à diminuer les énergies dépensées pour la mise en œuvre du béton (malaxage, pompage, vibration) en lui conférant une fluidité élevée.

-Les super plastifiants apportent des avantages et des améliorations dans la majorité des secteurs de la production du béton. Ces matériaux seront donc vraisemblablement de plus en plus utilisés dans le futur. Une bonne compréhension des mécanismes d'interaction entre le ciment et ces polymères organiques est donc indispensable pour se prémunir des cas d'incompatibilité. En effet, les désagréments engendrés par ce type de situation peuvent se répercuter sur l'ensemble des utilisateurs du béton et ils sont donc à éviter.

-Les super plastifiants pouvant être introduits dans un béton afin d'augmenter sa fluidité ou de diminuer son rapport E/C sont nombreux et variés. Pour pouvoir exercer leur pouvoir dispersant, ces polymères doivent d'abord s'adsorber à la surface des grains et ensuite, selon leur nature et leur structure, produire une force répulsive de type électrostatique ou stérique. Le raidissement des mélanges cimentaires peut donc mettre en jeu soit un défaut de l'adsorption des super-plastifiants soit une neutralisation de la force répulsive. Dans les deux cas, le pouvoir fluidifiant disparaît et les systèmes voient se détériorer leurs propriétés rhéologiques. [13]

Conclusion

En résumé, nous abordons, à travers la bibliographie, d'abord des problèmes liés à l'élaboration du matériau. Nous précisons que :

- Sous l'appellation "Mortier de ciment blanc avec des fibres plastiques et les bulles polystyrène " il existe une grande famille de matériaux très différents.
- D'un point de vue général et simple, le Mortier de ciment blanc avec des fibres plastiques et les bulles polystyrène "est constitué en trois phases :
 - ✓ la matrice cimentaire.
 - ✓ Les fibres.
 - ✓ La zone de transition (interface) fibres- matrice.
 - ✓ Les bulles de polystyrène.
 - ✓ Le super plastifiant.
- .
- Le rôle des fibres dans la matrice cimentaire sur les différentes phases de comportement du matériau est fonction de différents paramètres.
- La liaison fibre- matrice est souvent une zone de faiblesse, difficilement caractérisable mécaniquement : de plus une bonne adhésion fibre- matrice ou une bonne résistance au glissement n'apporte pas les mêmes propriétés au composite.
- Il convient de compléter notre bibliographie centrée sur les propriétés mécanique de béton de fibres en notant l'importance des opérations et des conditions de mise en œuvre qui conditionnent la structuration du matériau, pouvant créer une anisotropie de comportement.
- Les fibres limitent les phénomènes de propagation rapide et instable de la rupture du béton. Elles modifient les cheminements des fissures dans les structures.
- Les caractéristiques des fibres et de la matrice jouent un rôle important sur la réponse mécanique du matériau.
- On remarque que le béton de fibres est très utile et son application est très large surtout dans le cas de sollicitation dynamiques

Chapitre II

Matériaux et des essais

II. Introduction

Ce chapitre présente la première partie de l'étude expérimentale qui est consacrée à l'élaboration et la caractérisation des échantillons utilisés pour la formulation du mortier suivant les parties:

1^{er} partie: Etude sur le sable de la région de oued souf (Djamaa)

2^{ème} parties: Analyse chimique de l'eau de gâchage

3^{ème} parties: Fiche technique sur le ciment blanc MALAKI

4^{ème} parties: Les caractéristiques de polystyrène

5^{ème} parties: fiche technique sur le super plastifiant

6^{ème} parties: La formulation des mortiers

Les matériaux utilisés:

-  Le sable de la région de Djamaa.
-  L'eau potable du laboratoire.
-  Le ciment blanc CPJ-CEM II/A 52.5N de LAFARGE Algérie (Mascara, Oggaz).
-  Polystyrène expansé.
-  Adjuvant super plastifiant (Medaplast SP40).
-  Les fibres plastiques.

II.1. Caractéristiques physiques et chimiques du sable utilisé :

Le sable a été soumis à plusieurs essais au laboratoire de Génie civil de l'université de M'sila, suivant les normes françaises AFNOR.

II.1.1. Masse volumique (absolue) : NF P 18-555 :

C'est la masse de l'unité de volume de la substance, c'est-à-dire le rapport entre sa masse et son volume absolu.

Mode opératoire :

- On détermine la masse volumique absolue du sable à l'aide du récipient de capacité 1000ml.
- On prend 03 échantillons de masse 300g.
- On place l'échantillon dans le récipient de capacité 1000 ml et on y verse 300ml d'eau préparé préalablement dans 2^{ème} récipient gradué, puis on malaxe soigneusement le contenu pour chasser l'air qui y existe. Après cette opération, on détermine le volume final occupé par le mélange sable – eau. Soit (V) ce volume.

Sachant que le volume (V_e) d'eau versé est 300 ml, il serait facile de déterminer le volume occupé par le sable seul. Volume de sable : $V_1 = V - 300 \text{ (cm}^3\text{)}$. La masse volumique absolue du sable est déterminée par la formule :

$$\rho_{\text{abs}} = M/V_1$$

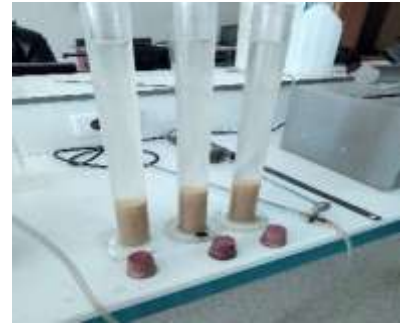
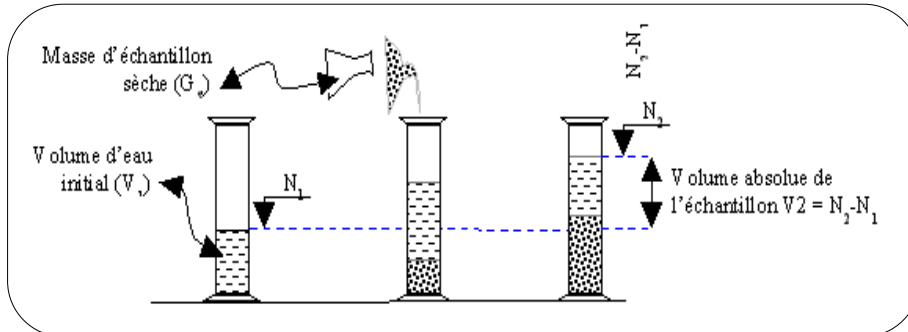


Figure II-1: Détermination de la masse volumique absolue d'un matériau. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant:

N° d'essai	M (g)	$V_e \text{ (cm}^3\text{)}$	$V_1 \text{ (cm}^3\text{)}$	$\rho_{\text{abs}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$\rho_{\text{abs}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$
1	300	300	115	2.61	2.656
2	-	-	110	2.73	
3	-	-	114	2.63	

Tableau II-1: La masse volumique absolue du sable de Djamaa.

II.1.2. Masse volumique apparente : NF P 18-554

II.1.2.1. Masse volumique apparente à l'état lâche :

C'est la masse du matériau par unité de volume y compris des vides existant entre les grains.

Mode opératoire :

- On détermine la masse volumique apparente du sable à l'aide d'un entonnoir standardisé de capacité 2 à 2,5 litres.
- On remplit l'entonnoir avec du sable sec.
- On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de 10 à 15 cm et on le remplit avec du sable.
- Une fois le récipient est rempli, on nivelle la surface du sable et on pèse le tout. Soit M_2 ce poids.

Volume de récipient $V_r = 900 \text{ cm}^3$

La masse volumique apparente du sable est donnée par la formule suivante :

$$\rho_{\text{app}} = \frac{M_2 - M_1}{V_r}$$



Figure II-2: Détermination de la masse volumique apparente d'un matériau.

N°d'essais	M ₁ (g)	M ₂ (g)	V _r (cm ³)	ρ _{app} (g/cm ³)	ρ _{app} (g/cm ³)
1	114	1435	900	1.594	1.590
2	-	1423	-	1.581	
3	-	1436	-	1.596	

Tableau II-2: La masse volumique apparente à l'état lâche du sable de Djamaa.

II.1.2.2- Masse volumique apparente à l'état compact:

C'est la masse du matériau par unité de volume après compactage compris les Vides restant entre les grains. Généralement elle est supérieure à la masse volumique à l'état lâche.

Mode opératoire:

- ✓ Même méthode que celle de l'état lâche, après remplissage du récipient « après tassement » on soumet ce dernier à 30 secousses manuelles.
- ✓ On complète le remplissage du récipient après le tassement du sable, puis on nivelle ce dernier et on le pèse. Soit M₂ le poids de l'ensemble (sable + récipient), la masse volumique à l'état compacte est donnée par la formule suivante :

$$\rho_{app} = \frac{(M_2 - M_1)}{V_r} M$$

Pour le sable de Djamaa.

N°d'essais	M ₁ (g)	M ₂ (g)	V _r (cm ³)	ρ _{app} (g/cm ³)	ρ _{app} (g/cm ³)
1	114	1672	900	1.731	1.738
2	-	1697	-	1.759	
3	-	1665	-	1.723	

Tableau II-3: La masse volumique apparente l'état compact du sable de Djamaa.

II.1.3. Porosité : (NF P 18-554):

C'est le volume des vides entre les grains du sable. La porosité peut être déterminée par la formule suivante :

$$P (\%) = 1 - (\text{Masse volumique apparente} / \text{masse volumique absolue}) \times 100$$

II.1.4. Compacité:

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolu des grains au volume apparent du matériau. La compacité donnée par la formule :

$$C = (\rho_{\text{app}} / \rho_{\text{abs}}) = 100 - P$$

II.1.5. L'indice des vides:

L'indice des vides est le rapport entre le volume du vide et le volume de solide Avec P en pourcent (%).

$$e = V_v / V_s = P / (100 - P)$$

Les résultats de la porosité, la compacité et l'indice de vide sont regroupés dans les Tableaux suivants :

Porosité P (%)		Compacité C (%)		Indice des vides e(%)	
Lâche	Compact	Lâche	Compact	Lâche	Compact
40.14	34.56	59.86	65.44	0.67	0.53

Tableau II-4: la porosité, la compacité et l'indice de vide pour le sable de Djamaa.

II.1.6. Equivalent de sable: NF P 18-598:

Nous essayons de mettre en évidence la proportion d'impuretés argileuses ou ultrafines contenues dans le sable et le pourcentage de poussières nuisibles et les éléments argileux qui diminuent la qualité du béton et mortier.

Mode opératoire:

- ❖ Tamiser une quantité de sable (masse supérieure à 500 g).
- ❖ Prendre une pesée de 120 g.



Figure II-3: 120 gr de sable

- ❖ A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai (120g) l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin de chasser toutes les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.

