

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES



Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département de Génie des Procédés

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme Master

Spécialité : Matériaux pour le Génie Civil

Filière : Génie Civil

THEME

***ELABORATION ET OPTIMISATION DE LA FORMULATION DES MORTIERS
COLLE GRIS A BASE DES MATIERES PREMIERES LOCALES***

Réalisé Par :

DAOUDI MOHAMED AMINE

MEZIANE HADJER

Suivi Par :

Pr. SAIDI.M

Mr. MESKINE.R

BOUMEDRES 2017/2018

Table des matières

Introduction générale.....	10
Chapitre I. Généralités sur les mortiers.....	12
I.1 Définition	13
I.2 Mortier.....	13
I.2.1 Types de mortiers	13
I.2.1.1 Mortier-ciment	13
I.2.1.2 Mortier réfractaire.....	13
I.2.1.3 Mortier de chaux	13
I.2.1.4 Mortier bâtard	14
I.2.1.5 Mortier-colle	14
I.3 Classification des mortiers selon leurs domaines d'utilisation	14
I.3.1 Propriétés des mortiers	14
I.3.2 Mortier adhésif.....	15
I.4 Types et classifications du mortier colle.....	15
I.4.1 Mortiers à base de ciment de classe C	15
I.4.2 Colles en dispersion de classe D.....	15
I.4.3 Colles résine de classe R.....	15
I.5 Domaines d'application	16
I.6 Composants du mortier colle.....	16
I.6.1 Ciment.....	16
I.6.1.1 Définition	16
I.6.1.2 Principaux constituants du ciment portland.....	16
I.6.1.4 Composant du Ciment.....	17
I.6.2 Sable & Fillers.....	18
I.6.3 Eau	18
I.6.4 Adjuvants.....	18
I.6.5 Ajouts (poudre redispersible + éther)	19
I.6.5.1 Cellulose	19
I.6.5.2 Les éthers de cellulose	19
I.6.5.3 Poudre redispersible.....	21
I.7 Définition de la méthode SMART	22

I.8	Définition de l’analyse SWOT	23
I.9	Conclusion	23
	Chapitre II. L'état de connaissance du mortier colle.....	24
II.1	Introduction	25
II.2	Mortiers.....	25
II.3	Additifs	25
II.4	Comportement physico-chimique des éthers cellulose dans les mortiers	26
II.5	Rétention d'eau.....	27
II.6	Hydratation.....	28
II.7	Résultats des travaux préliminaires existants	30
II.8	Conclusion.....	34
	Chapitre III. Méthodologie et formulations.....	36
III.1	Introduction	37
III.A	Confection des dalles en béton	38
III.A.1	Caractéristiques des matériaux utilisés	38
III.A.1.1	Granulats	38
III.A.1.2	Eau de gâchage	43
III.A.1.3	Le ciment.....	43
III.A.1.4	Formulation de plaque en béton	49
III.B	Formulation du mortier colle	50
III.B.1	Matériaux et méthodes de caractérisation.....	50
III.B.1.1	Ciment	50
III.B.1.2	Sable	53
III.B.1.3	Filler.....	59
III.B.1.4	Ether cellulose	62
III.B.1.5	Poudre redispersible	62
III.B.2	Essais et méthode de formulation du mortier colle.....	63
III.B.2.1	Elaboration du mortier.....	63
III.B.2.2	Essais de caractérisation du mortier colle.....	64
	Conclusion.....	70
	Chapitre IV. Résultats et discussions	71
IV.1	Temps ouvert : adhérence par traction	75
IV.2	Adhérence initiale par traction.....	76

IV.3 Adhérence par traction après immersion dans l'eau.....	77
IV.4 Adhérence par traction après action de la chaleur.....	78
Conclusion générale	79
Bibliographie.....	81
Annexes	85

Dédicaces

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je dédie mon travail à mes très chers, respectueux et magnifiques **parents** qui m'ont soutenu, encouragé, me remontant le moral tout au long de mon parcours et de ma vie.*

*A mon cher grand père **DAOUDI HOCINE** (DJADIS) pour ses prières sa présence et son soutien.*

A ma regretté grand -mère Louisa

*A ma grande mère **Aicha** pour sa gentillesse.*

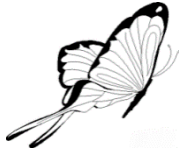
*Ainsi qu'à ma sœur **Manel** et mon beau-frère **Sofiane** pour leurs présences de loin et de prés.*

*Et en particulier à mon binôme **Hadjer**.*

*A mes chers amis qui ont veillé avec moi, pour la réussite de ce projet **DAOUDI Reda**, **BELHARRAT Mehdi** et **Sadek**, **SI CHAIB Yacine**, **BOUAZIZ Chaabane** et **BOUABID Hichem**.*

A Toute ma famille et mes ami (e)s qui m'ont accompagnée durant mon chemin d'étude.