- ❖ Laisser reposer pendant 10 minutes.
- ❖ Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc et lui imprimer 90 cycles de 20cm de cours horizontale en 30 secondes à la main à l'aide d'un agitateur mécanique.

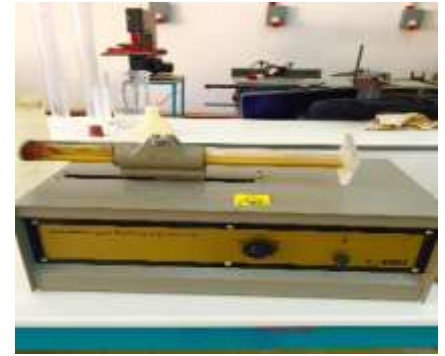


Figure II-4: agitateur mécanique.

Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution lavant au dessus de l'éprouvette, rincé ensuite les parois de celle-ci.

- ❖ Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette, le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette et en imprimant en même temps au tube un léger piquage. Cette opération a pour but de laver le sable et de faire monter les éléments fins et argileux. Effectuer cette opération jusqu'à ce que la solution la vante atteigne le 2èmerepère. Laisser ensuite reposer pendant 20mn.

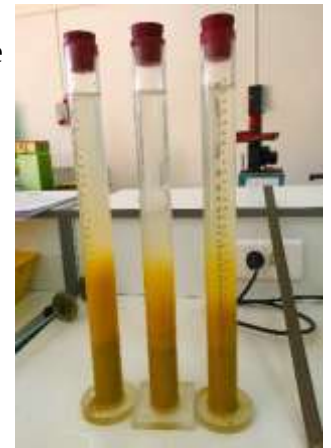


Figure II-5: repos de 20 min pour les éprouvette.

A / Equivalent de sable visuel (ESV):

Après 20 minutes de dépôt de sable, lire la hauteur h_1 du niveau supérieure du floculant jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une règlette. Mesurer également avec la règle la hauteur h_2 comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire et le fond de l'éprouvette.

$$ESV = h_2/h_1 \times 100$$

Où : $h_2 < h_1$

Avec : h_1 : hauteur de sable propre + hauteur des impuretés.

h_2 et h_2 : hauteur de sable propre

B / Equivalent de sable visuel (ESP):

- ✚ Introduire le piston dans l'éprouvette et laisser descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment. A cet instant bloquer le manchon du piston et sortir celui-ci de l'éprouvette.

- ✚ Introduire le réglet dans l'encoche du piston jusqu'à ce que le zéro vienne buter contre la face intérieure de la tête du piston. Soit h'_2 la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la partie sédimentée. $ESV = h'_2/h_1 \times 100$

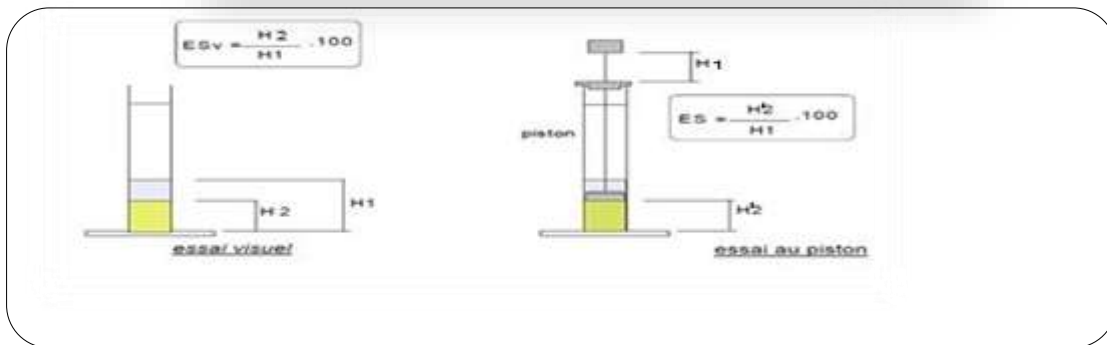
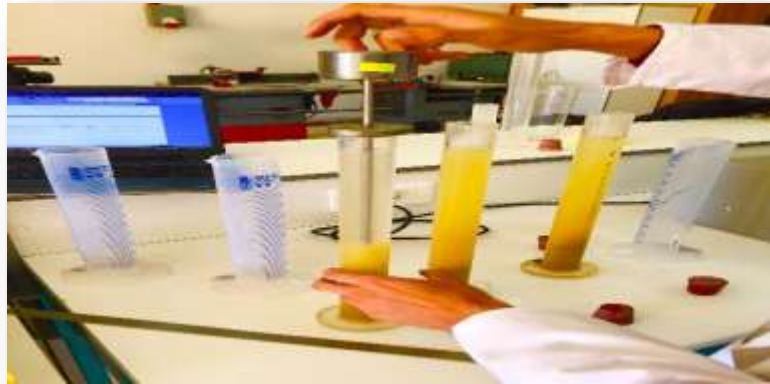


Figure II-6 : L'essai d'équivalent de sable.

N° d'essais	h_1 (cm)	h_2 (cm)	ESV (%)	h'_2 (cm)	ESP (%)
1	10.5	8.7	82.86	8.1	77.14
2	10.4	8.5	81.73	8.1	77.88
3	10.4	8.7	83.65	8.4	80.77

Tableau II-5: Les résultats d'équivalent du sable de Djamaa.

$$ESV = 82.74 \quad ; \quad ESP = 78.59$$

E.S.V	E.S.P	NATURE ET QUALITE DE SABLE
$ES < 65$	$ES < 60$	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité.
$65 \leq ES \leq 75$	$60 \leq ES \leq 70$	Sable légèrement argileux de propriété admissible pour des bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait.
$75 \leq ES \leq 85$	$70 \leq ES \leq 80$	Sable propre à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de hautes qualités.
$ES \geq 85$	$ES \geq 80$	Sable très propre : l'absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dose en eau.

Tableau II-6: les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.

D'après le tableau on constate que :

$75 \leq \text{ESV} \leq 85$	et	$70 \leq \text{ESP} \leq 80$
------------------------------	----	------------------------------

Donc : Pour le sable de Djamaa : C'est un Sable propre à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de hautes qualité.

II.1.7. Analyse granulométrique : (NF P 18-560):

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau, elle comprend deux opérations :

- Tamisage
- Sédimentation

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau.

Mode opératoire :

- ❖ Prélever (1.5kg) de matériau (sable sec).
- ❖ Peser chaque tamis à vide à 1 g près, soit m_i la masse du tamis.
- ❖ Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des mailles est respectivement de haut en bas : 6.3-5-2,5-1,25-0,63-0,315 et éventuellement 0,08mm. La colonne est coiffée par un fond pour recueillir les éléments passant au dernier tamis et un couvercle pour éviter la dispersion des poussières. On commence par peser les tamis ainsi que le fond.
- ❖ Verser le matériau (sable sec) sur la colonne et la fixer soigneusement sur la machine tamiseuse, vibré pendant 10 minutes. Arrêter la machine, puis séparer avec soin les différents tamis.
- ❖ Peser chaque tamis séparément. Soit M_i la masse du tamis (1) + le sable. La différence entre M_i et m_i (tamis de plus grandes mailles) correspond au refus partiel R_1 du tamis1.
- ❖ Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement inférieur.
- ❖ Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à R , soit R_2 la masse du refus cumuler du tamis 2 ($R_2 = R_1 + \text{Refus partiel sur tamis}$).

Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différent refus cumulés R_3, R_4 ,

Le tamisât cumulé est donné par la relation suivante : $T = 100 - R_C$

Où :

T: Tamisât en %

R_C: Refus cumulés en %

	Tares (g)	Refus + tares(g)	Refus partiels (g)	Refus cumulés(g)	Refus cumulés(%)	Tamisas (%)
6.3		0	0	0	0	100
5	857	875	13	13	0.9	99.1
2.5	753	769	16	29	1.1	98.1
1.25	653	716	63	92	4.2	93.9
0.63	622	1300	678	770	45.2	48.6
0.315	559	1080	521	1291	34.8	13.9
0.16	517	687	170	1461	11.3	2.5
0.08	507	541	34	1495	2.3	0.3
Fondu	561	565	4	1499	0.3	0.0



Tableau II-7: Analyse granulométrique du sable de Djamaa

Figure II-7: La série des tamis

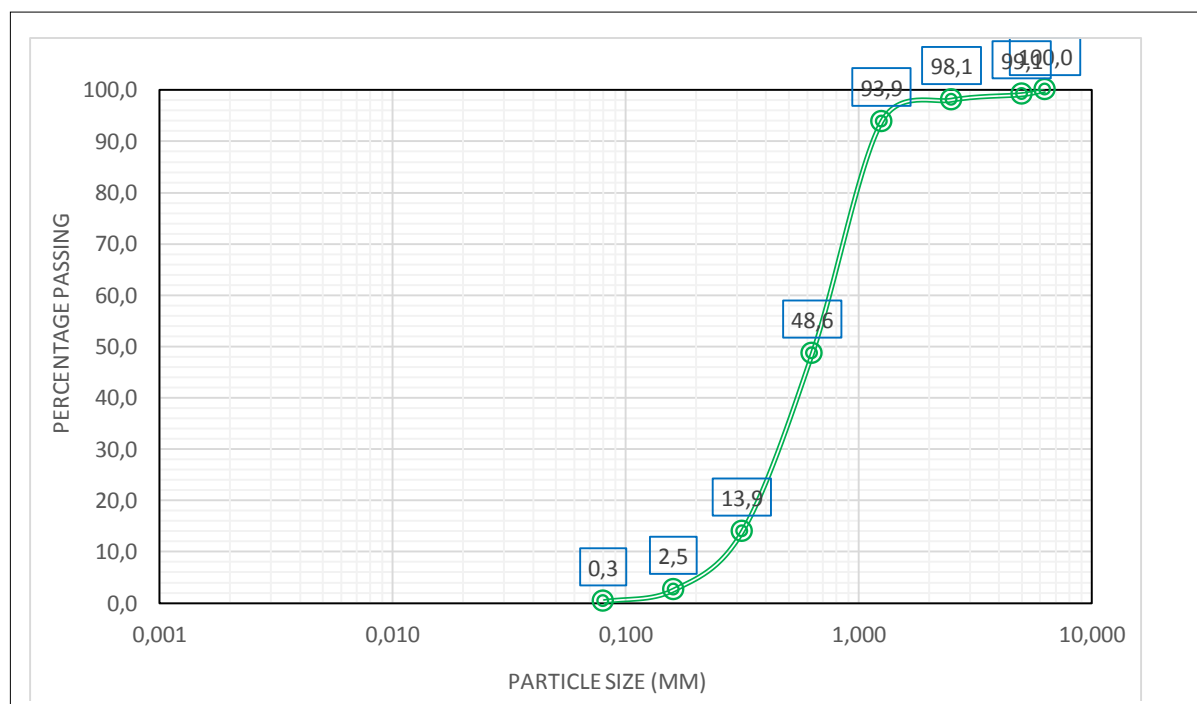


Figure II-8: La courbe granulométrique du sable de Djamaa.