Amine



Dédicaces



D'un sentiment plein d'un d'amour, de sincérité et fidélité, je dédie ce travail :

A mes chers parents :

*Mon cher père **Kamel**, ma chère mère **Rabiah**, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour votre patience illimitée, votre encouragement continu, pour tous vos sacrifices, votre amour, votre tendresse, votre soutien et vos prières tout au long de mes études. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A ma très chère sœur que j'adore **Sara** pour son soutien moral et ses conseils précieux, sans oublier son mari **Aziz**,*

*A Mes chers Frères **Mohamed**, **Khaled** et **Abd EL Malek**, pour leur appui et leur encouragement,*

A mon cher grand père pour son amour et ces prières que dieu le garde pour nous

*A mon binôme **Amine** pour son entente et sa sympathie*

*A mon oncle **Youcef***

*A Ma belles sœurs **Asma***

A Mes nièces et neveux

*A mes amies **Nabila**, **Naziha**, **Rania**, **Asma**, **Houda**, **Linda**, **Selsabil***

Ma seconde famille, merci d'exister, mon monde sans vous sera sans goût.

*A mes cousins et mes chères cousines **Meroua**, **Mounia** et **Abir***

Qui m'accompagnent depuis le bas âge, merci pour tous les bons moments que dieu nous assiste jusqu'à l'éternité

A mes oncles et tantes

Merci d'être toujours a mes côtés, par votre présence, votre amour, pour donner du goût et du sens à notre vie de famille. Que ce travail vous témoigne de mon affection.

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Meziane Hadjer



Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah, notre créateur le plus puissant, de nous avoir donné la force, la volonté, le courage et de nous avoir guidé vers le chemin du savoir afin d'accomplir ce modeste travail.

Nos profonds remerciements vont sincèrement à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et particulièrement à :

Notre promoteur Mr. SAIDI pour ses conseils, ses orientations et pour avoir bien voulu diriger ce travail.

A Mr DAOUDI président directeur général du CETIM pour nous avoir facilité la réalisation de ce travail.

A nos encadrants Mr MESKINE

Mr BELLAL

A Mr. BENMOUNAH, A MR. SAFI et A MR. BELAIDI pour leurs contributions et partages de savoir scientifiques.

A Tous les enseignant(e)s du département "Génie des Matériaux" et le chef département génie des procédés Mr AKSAS

Toute l'équipe du Centre d'Etudes et de services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de construction (CETIM) pour leurs aides et leurs encouragements en particulier

MR GHEZRAOUI Hicham pour son accompagnement tout au long de cette étude.

*A la société MOLINA qui nous ont fourni les matériaux utilisés pour cette étude
Tout le personnel de L'unité de recherche des matériaux et développement durable pour leur aide*

A Nos ami(e)s et à nos camarades de groupe (MMGC 16) pour leurs soutiens moraux,

Particulièrement WIDED et HALOUMA

Nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidées, conseillées, orientées et encouragées.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 : Structure de la cellulose.....	21.
Figure I. 2 : Classification des éthers cellulose.....	21.
Figure I. 3 : Structure de MC.....	22.
Figure I. 4 : Structure de HEC.....	22.
Figure I. 5 : Structure de MHEC.....	22.
Figure I. 6 : Structure de MHPC.....	23.
Figure I. 7 : Structure de la NEOLITH P 4400.....	24.

Chapitre III

Figure III. 1 : Courbe granulométrie des granulats du mélange pour les dalles en béton.....	43.
Figure III. 2 : Poste échantillon analysé automatiquement par la fluorescence X.....	46.
Figure III. 3 : Schéma représentant le principe de la DRX.....	48.
Figure III. 4 : La diffraction des rayons X.....	49.
Figure III. 5 : La diffraction des rayons X du gravier 3/8 d'Oued Souf.....	49.
Figure III. 6 : La diffraction des rayons X du sable 0/3 de Chlef.....	50.
Figure III. 7 : Résultats de la diffraction des rayons X du ciment de Ain Touta.....	50.
Figure III. 8 : Plaques en bétons.....	51.
Figure III. 9 : Schéma du principe de la granulométrie laser.....	54.
Figure III. 10 : Courbe des résultats de la granulométrie laser du ciment MEFTAH.....	54.
Figure III. 11 : La diffraction des rayons X du ciment MEFTAH.....	55.
Figure III. 12 : Courbe des résultats de la granulométrie laser du sable Boussaâda.....	56.
Figure III. 13 : Mesure des particules fines du sable de Boussaâda.....	57.
Figure III. 14 : Essai de bleu de méthylène.....	58.
Figure III. 15 : La diffraction des rayons X du sable de Boussaâda.....	61.
Figure III. 16 : Un jet d'air.....	62.
Figure III. 17 : Courbe de la granulométrie laser des fillers centre.....	63.
Figure III. 18 : la diffraction des rayons X des fillers centre.....	64.
Figure III. 19 : Courbe granulométrique du mélange de mortier colle.....	65.
Figure III. 20 : Détermination de l'étalement du mortier frais.....	66.
Figure III. 21 : Détermination de la masse volumique apparente.....	67.
Figure III. 22 : Détermination de la teneur en air.....	68.
Figure III. 23 : Préparation des maquettes d'essai.....	68.
Figure III. 24 : Appareil d'arrachement par traction.....	68.
Figure III. 25 : Les maquettes d'essai après l'arrachement.....	69.

Figure III. 26 : Pièce de carreau de l'arrachement initial.....	69.
Figure III. 27 : Essai de glissement.....	70.
Figure III. 28 : Immersion des maquettes d'essai dans l'eau.....	70.
Figure III. 29 : Maquette d'essai dans l'étuve pour l'action de la chaleur.....	71.

Chapitre IV

Figure IV. 1 : Histogramme représentant les résultats d'arrachement à T 5 et T 20 pour les neuf formulations.....	77.
Figure IV. 2 : Histogramme représentant l'arrachement initial des neuf formulations.....	78.
Figure IV.3 : Histogramme représentant les résultats d'arrachement après immersion dans l'eau des neuf formulations.....	79.
Figure IV. 4 : Diagramme combiné des résultats de l'arrachement après action de la chaleur.....	80.

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1 : Caractéristiques de base déterminant les performances d'adhérence pour la classification.....	17.
Tableau I. 2 : Composition minéralogique du clinker.....	19.
Tableau I. 3 : Exigences mécaniques à la compression d'un ciment courant	19.
Tableau I. 4 : Structures des différents types d'éthers cellulose.....	22.

Chapitre II

Tableau II. 1 : Résultats des essais effectués sur les trois types de mortier.	32.
Tableau II. 2 : Résultats fournis par un laboratoire utilisant un type d'adjuvant spécial.....	33.
Tableau II. 3 : Résultats physico-chimiques de plusieurs formulations d'un mortier le Ciment de Meftah+ Sable Boussaâda + Filler Centre réalisés par le CETIM.....	34.
Tableau II. 4 : Résultats physico-chimiques de plusieurs formulations d'un mortier colle avec plusieurs types de produits locaux réalisés par le CETIM.....	35.

Chapitre III

Tableau III. 1 : Granulométrie du sable 0/4 de Chlef	41.
Tableau III. 2 : Granulométrie du gravier 3/7 d'Oued Souf	42.
Tableau III. 3 : Caractéristiques physiques des granulats.....	43.
Tableau III. 4 : Module de finesse du sable de Chlef.....	44.
Tableau III. 5 : Equivalent de sable (Chlef).....	44.
Tableau III. 6 : Valeur du bleu de méthylène du sable de Chlef.....	45.
Tableau III. 7 : Composition minéralogique du ciment Ain Touta.....	45.
Tableau III. 8 : Composition chimique du ciment Ain Touta	46.
Tableau III. 9 : Masse volumique du ciment Ain Touta	46.
Tableau III. 10 : Essai physique du ciment Ain Touta	47.
Tableau III. 11 : Essais mécaniques (flexion/compression) du ciment Ain Touta.....	47.
Tableau III. 12 : Composition minéralogique du ciment MEFTAH.....	53.
Tableau III. 13 : Composition chimique du ciment MEFTAH.....	53.
Tableau III. 14 : Caractéristiques physiques du ciment MEFTAH.....	54.
Tableau III. 15 : Caractéristiques mécaniques du ciment MEFTAH.....	54.
Tableau III. 16 : Granulométrie du sable de Boussaâda.....	57.
Tableau III. 17 : Essai physique bleu de méthylène (sable de Boussaâda).....	59.
Tableau III. 18 : Equivalent de sable (Boussaâda).....	60.
Tableau III. 19 : Bleu de méthylène du sable de Boussaâda.....	60.
Tableau III. 20 : Essai physique de sable de Boussaâda	61.
Tableau III. 21 : Composition Chimique du sable de Boussaâda.....	62.
Tableau III. 22 : Analyse chimique des fillers du centre.....	63.

Tableau III. 23 : Granulométrie des fillers centre.....	64.
Tableau III. 24 : Caractéristiques physiques des fillers centre.....	64.
Chapitre IV	
Tableau IV. 1 : Résultats des dix formulations de mortier colle à l'état frais.....	76.
Tableau IV. 2 : Résultats de l'arrachement du temps ouvert des 9 formulations.....	77.
Tableau IV. 3 : Résultats de l'arrachement initial des 9 formulations.....	78.
Tableau IV. 4 : Résultats de l'arrachement après immersion des neuf formulations.....	79.
Tableau IV. 5 : Résultats de l'arrachement après action de chaleur des neuf formulations.....	80.

Liste d'abréviation

CETIM : centre d'études et de service technologique de l'industrie des matériaux de construction.

ALGERAC : organisme Algérien d'accréditation.

MC : Méthyle cellulose.

EC : Ethylcellulose.

MHEC : Méthyle hydroxy éthyle cellulose.

MHPC : Méthyle hydroxy propyl cellulose.

CMHEC : carboxy méthyle hydroxy éthyle cellulose.

CMMC : Carboxy méthyle cellulose.

HEC : Hydroxy éthyle cellulose.

HPC : Hydroxy propyle cellulose.