Commentaire:

- $ES_{moy}=80.67\% \Rightarrow$ Le sable de dune (Djamaa) propre.
- Le sable de Djamaa (0/5) est un sable moyen.

Donc: le sable qui utilisé propre et gradué (acceptable).

Nous déduisons que c'est un sable moyen pour des bétons de haute qualité.

II.1.8. Module de finesse:

C'est un facteur très important, qui nous permet de juger la grosseur du sable, il est exprimé par le rapport de la somme des refus cumulés des tamis de mailles :

[0.16-0.315-0.63-1.25-2.5 et 5 (mm)] sur 100 et calculé par la relation suivante :

$$M_f = \sum \frac{R_c}{100}$$

Où : R_c : Refus cumulé.

Pour le sable de Djamaa: $M_f = 2.07$

Les normes soviétiques spécifient le M_f des sables comme suit :

- Sable gros $M_f > 2.5$
- Sable moyen $2 < M_f < 2.5$
- Sable fin $1.5 < M_f < 2$
- Sable très fin $1 < M_f < 1.5$

Pour le sable de Djamaa: $2 < M_f < 2.5 \leftrightarrow$ C'est un sable moyen.

II.1.9. La composition chimique du sable de Djamaa:

La composition chimique du sable de dune (Djamaa) est établie en 30 mars 2018, à la cimenterie de LAFARGE (M'sila).

Constituants		
Élément	Symbole	Teneur en (%)
Silice	SiO ₂	98.26
Alumine	Al ₂ O ₃	1.16
Chaux	CaO	1.04
Sulfate	SO ₃	0.57
Oxyde de potassium	K ₂ O	0.33
Oxyde de ferrique	Fe ₂ O ₃	0.29
Oxyde de magnésium	MgO	0.10
Oxyde de sodium	Na ₂ O	0.04

Tableau II-8: Analyse chimique du sable Djamaa.

Commentaire:

Le sable de Djamaa est un sable à haute teneur en SiO_2

II.1.10. Le degré d'absorption : NF P 18-555:

Elle est le pouvoir d'un matériau d'absorber et de retenir l'eau, elle est définie en pourcentage d'après la formule suivante.

$$A = \left(\frac{M_2 - M_1}{M_1} \right) \times 100 [\%]$$

Où :

- M_1 : La masse du matériau sec en (g).
- M_2 : La masse du matériau saturé d'eau superficiellement sec en (g).

N° d'essai	M_1 (g)	M_2 (g)	A (%)	A_{moy} (%)
1	300	307,98	2,66	2,67
2	-	308,66	2,88	
3	-	308,86	2,95	

Tableau II-9: Le degré d'absorption pour le sable de Djamaa.

Selon le mode opératoire défini dans les normes NF P18- 554 et NF P18- 555, la limite supérieure du coefficient d'absorption d'eau du granulat est fixée à 5%, c'est -à- dire $A_b < 5\%$.

🚦 Donc, dans notre cas, cette propriété est vérifiée.

II.1.11. La teneur en eau: NF P 18-555:

Le sable a la capacité de retenir une quantité d'eau très grande (elle peut atteindre 20 à 25% de son poids), si son humidité est comprise entre la limite de 0 à 3%, on l'appelle sec.

Mode opératoire :

- Peser un échantillon de sable humide, soit M_h son poids (500 g).
- Laisser l'échantillon dans une étuve à une température dans l'intervalle de 105°C à 110 °C pendant 24heurs.
- Peser l'échantillon de nouveau, soit M_s son poids.

La teneur en eau du sable est :

$$W = \left(\frac{M_h - M_s}{M_h} \right) * 100 [\%]$$

Où :

M_h : Poids du sable humide en(g).

M_s : Poids du sable sec en(g).

N° d'essai	$M_h(g)$	$M_s(g)$	W(%)	$W_{moy}(\%)$
1	500	495	1	1.2
2	-	494	1,2	
3	-	493	1,4	

Tableau II-10: La teneur en eau pour le sable de Djamaa.

II.2. Caractéristique chimique de l'eau de gâchage:

Toutes les eaux peuvent être utilisées pour gâcher les bétons et les mortiers, l'eau potable est toujours utilisable, mais dans certains cas l'eau contient des impuretés, ce qui nécessite une analyse chimique pour déterminer les impuretés qui s'y trouvent. Ces impuretés sont, soit des composés chimiques qui peuvent être actifs vis-à-vis du ciment, des granulats ou des armatures, soit des particules en suspension qui sont indésirables. L'excès d'impuretés détériore les propriétés physiques et mécaniques du béton (prise et résistance), les propriétés esthétiques (tâches, efflorescences), la durabilité (corrosion des armatures),...

L'analyse d'eau du laboratoire de département de génie civil sont fait dans laboratoire de Département de chimie.

La mesure	La teneur en(mg/l)
Degré de température	25
PH	7.66
Conductibilité	1789
Chlorure Cl^-	233.5
Sulfate SO_4^-	350.61
Magnésium Mg^{2+}	109.2
Sodium Na^+	-
Calcium Ca^{2+}	268.1
Sédiment sec	1414
Rééligibilité d'oxydation en eau	1020

Tableau II-11: Les caractéristiques chimique d'eau de gâchage.

II.3. Fiche technique du ciment blanc MALAKI 52.5N : [14]

II.3.1. Analyse chimique du ciment :

Analyse chimique	Norme
Perte au feu(%) (NA5042)	6.6±2
Teneur en sulfates(SO ₄)-(%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO(%)	1.7±0.5
Teneur en chlorures(%)(NA5042)	0.02 - 0.09

Tableau II-12: Analyse chimique de ciment blanc MALAKI.



Figure II-9 : sac de ciment blanc 52.5.

II.3.2. Propriété physique:

Propriété physique	Norme
Consistance normale (%)	28±3.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g)(NA231)	4300±5300
Retrait à 28 jours (µ/m)	<1000
Expansion (mm)	≤3.0

Tableau II-13: Propriété physique de ciment blanc MALAKI.

II.3.3. Temps de prise:

Début de prise (mn)	160±40
Fin de prise (mn)	250±40

Tableau II-14: Début et fin de prise de ciment blanc MALAKI.

II.3.4. Résistance à la compression:

2 jours(MPA)	≥20
28 jours(MPA)	≥52.5

Tableau II-15: Résistance à la compression de ciment blanc MALAKI.

II.3.5. La masse volumique:

Masse volumique apparent	Lâche	1.14 g/cm ³
	compact	1.19 g/cm ³
Masse volumique absolue		3.1 g/cm ³

Tableau II-16: La masse volumique apparent et absolue de ciment blanc MALAKI.

II.3.6. Composition chimique et minéralogique du clinker:

Elément	Clinker
Alite	59.59
Bélite	22.15
Alum	2.97
Ferrite	0.01
Lime	0.34
Portlandite	0.22
FCaO	1
Periclase	0.24
Quartz	0.01
Arcanite	0.62
Aphthitalite	0.31

Tableau II-17: Composition minéralogique de clinker.

Elément	(%)
SiO ₂	21.42
Al ₂ O ₃	3.39
Fe ₂ O ₃	0.22
CaO	65.33
MgO	1.47
K ₂ O	0.47
Na ₂ O	0.25
SO ₃	2.38

Tableau II-18: Composition chimique de clinker.

II.4. Caractéristiques techniques du polystyrène (PS):

- ❖ Le PS est un thermoplastique amorphe.
- ❖ Le PS peut être injecté en très fine épaisseur, on peut donc en faire de petites pièces.
- ❖ Aspect et toucher plutôt sec ; bruit « métallique » lorsqu'il tombe.
- ❖ Transparent : nouveaux grades pouvant être transparents et résistants au choc.
- ❖ Rigidité : parmi les plus rigides : Module de 3 Gpa.
- ❖ Résistance au choc : plutôt fragile ; de 0 à +80°C ; mais résistant si expansé.
- ❖ Densité : 1.015 kg/dm³ ; mais expansé, on divise sa densité par 10.
- ❖ Perméabilité aux gaz et à l'humidité : médiocre.
- ❖ Température d'utilisation : de 0° à +100°C.
- ❖ Température de mise en œuvre : 190 à 250°C.
- ❖ Soudabilité : soudure à chaud. Se colle bien.[11]



Figure II-10: Le polystyrène.

II.5. Notice technique super plastifiant MEDAPLAST SP 40

Conforme à la norme EN934-2 Tab 1 , 3, 1 et 3.2 NA 774 Super plastifiant

haut réducteur d'eau

II.5.1.Description:

Le MEDAPLAST SP 40 est un super plastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité. En plus de sa fonction principale de super plastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

II.5.2. Domaines d'application:

- + Bétons à haut performances.
- + Bétons pompés.
- + Bétons architecturaux.
- + Bétons précontraintes.
- + Bétons extrudés.
- + Bétons BCR .

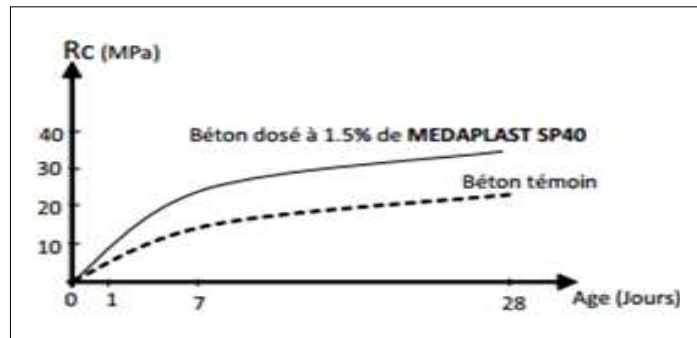


Figure II-11: Evolution des résistance en compression.

II.5.3. Propriétés:

Grâce à ses propriétés le Medaplast SP 40 permet:

Sur béton frais:

- ✓ Améliorer la fluidité
- ✓ Augmenter la maniabilité.
- ✓ Réduire l'eau de gâchage.
- ✓ Eviter la ségrégation.
- ✓ faciliter la mise en œuvre du béton.



Figure II-12: Le super plastifiant.

Sur béton durci:

- ✓ Augmenter les résistances mécaniques même à jeune âge.
- ✓ Diminuer la porosité.
- ✓ Augmenter la durabilité.
- ✓ Diminuer le retrait.

II.5.4. Caractéristique :

- AspectLiquide
- Couleur.....Marron
- PH.....8.2
- Densité.....1.20+-0.01
- Teneur en eau.....<1g/l
- Extrait sec.....40%

II.5.5. Mode d'emploi:

Le Medaplast SP40 est introduit dans l'eau de gâchage. Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70 de l'eau de gâchage ait été introduite.