CMC : carboxy méthyle cellulose.

PR : poudre redispersable.

ITZ : interfaciale transition zone.

PVA : poudre alcool polyvinylique.

Introduction générale

Depuis des siècles, les mortiers sont présents partout autour de nous. Leurs traces remontent à la civilisation romaine. Ils assurent la planéité des surfaces verticales et offrent un large choix de couleurs. Du côté des sols, les mortiers pour chappe, permettent de mettre à niveau les planchers, de réaliser leur isolation acoustique ou thermique et d'intégrer les canalisations. Les mortiers adhésifs sont utilisés pour la pose des carrelages, des faïences, de pierres naturelles et des mosaïques.

Les mortiers colle sont couramment utilisés dans la maçonnerie, et principalement composés de liants hydrauliques, de sable, de fillers, d'eau, de nombreux adjuvants organiques et minéraux, sont incorporés afin d'améliorer les propriétés des mortiers et sont généralement modifiés par des éthers de cellulose (CE) et poudre de polymère redispersible (RP). Leurs mises en œuvre et leurs formulations doivent obéir à des classifications et répondre à des exigences particulièrement sévères, selon les normes NF EN 12004-1 :2017 et NF EN 12004-2:2017 et autres.

A ce jour, l'Algérie continue d'importer du ciment colle, ce qui influe négativement sur l'économie de notre pays et augmente les dépenses en devises. Pour cela, les autorités accordent un grand intérêt au développement de la production locale de ces types de produits. Cependant, est-il possible d'élaborer et d'établir des formulations d'un mortier colle à base de matériaux locaux ?

Afin de répondre à cette question, nous avons utilisé deux méthodes : l'emploi de la méthode d'analyse SWOT nous a déterminé les forces, faiblesses, opportunités et menaces afin d'estimer la faisabilité d'une formulation d'un mortier colle. Par ailleurs, l'utilisation de la méthode SMART nous a permis d'optimiser l'élaboration et la caractérisation d'un mortier colle pour carrelage en utilisant des matériaux locaux.

Le but de cette étude vise à élaborer un mortier colle pour carrelage à base de matières premières locales. Pour présenter l'ensemble du travail réalisé dans cette étude, ce mémoire est divisé en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre, nous avons étudié les matériaux utilisés pour l'élaboration des ciments colle et leurs additifs. Les généralités sur les mortiers, leurs définitions, leurs

Introduction Générale

propriétés et leurs classifications selon leurs domaines d'utilisations. Une présentation de l'analyse SOWT et la méthode SMART figure à la fin de ce chapitre.

Le deuxième chapitre fait le point sur l'état de connaissance du développement des travaux de recherche concernant les mortiers colle, notamment l'impact et l'effet des additifs utilisés pour améliorer les comportements physico-mécaniques des mortiers colle.

Le troisième chapitre est consacré à la méthodologie des essais sur mortiers colle pour carrelage selon la norme NF EN 12004-2, ce qui nous a mené à subdiviser ce chapitre en deux parties : la première sert à la confection des plaques en béton selon la norme NF EN 1323 :2008-06, avec la détermination des caractéristiques, la composition chimique et la composition minéralogique des matériaux utilisés pour cette confection. La deuxième partie décrit les paramètres, la composition, et les caractéristiques physico-mécaniques des matériaux utilisés pour la formulation du mortier colle.

Le chapitre quatre présente les résultats des essais d'adhérence, les formulations des mortiers colle à l'état frais et durci, leur classification selon la norme NF EN 12004-1 et propose quelques suggestions pour le développement du mortier colle.

Enfin, une conclusion générale résume les principaux résultats obtenus de cette étude et note les intérêts techniques et économiques qui en découlent. Elle sera suivie par des recommandations et perspectives qui doivent être développées par d'autres recherches.

Chapitre I. Généralités sur les mortiers

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 et combler les interstices entre les blocs de construction. En général, le mortier se compose de ciment ou de chaux, de sable, d'eau et d'adjuvant. Toutes ces opérations se font à l'aide d'un liant toujours mélangé à du sable, de l'eau et éventuellement un adjuvant pour obtenir un « mortier » qui se distingue du béton par l'absence de gravillons.

I.1 Définition

Le mortier est un nom attribué à un mélange entre une pâte liante (ciment), des granulats avec une fraction définie, des ajouts et de l'eau qui en résulte une colle utilisée dans plusieurs domaines de maçonnerie comme élément de liaison ou dans les bâtiments [7].

I.2 Mortier

Le mortier est un matériau composite hétérogène. A l'échelle macroscopique, il a une structure composée de pâte de ciment, de sable de différentes tailles, de forme, de pores, de micro fissures d'une zone de transition interfaciale localisée autour des grains de sable. Le comportement mécanique en traction des mortiers dépend de sa microstructure, de la qualité, de l'interface matrice granulats [1].

I.2.1 Types de mortiers

Les mortiers existent sur plusieurs types de classe chaque type a sa spécificité et son domaine d'application et d'usage, les mortiers les plus fréquemment utilisés par les maçons sur les chantiers ou autre structure sont cités ci-dessous.

I.2.1.1 Mortier-ciment

Le mortier de ciment est très résistant, prend et durcit rapidement. 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 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables [7].

I.2.1.2 Mortier réfractaire

Le mortier réfractaire est un mortier résistant aux hautes températures. Selon les préparations, il peut généralement résister à des températures de 900° ou moins. En toute logique, il est uniquement utilisé pour les constructions qui sont exposées à ce type de températures. Ce matériau protège ainsi les joints et la structure des constructions exposées aux flammes et à la chaleur [7].

I.2.1.3 Mortier de chaux

Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment (gras et onctueux). La durée du durcissement des mortiers de chaux est plus lente que pour les mortiers de ciments [7].

I.2.1.4 Mortier bâtard

Le mortier bâtard est constitué par des mélanges de ciment et de chaux avec du sable, dans des proportions variables. Les chaux apportent leur plasticité, les ciments apportent la résistance mécanique et un durcissement plus rapide [7].

I.2.1.5 Mortier-colle

Citons enfin l'existence du mortier-colle. Il s'agit, comme son nom l'indique, d'un mortier adhésif qui permet de coller un revêtement contre un mur ou un sol et a plusieurs classes spécifiques par rapport à la demande. Ce matériau est utilisé pour coller des plaquettes de parement, des carrelages muraux ou au sol ou encore des dalles. Selon le mortier-colle choisi, l'utilisation peut se faire en intérieur et/ou en extérieur [1].

I.3 Classification des mortiers selon leurs domaines d'utilisation

En général, les variétés de mortier sont liées directement par leur domaine d'application qui est très vaste. Une typologie des mortiers à partir de son utilisation 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
- Mortier autoplaçant
- Mortier fibré [6].

I.3.1 Propriétés des mortiers

Les mortiers sont des matériaux complexes qui font intervenir une vingtaine de composants, dosés en fonction de l'application finale et des performances souhaitées. Ainsi, les mortiers doivent répondre à un certain nombre d'exigences pour les essais de la maniabilité, le temps de prise et la rétention d'eau qui sont des propriétés caractéristiques du matériau à l'état frais [6].

La maniabilité, ou l'ouvrabilité, est la propriété des mortiers frais qui déterminent la facilité avec laquelle ils peuvent être mélangés, transportés, compactés et placés [10]. La maniabilité dépend des proportions du mélange (rapport E/C), des proportions physico-chimiques du ciment, de la présence d'adjuvant, du temps d'hydratation ainsi que la quantité et du mode d'introduction des adjuvants [11]. Il n'existe aucune mesure précise de cette propriété, mais des tests empiriques permettent de l'évaluer et sont couramment employés dans l'industrie. Le plus utilisé est celui du cône d'Abrams qui évalue la capacité du mortier à s'écouler sous son propre poids. Des études ont démontré une bonne corrélation entre cette mesure et propriétés rhéologique du matériau frais [12].

La régulation du temps de prise est également un paramètre crucial puisqu'il permet à l'opérateur de disposer de plus ou moins de temps pour effectuer ses finitions. Il est fortement lié aux cinétiques des réactions d'hydratation du ciment [6].

I.3.2 Mortier adhésif

Un mortier adhésif se distingue des autres mortiers par sa composition : du ciment, du sable très fin et des adjuvants de fixation. Le mortier colle sert principalement à fixer des revêtements comme le carrelage ou la faïence, certains sols vinyle. Il existe une large gamme de mortiers colles : à prise lente ou rapide, résistant au gel pour la pose en extérieur, spécial chauffage au sol, spécifique pour les murs. Les mortiers en couche mince pour la pose des carreaux et des plaques céramiques doivent répondre à des exigences bien définies telles que mentionnées dans les normes européennes NF EN 12004-1 [1].

I.4 Types et classifications du mortier colle

I.4.1 Mortiers à base de ciment de classe C

Les caractéristiques de base déterminant la performance d'adhérence des produits selon la norme NF EN 12004-1, C1 et C2 sont les caractéristiques de base déterminant la performance d'adhérence des produits (NF EN 12004-1). Les exigences minimales pour tous les mortiers de pose à base de ciment sont définies dans la classe C1 avec au moins 0.5N/mm^2 . La classe C2 exige pour les mortiers en couche mince une force d'adhérence des produits d'au moins 1N/mm^2 et décrit ainsi une norme d'adhérence clairement plus performante. Les caractéristiques de base déterminant les performances d'adhérence et permettant la classification de C1 et C2 sont définies suivant quatre types de stockage différents dans le tableau ci-dessous [1].

Tableau I. 1: Caractéristiques de base déterminant les performances d'adhérence pour classification de C1 et C2 [3].