II.5.5.1. Dosage:

Plage de dosage recommandée: 0.6% à 2.5% du poids de ciment soit 0.5L à 2L pour 100kg de ciment. Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

II.5.6. Conditionnement et stockage:

Le Medaplast SP40 est conditionné en bidons de 12kg, futs de 270kg et cubiténaire de 1200kg.

II.5.6.1. Délai de conservation:

Une année emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur ($5^{\circ}\text{C} < 1 < 35^{\circ}\text{C}$).

II.5.6.2. Précaution d'emploi:

Manipulation non dangereuse. Se référer à la fiche de données de sécurité disponible sur: [www. Granitex-dz.com](http://www.Granitex-dz.com)

PV d'essais conforme aux normes, établi par la CNERIB en janvier 2007. Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier. [15]

II.7. Formulation des mortiers:

$C/S = 1/3$; $E/C = 0.5$

Polystyrène: 40%, 60% .

Super plastifiant SP40 : 1(%) , 2(%).

*Pour 1m^3 de mortier:

C : 532.13 kg/m³.

S : 1596.4 kg/m³.

E : 266.065 kg/m³.

	C (g)	S (g)	E (g)	Fibres plastique En(%)	Adj (%)	E'(g)	Réd (%)	E/C
M (0,0,0)	2000	6000	1000	0	0	1085	(-)8.5	0.5425
M (0,0,1)	-	-	-	-	1	985	(+)1.5	0.4925
M (0,0,2)	-	-	-	-	2	880	(+)12	0.44
M (40,0,0)	1200	3600	600	-	0	610	(-)1.6	0.5083
M (40,0,1)	-	-	-	-	1	576	(+)4	0.48
M (40,0,2)	-	-	-	-	2	550	(+)8.3	0.4583
M (60,0,0)	800	2400	400	-	0	415	(-)3.75	0.5187
M (60,0,1)	-	-	-	-	1	380	(+)5	0.4751
M (60,0,2)	-	-	-	-	2	370	(+)7.5	0.4625
M (0,1,0)	2000	6000	1000	1	0	1085	(-)8.5	0.5425
M (0,1,1)	-	-	-	-	1	985	(+)1.5	0.4925
M (0,1,2)	-	-	-	-	2	880	(+)12	0.44
M (40,1,0)	1200	3600	600	-	0	610	(-)1.6	0.5083
M (40,1,1)	-	-	-	-	1	576	(+)4	0.48
M (40,1,2)	-	-	-	-	2	550	(+)8.3	0.4583
M (60,1,0)	800	2400	400	-	0	415	(-)3.75	0.5187
M (60,1,1)	-	-	-	-	1	380	(+)5	0.4751
M(60,1,2)	-	-	-	-	2	370	(+)7.5	0.4625

Tableau II-19: Composition des différents mortiers.

II.7.1. Préparation des éprouvettes :

Pour la préparation des éprouvettes, nous avons procédé de la façon suivante:

➤ Préparer une série des moules des dimensions 4×4×16 cm (Figure II.10)

convenables, avec la quantité du mortier ;

➤ Huiler les moules et vérifier leurs serrages ;

➤ Placer les moules sur une table vibrante ;

➤ Remplir les moules par le mortier, l'exécuter en deux couches ;

➤ Compacter le mortier à l'aide d'une table vibrante, en appliquant 120 secondes. Il

faut qu'elle soit bien arasée à l'aide d'une règle métallique et placée

lentement sur la face du moule ;

➤ Conserver les moules dans la chambre d'humidité jusqu'au démoulage;

➤ Démouler les moules après 24 heures de leur confection.

II.7.2. Conservation des éprouvettes :

Après 24 h de la confection des éprouvettes et après le décoffrage on les conserve dans l'eau de robinet. Le temps de conservation dans l'eau est 7 jours, 14 jours et 28 jours.

II.7.3. Déroulement des essais mécaniques :

Les essais mécaniques ont été préparé des éprouvettes prismatiques des dimensions (4x4x16) cm³ selon la norme EN 196-1 dans un malaxeur semi-automatique. (Voir la figure II-10)



Figure II-13: Les éprouvettes prismatiques (4x4x16) cm³.



Figure II- 14: La machine de Compression.



Figure II-15: La machine traction Par flexion.



Figure II-16: Mesure de la fluidité du mortier.

Conclusion

Durant toutes les étapes de réalisation de ce travail, le respect du plan du mémoire et des normes en vigueur des différents essais effectués, ont donné une manière à cette partie pratique pour mieux organiser ce travail, néanmoins plusieurs paramètres susceptible d'influencer l'étude sur les propriétés du mortier dans un laboratoire, car cela nécessite du temps, des moyens de grandes précision on comparaison du matériau mortier.

La compréhension de ce sujet conduit à une division en deux volets distincts dans cette étude, dans un premier part les caractéristiques physiques et chimiques des matériaux utilisés pour la formulation des types du mortier élaboré.

D'autre part (dans le chapitre III) l'effet du polystyrène et longueur des fibres plastique et le dosage du super plastifiant sur la fluidité, la masse volumique, l'absorption, la résistance à la traction par flexion et beaucoup plus à la compression.

Chapitre III

Résultats expérimentaux et interprétations

III. Introduction :

Dans le cadre de ce travail de mémoire, les mortiers qui ont fait l'objet de notre étude sont :

- Mortier classique (un échantillon de référence).
- Mortier à base de polystyrène (trois échantillons).
- Mortier à base de super plastifiant (deux échantillons).
- Mortier à base de polystyrène et le super plastifiant (six échantillons).
- Mortier à base de fibre plastique (trois échantillons).
- Mortier à base de fibre plastique (7 cm , 5cm et le super plastifiant (six échantillons)).

Dans ce chapitre qui constitue en fait une des parties essentielles du mémoire nous présentons l'ensemble des résultats obtenus par des mesures effectuées sur les divers échantillons élaborés (Fluidité, Masse volumique, Absorption et les résistances mécanique).

III.1. Présentation des résultats :

III.1.1 La fluidité :

La fluidité plus ou moins constante en étudier la réduction d'eau et le rapport E/C.

III.1.2. La masse volumique et le degré d'absorption :

-Détermination de la masse volumique :

A) à l'état frais :

On détermine la masse volumique après avoir retiré les éprouvettes des bacs et les avoir laissé à l'air libre pendant 20 minutes afin qu'elles aient une humidité nominale juste avant l'essai mécanique aux différents âges, on détermine la masse volumique est donnée par la formule suivante :

$$P = (M/V)$$

avec :

- ✓ **M** : masse de l'éprouvette.
- ✓ **V** : volume de l'éprouvette.

Absorption d'eau (A%) :

Cet essai mesure le taux d'absorption de l'eau des éprouvettes de mortier saturées. Avant les mesures de l'absorption, les demi prismes d'éprouvettes cubiques 10x10x10^{cm}³ seront prés conditionnés dans l'étuve à environ 105 C jusqu'à une masse constante. Après ça on les place dans un bac contenant de l'eau, on les laisse dans l'eau 24 heures.

Après les 24 heures on prend les demi éprouvettes de l'eau, on les laisse 20 minutes

après on mesure l'absorption.

$$W(\%) = [(Mh - Ms) / Ms] * 100$$

Où : **Mh** : la masse de l'éprouvette contenue d'eau absorbée

Ms : la masse de l'éprouvette sec (après l'étuve pendant 24 h à 105) En étude l'effet du l'ajout de polystyrène et le Medaplast SP40 sur la masse volumique (à l'état durci) et le degré d'absorption d'eau, les résultats sont regroupé dans le tableau suivant.

	La masse volumique(g/cm ³)			Le degré d'absorption(%)			E/C
	7j	14j	28j	7j	14j	28j	
M(0,0,0)	2.22	2.25	2.21	2.74	10.28	13.05	0.5425
M(0,0,1)	2.23	2.29	2.19	8.82	8.01	9.02	0.4925
M(0,0,2)	2.38	2.42	2.27	8.90	8.30	9.62	0.4400
M(40,0,0)	1.71	1.71	1.75	1.98	5.67	10.04	0.5083
M(40,0,1)	1.76	1.83	1.61	3.57	4.25	8.59	0.4800
M(40,0,2)	1.73	1.61	1.62	3.40	6.49	11.6	0.4583
M(60,0,0)	1.21	1.2	1.18	13.73	6.14	14.80	0.5187
M(60,0,1)	1.27	1.28	1.29	15.89	6.95	8.25	0.4751
M(60,0,2)	1.28	1.31	1.28	10.52	7.14	9.25	0.4625
M(0,5,0)	2.23	2.3	2.16	7.89	8	8.91	0.5425
M(0,5,1)	2.34	2.37	2.37	7.32	8.50	8.77	0.4925
M(0,5,2)	2.30	2.30	2.23	7.21	8.24	11.02	0.4400
M(40,5,0)	1.62	1.53	1.49	8.24	15.29	14.72	0.6077
M(40,5,1)	1.46	1.40	1.35	17.23	18.23	19.54	0.5837
M(40,5,2)	1.69	1.60	1.67	5.08	6.72	12.56	0.5001
M(60,5,0)	0.95	1.22	1.16	10.44	12.35	19	0.6066
M(60,5,1)	1.11	1.45	2	15.35	18.06	20.1	0.5900
M(60,5,2)	1.12	1.25	1.19	14.5	18.5	21	0.5881
M(0,7,0)	2.47	2.51	2.58	10.56	11.80	7.02	0.5425
M(0,7,1)	2.32	2.33	2.33	6.67	10.23	6.98	0.4925
M(0,7,2)	2.07	2.9	2.05	9.03	9.80	7.26	0.4400
M(40,7,0)	1.48	1.44	1.49	8.33	10.1	12.63	0.6083
M(40,7,1)	1.57	1.52	1.66	10.23	8.56	11.32	0.5000
M(40,7,2)	1.61	1.63	1.65	6.67	7.02	7.25	0.4625
M(60,7,0)	1.08	1.08	1.08	10.43	28.87	28	0.5187
M(60,7,1)	1.05	1.04	1.03	15.31	29.36	19.01	0.5000
M(60,7,2)	1.16	1.10	1.09	14.15	26.30	25.84	0.4625

Tableau III-1: La masse volumique et le degré d'absorption des déférent mortier.

III.1.1.3. Les résistances mécaniques:

-Résistances à la traction (NF P 18- 408) :

L'essai le plus courant est l'essai de traction par flexion. Il s'effectue en général sur des éprouvettes prismatiques d'élancement 4, reposant sur deux appuis, sous deux charges concentrées, symétriques, égales, appliquées au tiers de la portée (moment maximal constant entre les deux charges).

❖ Principe de l'essai:

Cet essai consiste à rompre en flexion une éprouvette prismatique, de côté **a** et de longueur 4a.