Type d'essai	Classe 1	Classe 2
Force d'adhérence après stockage sec	$\geq 0.5\text{ N/mm}^2$	$\geq 1\text{ N/mm}^2$
Force d'adhérence après stockage humide	$\geq 0.5\text{ N/mm}^2$	$\geq 1\text{ N/mm}^2$
Force d'adhérence après stockage chaud	$\geq 0.5\text{ N/mm}^2$	$\geq 1\text{ N/mm}^2$
Force d'adhérence après stockage gel/dégel	$\geq 0.5\text{ N/mm}^2$	$\geq 1\text{ N/mm}^2$

I.4.2 Colles en dispersion de classe D

D1 et D2 définissent les valeurs au cisaillement NF EN 12004-1 l'exigence minimale pour toutes les colles en dispersion est définie dans la classe [1].

I.4.3 Colles résine de classe R

Avec R1 et R2, les valeurs de résistance au cisaillement sont définies comme pour les colles dispersion (NF EN 12004-1). L'exigence minimale pour les colles résine à réaction est définie dans la classe R1 avec une résistance au cisaillement d'au moins 2N/mm^2 après stockage

humide et sec .La classe R2 exige en plus une résistance au cisaillement d'au moins $2\text{N}/\text{mm}^2$ lors de changement de température [1].

I.5 Domaines d'application

Il en existe pratiquement pour tous les cas de figure.

Le mortier colle regroupe la famille des mortiers adhésifs destinés à coller un revêtement comme : [1]

- le carrelage.
- le dallage.
- certains blocs de maçonnerie.

Si le mortier colle est parfaitement adapté pour le collage des céramiques, il est tout de même possible de les coller à l'aide de mortier-ciment ou de mortier chaux sous certaines conditions.

Utilisation du mortier colle

Avec le mortier colle, on peut coller un revêtement sur :

- les murs intérieurs et extérieurs,
- les sols intérieurs et extérieurs.

S'il est possible d'utiliser un produit « extérieur » en intérieur, l'inverse n'est pas possible excepté pour les mortiers colle qui sont à la fois intérieur et extérieur. Pour le mortier colle sol, on peut l'utiliser au mur, mais pas l'inverse, excepté pour ceux étant sol et mur [1].

I.6 Composants du mortier colle

I.6.1 Ciment

I.6.1.1 I.6.1.2 Définition

Le ciment est un liant hydraulique qui se présente sous forme de poudre minérale fine, son hydratation avec l'eau forme une pâte faisant prise et dont le durcissement est progressif. Grâce à ses caractéristiques, ce composant permet la transformation d'un mélange sans cohésion en un corps solide. [3]

I.6.1.2 Principaux constituants du ciment portland

Le silicate bicalcique (C_2S)..... 2CaOSiO_2

Le silicate tricalcique (C_3S)..... 3CaOSiO_2

L'aluminate tricalcique (C_3A)..... $3\text{CaOAl}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$

Le ferroaluminate tetracalcique (C_4AF)..... $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$

Les ciments courants sont classés en fonction de leurs résistances mécaniques à la compression

Chapitre I. Généralités sur les mortiers

exprimées en MPa à 28 jours et exigences physiques et chimiques [3].

I.6.1.4 Composant du Ciment

Tableau I. 2 : Composition minéralogique du clinker.

Nom cimentier	Notation symbolique	Formule	Min.	Max.
Alite (silicate tricalcique)	C3S	Ca_3SiO_2	45.0 %	79.7 %
Bélite (silicate bi calcique)	C2S	Ca_2SiO_2	5.7 %	29.8 %
Aluminate tricalcique	C3A	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_3$	0.0 %	14.9 %
Aluminoferrite tetracalcique	C4AF	$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$	2.0 %	16.5 %
Chaux libre	CaO	CaO	0.6 %	2.8 %

La norme NA 442:2013 spécifie une limite inférieure et une limite supérieure dont les valeurs sont les suivantes:

Tableau I. 3 : Exigences mécaniques aux résistances de compression d'un ciment courant.

Classes des ciments	Résistance à 2 jours (MPa)	Résistance minimale à 28 jours (MPa)	Résistance maximale à 28 jours (MPa)
32.5N	/	≥ 32.5	≤ 52.5
32.5R	≥ 10.0	≥ 32.5	≤ 52.5
42.5N	≥ 10.0	≥ 42.5	≤ 62.5
42.5R	≥ 20	≥ 42.5	≤ 62.5
52.5N	≥ 20	≥ 52.5	/
52.5R	≥ 30	≥ 52.5	/

I.6.2 Sable & Fillers

Les granulats d'origine calcaire ou siliceuse sont les constituants majoritaires du mortier et doivent répondre aux normes NF EN 12620 [2008] et NF EN 13139 [2003]. Ils constituent le « squelette du mortier » en lui donnant son corps, son aspect. C'est souvent l'épaisseur d'application qui détermine le choix de la taille du sable le plus grossier. Les granulats influent sur les résistances mécaniques, le retrait ou l'étalement en fonction de leurs propriétés intrinsèques (forme, résistance, porosité, chimie, géométrie, présence d'impuretés etc.) et de la distribution granulométrique globale. Le choix des granulats est néanmoins dicté par la proximité du site de fabrication. On peut noter que la microstructure de la pâte est fortement affectée par la présence des granulats car l'interface granulats-pâte de ciment est critique pour les propriétés finales du matériau. On parle « d'auréole de transition » ou ITZ (pour Inter-facial Transition Zone). Il apparaît que la porosité de l'ITZ est 2 à 3 fois plus grande que dans la pâte et que le diamètre des pores y est aussi plus grand. Le filler calcaire est obtenu par concassage et broyage de la pierre calcaire. Sa granulométrie étant inférieure à 80 µm, le filler permet la constitution d'un squelette granulaire optimal. Ainsi, la maniabilité du mortier est améliorée. Surtout, « l'effet filler » correspond à un effet physique qui permet une meilleure compacité du mortier par un remplissage des vides. Si ces éléments fins se placent à l'interface granulats-pâte de ciment, ils permettent de diminuer l'effet de l'ITZ et donc d'augmenter les propriétés du matériau (résistances mécaniques, perméabilité etc.) [4].

I.6.3 Eau

Toute eau du réseau public d'eau potable convient à la fabrication de mortier. Les eaux recyclées de gâchage et de lavage ne conviennent que sous certaines conditions restrictives. En raison d'éventuels effets indésirables sur les propriétés du mortier. Etant donné que le dosage en eau influence de manière considérable sur la viscosité et la capacité de l'utilisation du mortier, il est indispensable de s'écarter le moins possible de la valeur planifiée. Il est ainsi très important de mesurer et de prendre en compte l'humidité des granulats et tout spécialement du sable. Le cas échéant, on tiendra également compte de la teneur en eau des adjuvants [2].

I.6.4 Adjuvants

Un adjuvant est un produit chimique dont l'incorporation à faible dose (inférieure à 5 % de la masse de ciment) aux bétons, mortiers ou coulis lors du malaxage ou avant la mise en œuvre, provoque les modifications recherchées de telle ou telle de leurs propriétés, à l'état frais ou durci sont donc exclus du domaine des adjuvants, les produits ajoutés au moment du broyage du clinker ou les produits dont le dosage dépasserait 5 % du ciment [8].

La norme NF EN 934-2 classe les adjuvants pour bétons, mortiers et coulis, suivant leur fonction principale, dans trois grandes catégories : [8]. Les adjuvants modifiant la prise et le durcissement [8]. Les adjuvants modifiant certaines propriétés du béton [8]. Les adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton [8].

I.6.5 Ajouts (poudre redispersible + éther)

I.6.5.1 Cellulose

Etant le principal constituant des parois cellulaires des plantes, la cellulose est la principale composante du bois et des végétaux en général ainsi la cellulose représente 50% de la biomasse, ce qui en fait la matière organique la plus abondante sur la terre [1].

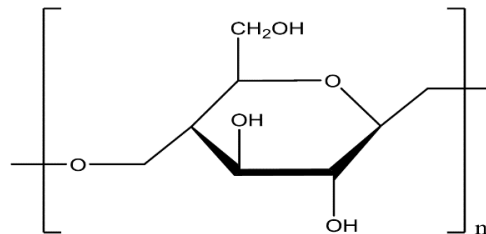


Figure I. 1 : modèle de structure de la Cellulose [1].

I.6.5.2 Les éthers de cellulose

Les éthers de cellulose sont largement employés dans divers domaines industriels tels que l'industrie alimentaire, l'industrie pharmaceutique, l'industrie des cosmétiques ou l'industrie de la construction. Introduits en faible quantité, ils modifient considérablement les propriétés des matériaux. Ils sont utilisés en tant qu'agents de viscosité, d'épaississants, de gélifiants, de stabilisants ou d'émulsifiants selon le domaine d'application [5].

Les éthers de cellulose non ioniques sont encore subdivisés en fonction de leurs solubilités (Figure I.2)