❖ Equipement nécessaire:

Une machine d'essai de flexion de dimensions appropriées à l'éprouvette à tester répondant aux prescriptions des normes en vigueur.



❖ Conduite de l'essai:

Ce test a été réalisé sur des éprouvettes de mortier de dimensions 4×4×16 cm à des âges 7, 14, 28 et 90 jours.

L'éprouvette était placée symétriquement entre les éléments de l'appareil de la flexion (Figure II.15). Deux de ces éléments servaient d'appuis, le troisième était destiné à appliquer un moment fléchissant au milieu de l'éprouvette. Après rupture de cette dernière les valeurs sont lues directement sur la règle de l'appareil d'essai ; la charge de rupture (en N), la contrainte de traction (en N/cm²) et la contrainte de flexion (en N/cm²). Les deux morceaux obtenus étaient marqués et testés en compression. [16]

-Essai de compression (NF P 18-406)

➤ □ But de l'essai :

Le but est de déterminer la résistance à la compression du béton.

Les essais sont souvent effectués sur les éprouvettes prismatiques de 4 x 4 x 16 cm conservés dans l'eau à 20 °C. Les éprouvettes sont rompues en traction par flexion puis en compression. Les résistances, aussi bien en traction par flexion qu'en compression, progressent à peu près comme logarithme du temps (entre 1 et 90 jours).

Les résistances des mortiers (comme dans le cas des bétons) dépendent de très nombreux facteurs:

➤ Nature et dosage en ciment;

- Rapport C/E;
- Granulométrie et nature du sable;
- Energie de malaxage et mise en œuvre;
- Protection les tous premiers jours.

❖ **Objectif de l'essai :**

La résistance d'un mortier est directement dépendante du type de ciment donc, il s'agit de définir les qualités de résistance d'un ciment plutôt que d'un mortier.

❖ **Principe de l'essai :**

L'essai consiste à étudier les résistances à la traction et à la compression d'éprouvettes de mortier normal. Dans un tel mortier la seule variable est la nature de liant hydraulique ; la résistance du mortier est alors considérée comme significative de la résistance du ciment.

❖ **Equipement nécessaire :**

L'ensemble est décrit de manière détaillée par la norme EN 196-1. Il est énuméré ci-dessous.

- 1) Une salle maintenue à une température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et à une humidité relative supérieure ou égale à 50 %
- 2) Une chambre ou une armoire humide maintenue à une température de $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ et à une humidité relative supérieure à 90 %.
- 3) Des moules normalisé permettant de réaliser 3 éprouvettes prismatiques de section carrée $4\text{cm} \times 4\text{cm}$ et de longueur 16cm (ces éprouvettes sont appelés "éprouvettes $4 \times 4 \times 16$ ").
- 4) Une table vibrante permettant d'appliqué 120 second aux moles.
- 5) Une machine d'essais de résistance à la flexion permettant d'appliquer des charges jusqu'à 10KN avec une vitesse de mise en charge de $50\text{ N/s} \pm 10\text{N/s}$. La machine doit être pourvue d'un dispositif de flexion tel que celui schématisé
- 6) Une machine d'essais à la compression permettant d'appliquer des charges jusqu'à 150 KN (ou plus si les essais l'exigent) avec une vitesse de mise en charge de $2400\text{ N/s} \pm 200\text{ N/s}$. Cette machine est équipée d'un dispositif de compression tel que celui schématisé sur la (Figure II.11). [16]

En étude l'effet du l'ajout de polystyrène et le Medaplast SP40 sur les résistances mécaniques (compression, traction et flexion). les résultats sont regroupé dans le tableau suivant:

	Flexion (MPa)			Compression(MPa)		
	7j	14j	28j	7j	14j	28j
M(0,0,0)	9.04	8.94	11.03	34.80	42.1	44.27
M(0,0,1)	9.30	9.79	9.90	43.60	49.48	49.98
M(0,0,2)	8.76	11.14	9.62	32.68	35.91	45.93
M(40,0,0)	6.9	7.37	7.97	17.12	18.03	18.90
M(40,0,1)	6.33	7.57	7.42	13.08	15.32	19.68
M(40,0,2)	6.46	7.04	6.87	12.38	15.41	19.52
M(60,0,0)	1.03	4.10	4.21	3.81	2	1.63
M(60,0,1)	3.29	5.14	5.53	4.95	4.03	5.78
M(60,0,2)	3.09	5.01	5.31	4.7	3.59	4.84
M(0,5,0)	9.95	10.33	10.7	20.26	21.863	23.63
M(0,5,1)	10.25	10.51	10.12	23.5	27.36	29.668
M(0,5,2)	10.08	8.97	10.71	11.70	12.35	12.781
M(40,5,0)	5.33	5.833	8.75	6.102	6.34	8.828
M(40,5,1)	4.55	4.98	6.02	5.88	5.99	8.882
M(40,5,2)	5.31	6.18	6.267	5.40	5.53	9.58
M(60,5,0)	3.66	3.72	4.47	0.350	0.56	0.936
M(60,5,1)	3.84	3.9	4.51	0.688	0.99	1.102
M(60,5,2)	3.9	3.98	4.53	1.175	1.40	2.03
M(0,7,0)	8.466	8.88	9.72	14.152	15.02	21.23
M(0,7,1)	8.310	9.01	10.03	15.267	15.37	23.61
M(0,7,2)	7.176	8.29	10.23	15.267	16.87	21.53
M(40,7,0)	5.184	5.8	6.32	7.406	7.5	7.62
M(40,7,1)	4.921	5.132	6.21	2.02	2.33	2.50
M(40,7,2)	4.995	5.23	6.42	2.923	3.02	3.88
M(60,7,0)	3.829	3.92	4.58	0.690	0.693	0.699
M(60,7,1)	3.817	4.56	5.93	0.401	0.694	0.702
M(60,7,2)	4.054	4.76	5.97	0.523	0.603	0.706

Tableau III-2 : Les résistances mécaniques des différents mortiers.

Discutions les résultats:

III.1.Introduction :

Dans le présent chapitre, sont exposés les différents résultats expérimentaux relatifs aux essais effectués sur les mortiers, conformément aux modes opératoires mentionnés au chapitre précédent, une analyse et une discussion des résultats à l'état frais et durci, suivis d'une comparaison avec ceux reproduites dans la littérature seront également présentés dans ce chapitre.

Les tableaux ci-dessus regroupent l'ensemble de résultats des mélanges étudiés.

III.2.Etude l'effets du polystyrène :

III.2.1.A L'état frais :

III.2.1.1. La fluidité :

La fluidité est maintenue plus au moins constante alors on étudie la variation du rapport E/C en fonction du dosage en adjuvant et du taux de polystyrène.

Selon la figure (III.1) on note une légère diminution du rapport E/C pour un dosage de 40% jusque à 6.30% et 60% de polystyrène jusque à 4.38% , au-delà de cette valeur le rapport E/C affiche une légère augmentation de E/C pour le mortier non adjuvante.

Mais pour le mortier à un dosage de 1% d'adjuvant on note baisse du rapport E/C pour un dosage de 40 % du polystyrène on remarquant une augmentation d'un 11.12% d'eau, pour 60% du polystyrène on note un augmentation 12.96 % d'eau

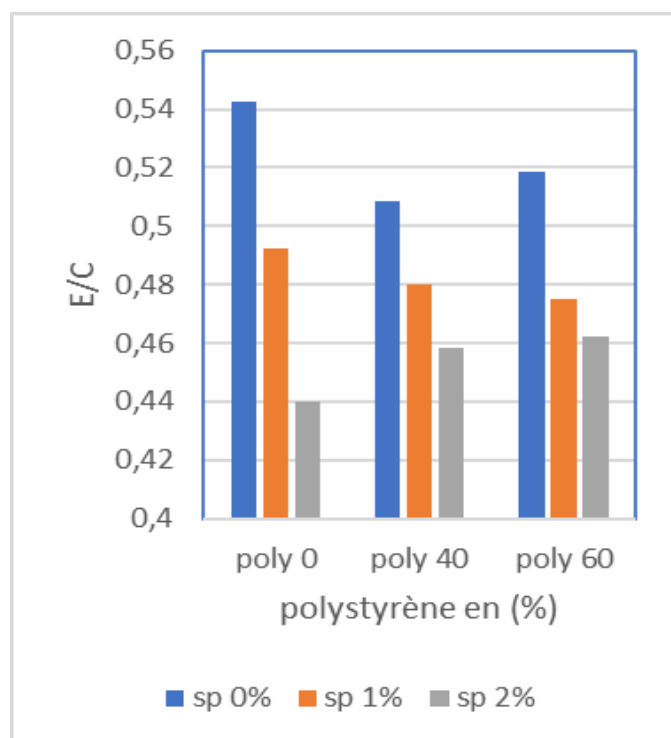


Figure III.1: Le rapport E/C en fonction
Le (%) du polystyrène .

III.2.2. à l'état durci :

III.2.2.1 La masse volumique :

La masse volumique du mortier au polystyrène est étudié en fonction du dosage en adjuvant et du taux de polystyrène incorporés :

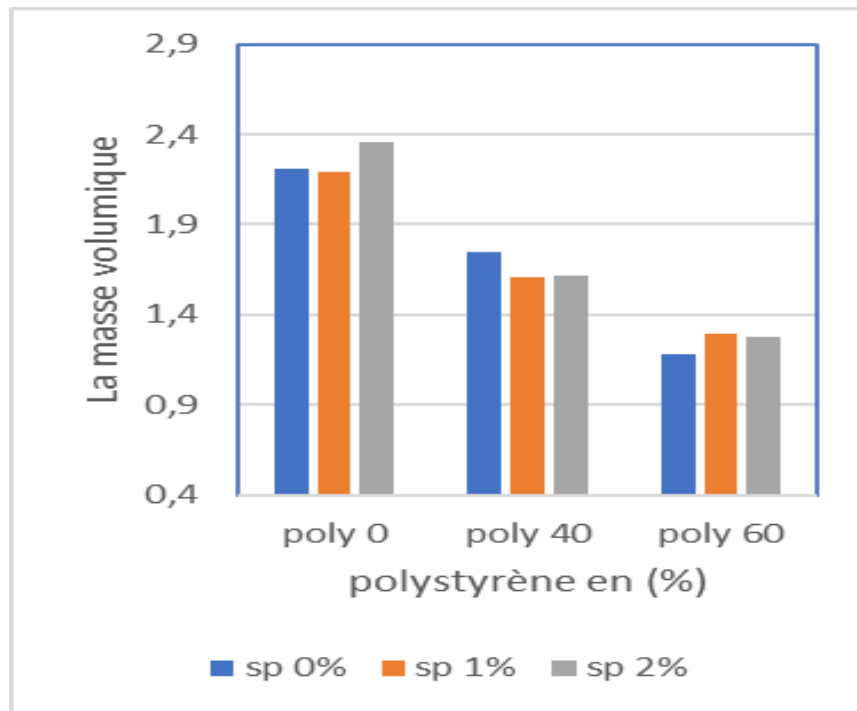


Figure III.2 : l'effet de polystyrène sur la masse volumique

La figure (III.2), montre que la masse volumique du mortier décroît avec l'augmentation du taux de polystyrène.

- pour un dosage de 40% de polystyrène on remarquant diminution d'un 20.80% de la masse volumique Parra-port le témoin.

- pour un dosage de 60% de polystyrène on remarquant une chute d'un 46.60% de la masse volumique Parra-port le témoin.

Mais lorsque nous avons ajouté un super plastifiant nos remarquent une baisse variation.

III.2.2.2.Effet du polystyrène sur la résistance mécanique :

1-La résistance en compression, traction et en flexion :

La discussion des résultats obtenus concernant la résistance mécanique est effectuée comme

Effet du polystyrène sur la résistance en compression et flexion .

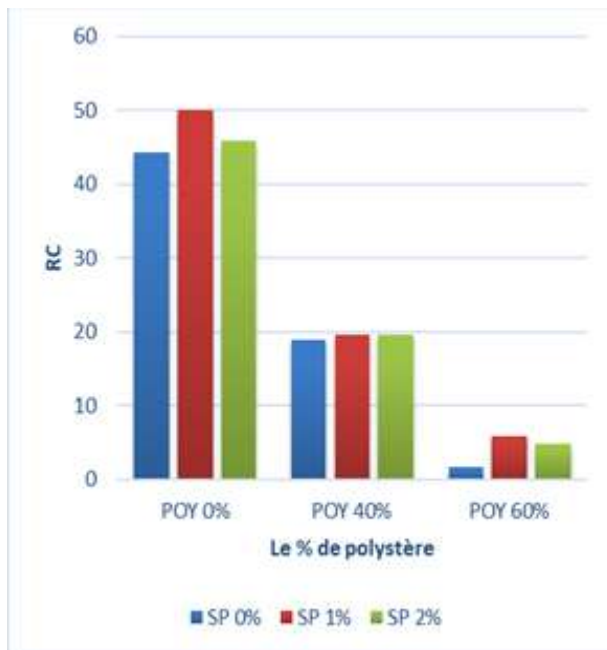


Figure III.3: Effet de polystyrène sur La résistance à la compression.

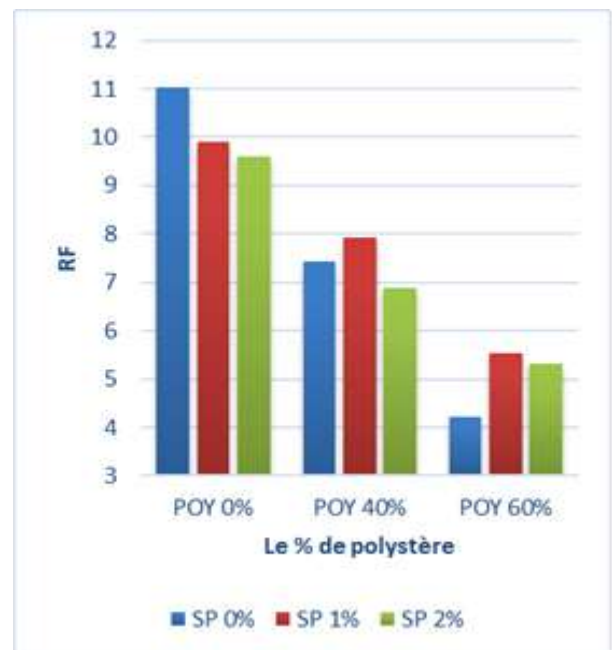


Figure III.4: Effet de polystyrène sur La résistance à la flexion

Selon les figures (III.3et4) on constate que, la résistance à la compression, traction par flexion du mortier on le même comportement, l'incorporation du polystyrène avec différent taux (40 et 60)% engendre une chute avec ou sans adjuvant cette réduction atteint et dépasse même 60.63% pour la résistance en compression et de 20% pour résistance à la traction par flexion, car l'augmentation du pourcentage des billes de polystyrène de (40 ;60%) engendre essentiellement la création des pores dans le mortier qui devient moins compact et moins résistant.

III.2.2.3 Effet de polystyrène sur l'absorption d'eau :

Selon la figure(III.5) on remarque que, l'ajout du polystyrène avec déférents pourcentages (40;60%) engendre une porosité notable dans la matrice cimentaire ce qui conduit à l'augmentation de l'absorption de(2.02) à (8.25)% avec ou sans adjuvant

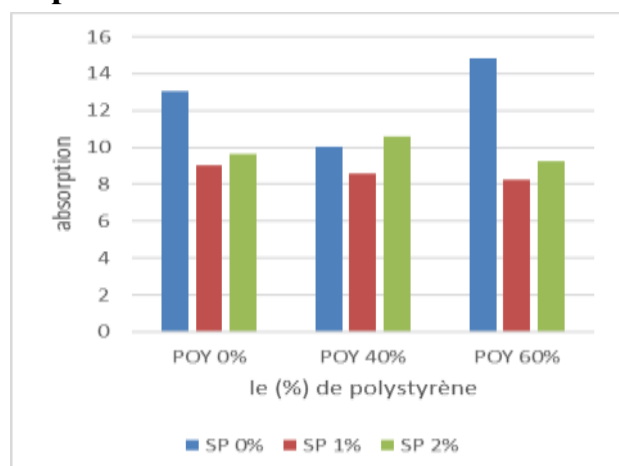


Figure III.5 : L'absorption d'eau en fonction

du (%) de polystyrène.

III.3 Etude l'effet du longueur des fibres de plastique :

III.3.1.A L'état frais :

III.3.1.1. La fluidité :

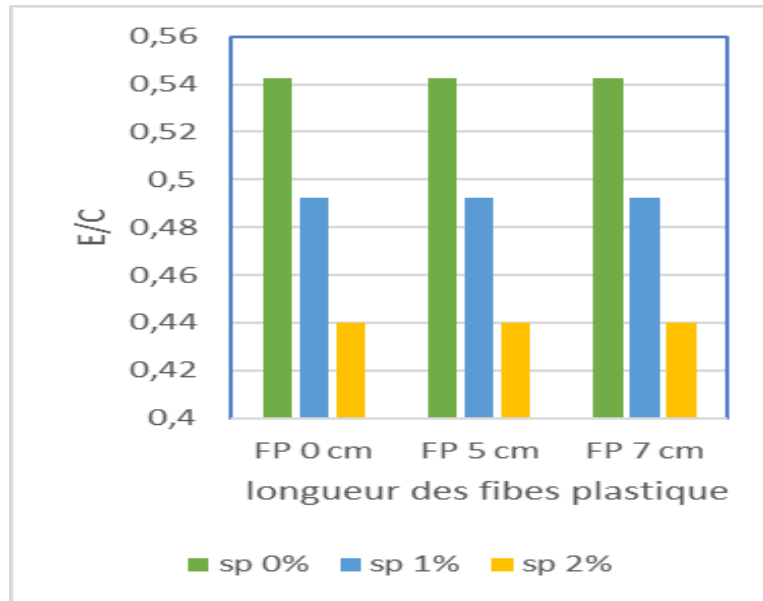


Figure (III.6) : Rapport E/C en fonction du fibres de plastique

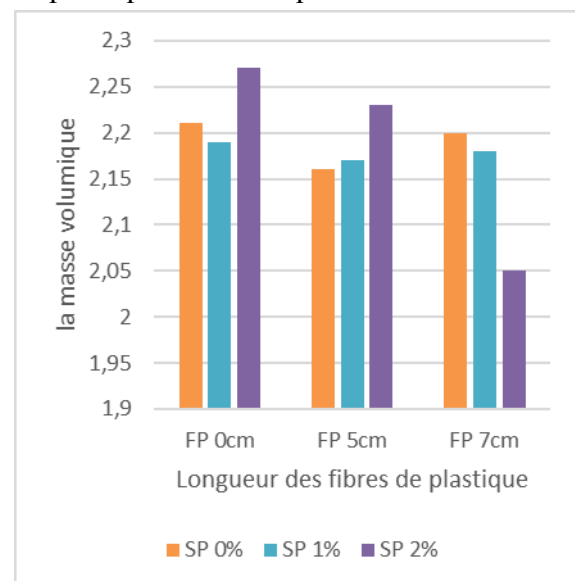
. selon la figure (III.6) lorsque que l'ajout du fibres plastique on remarque aucun influence sur la fluidité.

III.3.2.A l'état durci :

III.3.2.1.la masse volumique :

Selon la figure (III.7) la variation de la masse volumique n'est pas significatif avec ou sans adjuvant pour déferent longueur de fibres plastique.

A titre d'exemple pour un mortier confectionnie avec avec un dosage de 2% d'adjuvant et on utilisant des fibres de plastique de longueur de 7 cm la variation de la masse volumique ne dépasse pas : 9% de la masse



Figure(III.7) : la masse volumique en fonction du fibres de plastique.

volumique de mortier témoin.

III.3.2.2 Résistances mécaniques:

1-La résistance en compression, traction par flexion :

La discussion des résultats obtenus concernant la résistance mécanique est effectuée comme Effet du longueur des fibres de plastique sur la résistance en compression, et flexion

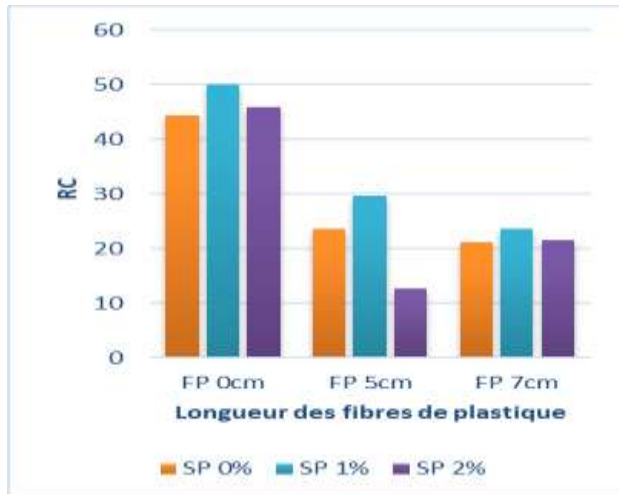


Figure III.8: La résistance à la compression.

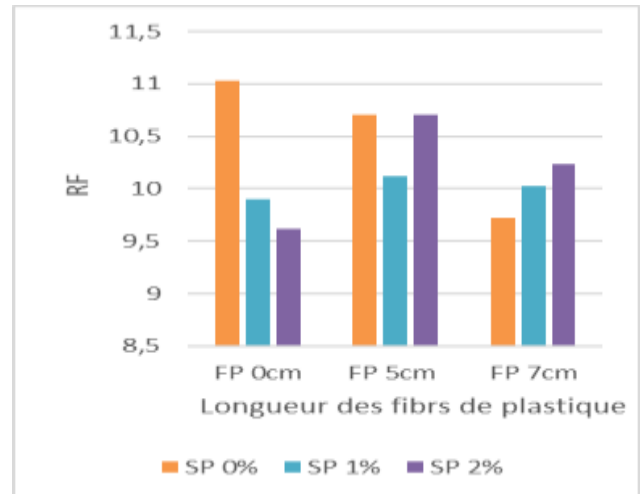


Figure III.9: La résistance à la flexion

D'après la figure (III.9) on constate que l'ajout des fibres de plastique de longueur (5cm) améliore la résistance en flexion par rapport au mortier témoin, mais l'utilisation des fibres de longueur (7cm) engendre une baisse de résistance par rapport aux fibres de longueur de (5cm) mais elle reste meilleure que la résistance de mortier témoin. A titre d'exemple l'utilisation des fibres de (5cm) avec 2% d'adjuvant atteint un optimum de 10.71 MPa.

Selon la figure (III.8) on remarque, que l'utilisation des fibres de plastique de longueur des fibres de (5cm) présente des résultats meilleurs que l'utilisation des fibres de (7cm).

On remarque que la perte de résistance en compression en utilisant des fibres de plastique de longueur 7cm ne dépasse pas le taux de : 17% par rapport au mortier dans lequel on a utilisé des fibres de 5cm.

III.3.2.3 Absorption d'eau:

Selon la figure (III.10) on remarque que, l'ajout des fibres de plastique avec différentes longueurs (5 et 7cm) engendre une diminution notable sur l'absorption dans la matrice cimentaire ce qui conduit à une diminution de (31%) par rapport au mortier ordinaire.

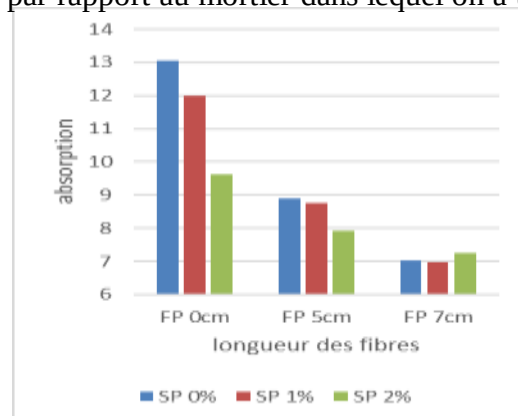


Figure III.10: L'absorption d'eau en

fonction de la longueur des fibres de plastique

III.4. Etude l'effet combiné de polystyrène et du longueur des fibres de plastique :

III.4.1.A L'état frais :

III.4.1.1. La fluidité :

. selon la figure (III.11) lorsque que l'ajout du bulles polystyrène on remarque un augmentation sur la fluidité (le rapport E/C) pour un dosage de 40 % du polystyrène combiné avec longueur des fibres de plastique (5cm et 7cm) .

on remarquant une augmentation d'un 76.12% d'eau, pour 60% du polystyrène on note un augmentation 12.96 % d'eau

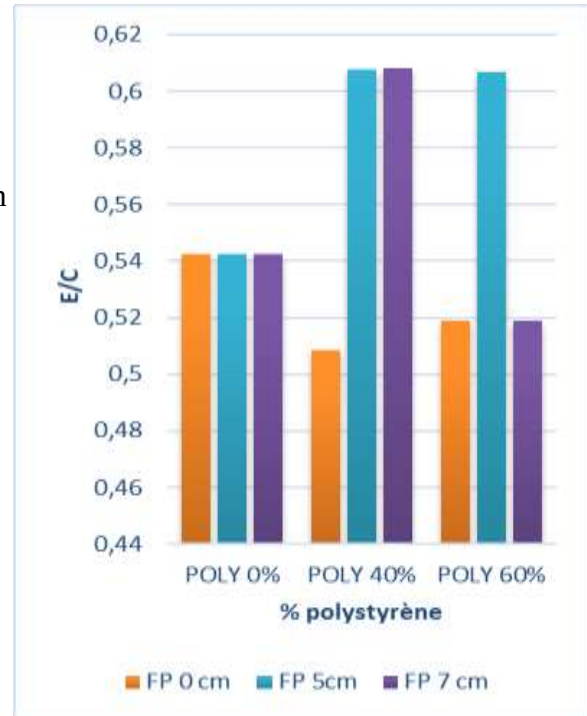


Figure III.11: la fluidité en fonction de polystyrène et les fibres de plastique

III.4.2.A l'état durci :

III.4.2.1.la masse volumique :

Selon la figure (III.12), montre que la masse volumique du mortier décroît avec l'augmentation du taux de polystyrène.

- lorsque que l'ajout un dosage du 40% de polystyrène combiné avec des fibre de plastique du (5cm et 7cm) on remarque un diminution du 14.85% de la masse volumique
- lorsque que l'ajout un dosage du 60% du polystyrènes combiné avec les fibres de plastique du (5cm et 7cm) on remarque une diminution du 5.08% de la masse volumique

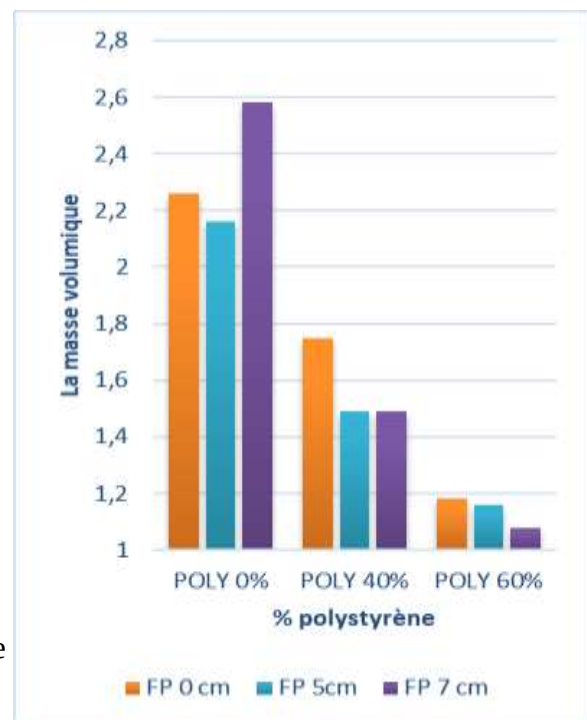


Figure III.12: la masse volumique en fonction

de polystyrène et les fibres de plastique

III.3.2.2 Résistances mécaniques:

1-La résistance en compression, traction par flexion :

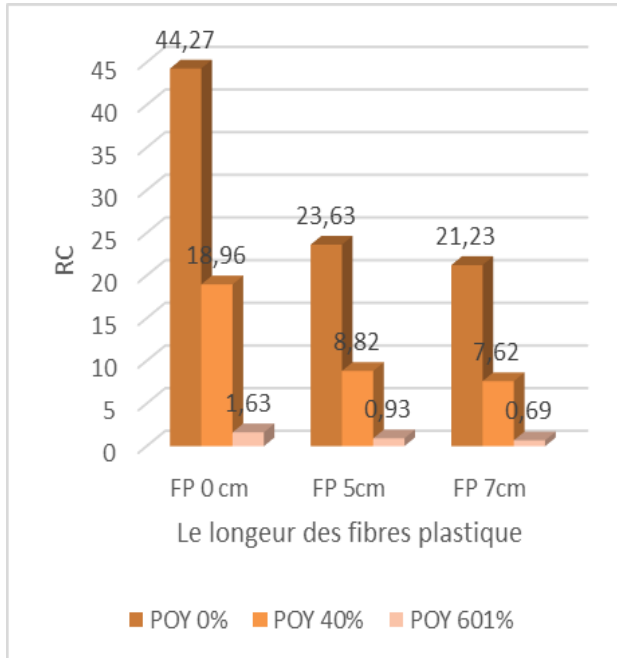


Figure III.13: La résistance à la compression.

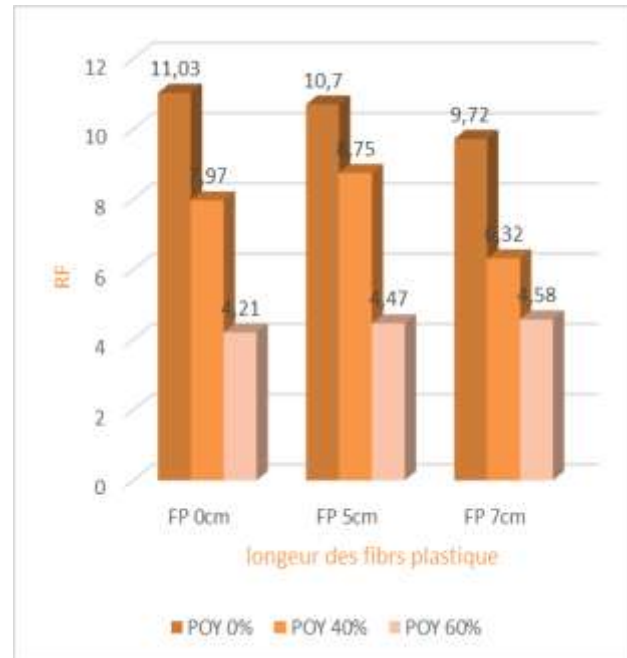


Figure III.14: La résistance à la flexion.

Selon les figures (III.13et14) on constate que, la résistance à la compression, traction par flexion du mortier on le même comportement, l'incorporation du polystyrène avec différent taux (0 ;40 et 60)% et les fibres de plastique de (0 ; 5 et 7) cm engendre une chute sur la résistance à la compression cette réduction atteint et dépasse même 62% et 18% à la flexion pour les fibres de 5 cm et 40% de polystyrène, et pour les fibres de 7 cm et 40 % de polystyrène on remarque une diminution de 64% à la compression et 34% à la flexion .

Et la même chose sur le 60% de polystyrène avec les fibres de 5 et 7 cm on remarque un chute jusqu'à 96% la résistance à la compression et 54% à la flexion .

III.4.2.3 Absorption d'eau:

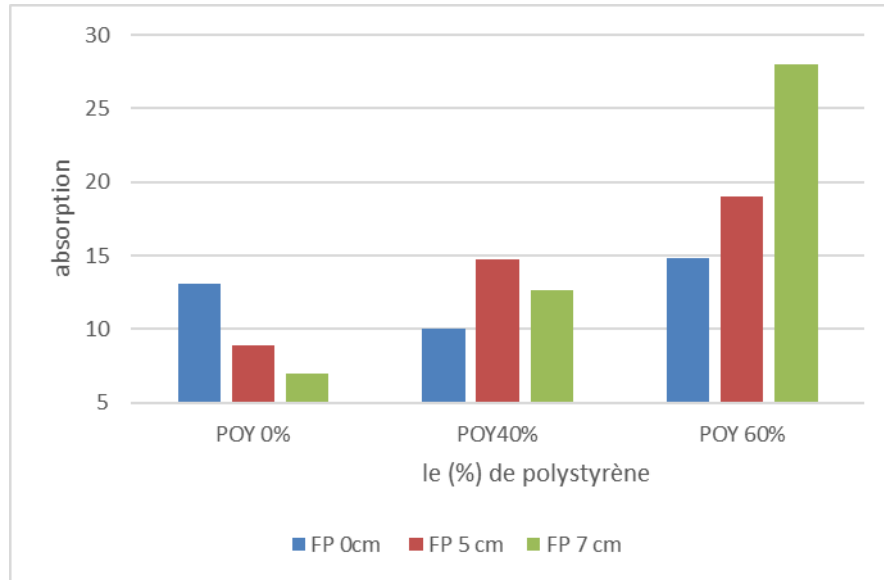


Figure III.10: L'absorption d'eau en fonction le (%) de polystyrène et du longueur des fibres de plastique

Selon la figure (III.10) on remarque que, l'ajout du polystyrène avec différents pourcentages (40 ;60%) et les fibres de plastique de (5 et 7cm) engendre une porosité notable dans la matrice cimentaire ce qui conduit à l'augmentation de l'absorption de (38) % avec ou sans adjuvant.

Conclusion :

L'analyse de ces résultats a montré clairement que l'utilisation des billes de polystyrène allège la matrice cimentaire mais fait sentir une réduction de la résistance mécanique (compression, traction par flexion) et une influence sur les caractéristiques du mortier à l'état frais , mais l'ajout du super plastifiant(à la compression) et les fibres de plastique (à la flexion) améliore nettement les propriétés à l'état frais et durci du mortier au polystyrène donc on préconise l'utilisation des adjuvants et les fibres dans la matrice cimentaire comportant les billes de polystyrène.



ملكي
Malaki



ALGÉRIE



La Haute performance pour vos ouvrages architecturaux

CPJ - CEM II/A 52.5 N

Malaki Ciment blanc pour bétons de haute-performance ; destiné à la construction des Ouvrages d'Art esthétiques et éléments décoratifs.

Malaki
CPJ - CEM II/A 52.5 N.

Malaki est certifié, conforme à la norme algérienne (NA 442) et européenne (EN CE 197-1)

AVANTAGES PRODUIT



- Le ciment le plus résistant de la gamme.
- Idéal pour les structures en béton apparent.
- Permet de réaliser des éléments en béton avec un niveau de finition inégalé.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES



- Construction des Ouvrages d'Art esthétiques et éléments décoratifs.



FORMULATION CONSEILLÉE



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

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES



• Analyses chimiques

	Norme
Perte au feu (%) (NA5042)	6.0±2
Teneur en sulfates (SO ₃) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.09

• Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Norme
C3S (%)	55±3
C3A (%)	9.0±1

• Propriétés physiques

	Norme
Consistance Normale (%)	28±3.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	4 300 - 5 200
Retrait à 28 days (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	≤ 3.0

• Temps de prise à 20° (NA 230)

	Norme
Début de prise (min)	160±40
Fin de prise (min)	250±40

• Résistance à la compression

	Norme
2 jours (MPa)	≥ 20.0
28 jours (MPa)	≥ 52.5

CONSIGNES DE SÉCURITÉ



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

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



LAFARGE ALGÉRIE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,
Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie

Tél: + 213 (0) 21 98 54 54

Fax: + 213 (0) 23 92 42 94

www.lafargealgerie.com



MEDAPLAST SP 40

Conforme à la norme EN 934-2 Tab 1, 3.1
et 3.2 NA 774

Super plastifiant - haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

Le MEDAPLAST SP 40 est un superplastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux
- Bétons extrudés
- Bétons BCR

PROPRIÉTÉS

Grâce à ses propriétés le MEDAPLAST SP 40 permet :

Sur béton frais :

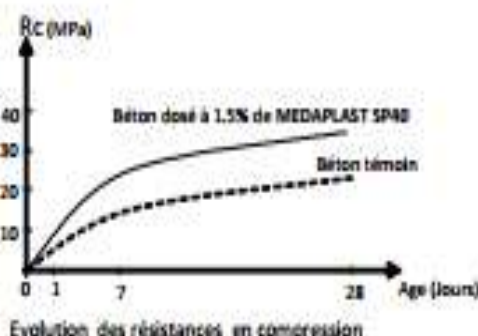
- Améliorer la fluidité
- Augmenter la maniabilité
- Réduire l'eau de gâchage
- Éviter la ségrégation
- Faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques même à jeune âge
- Diminuer la porosité
- Augmenter la durabilité
- Diminuer le retrait

CARACTÉRISTIQUES

- Aspect Liquide
- Couleur Marron
- pH 8,2
- Densité $1,20 \pm 0,01$
- Teneur en chlore $< 1\text{g/L}$
- Extrait sec 40%



MODE D'EMPLOI

Le MEDAPLAST SP 40 est introduit dans l'eau de gâchage.

Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait été introduite.

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,6% à 2,5% du poids de ciment soit 0,5L à 2L pour 100 kg de ciment

Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le MEDAPLAST SP 40 est conditionné en bidons de 12Kg, fûts de 270 kg et cubitinaire de 1200 kg.

Délai de conservation :

Une année emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur ($5^{\circ}\text{C} < t < 35^{\circ}\text{C}$).

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : www.granitex-dz.com

PV d'essais conforme aux normes, établi par le CNERIB en Janvier 2007.

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.



Zone Industrielle Oued Smar - BP85 Oued Smar - 16270 Alger

Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23

www.granitex-dz.com • E-mail: granitex@granitex-dz.com



FICHE MATÉRIAUX

MATIÈRES PLASTIQUES



Le PS

Fiche N° 1.10

synthèse



Opportunité de l'écocitoyen

PS • Polystyrène

- Le Polystyrène (PS) est une matière plastique très utilisée, essentiellement dans l'emballage, mais également dans des accessoires de la vie de tous les jours. Il existe différents types de PS, homopolymère (plus rigide) ou copolymère (plus résistant au choc) appelé HPS, ou encore sous la forme expansée, très légère.

les applications

les classiques :



Le pot de yaourt



Les couverts jetables



Le boîtier de CD transparent

les méconnus :



Éprouvette



Vases décoratifs



Bouteilles



Cadres en faux bois



Plaques expansées pour toiture



Emballages thermolamés



Gobelet thermolamé



Isolation pour mur

les développements récents

les verres jetables pour boissons chaudes «presque» incassables.

Liste de références

- [1]: **EMILE O.** "les matériaux de construction".
- [2]: **BOUALI Khaled** «Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires» mémoire de magister BOUALI Khaled Université du **BOUMERDES**. 2013/2014
- [3] **JF. LATASTE, M. BEHLOUL, D. BREYSSE**, " Caractérisation d'un béton fibré par méthode non destructive", Université Bordeaux 1 – CDGA (GHYMAC), Lafarge, 61 rue Belles feuilles, 75782 Paris Cedex, 25e rencontres de l'AUGC, 23-25 mai 2007.
- connaissance et pratique, chap. 11, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1982.
- [4]: www.infociments.fr > CT-B51.19-20. PDF.
- [5]: www.infociments.fr > CT-G11
- [6]: <https://www.dunod.com> >maçonnerie
- [7]: **SAOUD Hadjira** «L'influence de l'ajout de la poudre de verre et de la poudre de marbre sur le comportement physique et mécanique du ciment composé» mémoire master Université du **M'SILA**, 2015/2016.
- [8]: charef.canalblog.com > 2006/12/12
- [9] guadeloupe.domiciles.net > ciment gris, ciment blanc: mêmes performances !
- [10] <https://www.gralon.net> > articles/matériels-et-consommables/ matériel-industriels/le-polystyrène-caractéristiques-et-applications-1383.html
- [11] [recherche-technologie.wallonie.be /servlet/Repository /fiche-n°1-10.pdf?IDR=10340](http://recherche-technologie.wallonie.be/servlet/Repository/fiche-n°1-10.pdf?IDR=10340)
- [12]: **Nassima Sotehi** «Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation» thèse Nassima Sotehi Université du **CONSTANTINE** 2010
- [13]: **Edwige Nicolas** «Compatibilités et incompatibilités liants cimentaires/super plastifiants» thèse doctorat Edwige Nicolas Université du **LUXEMBOURG**
- [14]: **Blizak Ahmed Khalil** «Influence de sable mixte sur les micro béton au ciment blanc» mémoire master Blizak Ahmed Khalil Université du **M'SILA** 2015/2016.
- [15] <https://www.granitex.dz> > cariboost-files / MEDAPLAST _20SP _ 2040.pdf
- [16] : **GUETNI Hadj Tarek** «Etude de l'effet de l'incorporation de la pouzzolane naturelle sur le comportement des mortiers à haute température » mémoire de master GUETNI Hadj Tarek Université du **M'SILA**. 2014/2015
- [17] **Mme BENTALHA** née MALOU MALIKA, "Influence de l'introduction de Fibres Métalliques sur le Comportement Différé d'une Matrice Cimentaire", Doctorat d'état, Université MENTOURI-CONSTANTINE, 30 Octobre 2007, page 9-10.

[18] **Madame MAKHLOUF** ,"caractérisation en statique du comportement en traction directe du béton armé de fibres en copeaux, magister", dirigé par Yousef BOUAFIA, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 30 / novembre / 2010, p 11.

[19] **ABDESLAM BENYAHIA**, "L'influence des fibres métalliques sur le comportement mécanique du béton, Magister", dirigé par MEKKI BIBI, Université de M'sila, 09/10/2001, page 67.

[21] **A. GUIDOUM**, Matériaux de Construction POLYMERES ET COMPOSITES, article scientifique, 23 Septembre 2007.

[22] **THEMEROIL**<http://www.themeroil.com>.

[23] **CLAUDE DUVAL**," Polypropylènes (PP)", Techniques de l'Ingénieur, am3320.

[24] **D. L. BIRYUKOVICH**, "Glass-fiber reinforced cement" (Kiev, Budivelmik, 1964) Civil Eng. Res. Assoc., London Trans. No 12 (1965). 2. H. G. ALLEN.

[25] **GUILLAUME CAMPS** "Etude des interactions chimico-mécaniques pour la simulation du cycle de vie d'un élément de stockage en béton", Thèse de Doctorat, dirigé par Gilles ESCADEILLAS, Université de Toulouse, PAUL SABATIER, 10 Septembre 2008, p 23.

[26] **Christophe BALEY**, "Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites", REF AM5 130, Techniques de l'ingénieur, 2004.

[27] **<http://forum-btp.blogspot.com/2013/09/les-mortiers.html>**