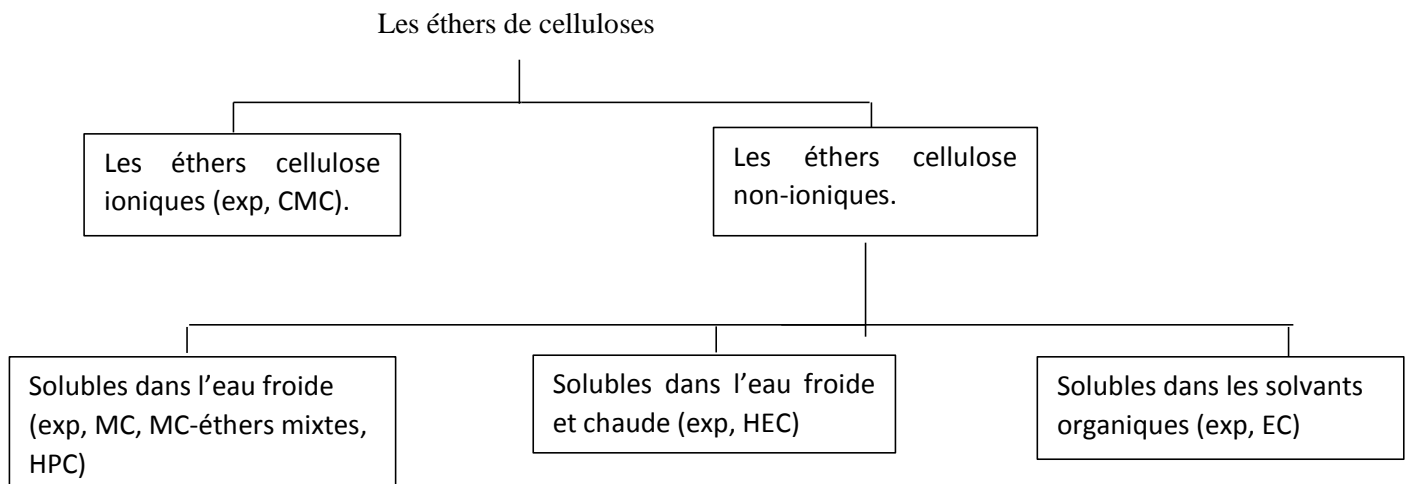


Figure I. 2 : Classification des éthers de cellulose [9].

A. Nomenclature

Les noms chimiques et les acronymes de divers éthers de cellulose sont présentés ci-dessous. TERME CHIMIQUE [9].

Noms chimiques	Abréviation [9].
Méthyle cellulose	MC
Ethyle cellulose	EC
Méthyle hydroxy éthyle cellulose	MHEC
Méthyle hydroxy propyl cellulose	MHPC
Carboxy méthyle méthyle cellulose	CMMC
Hydroxy éthyle cellulose	HEC
Hydroxy propyl cellulose	HPC
Sodium carboxy méthyle cellulose	CMC
Sodium carboxy methyl hydroxy ethyl cellulose	CMHEC

Tableau I. 4 : Structures des différents types d'éthers cellulose.

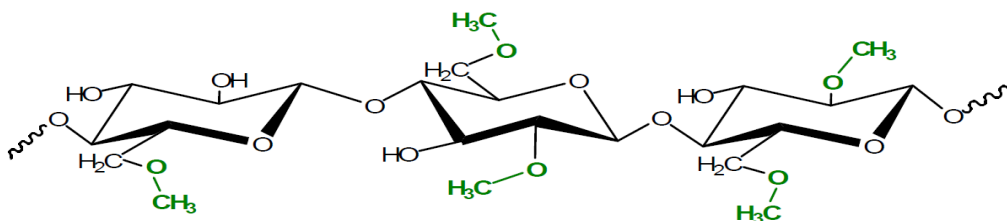


Figure I. 3 : Structure de la MC [6].

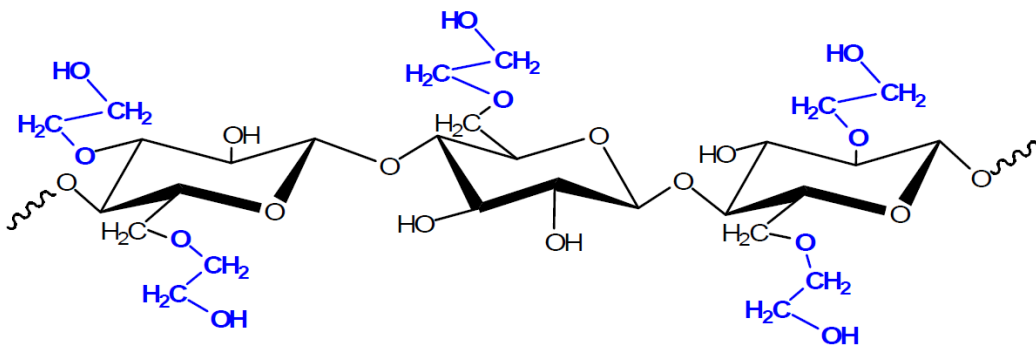


Figure I. 4 : Structure de la HEC [6].

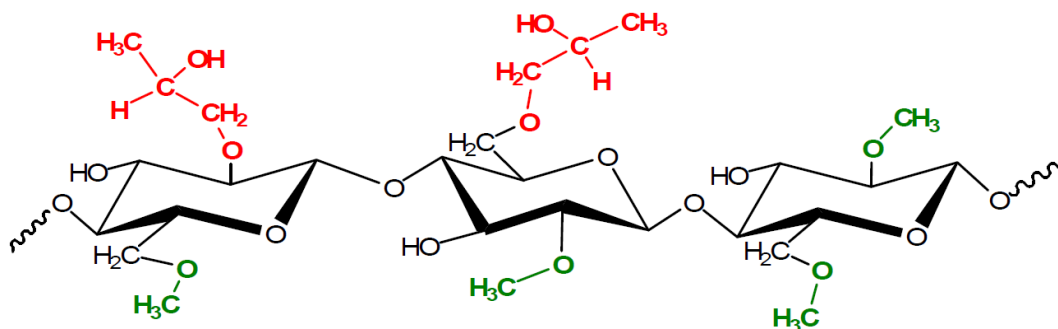


Figure I. 5 : Structure de la MHEC [6].

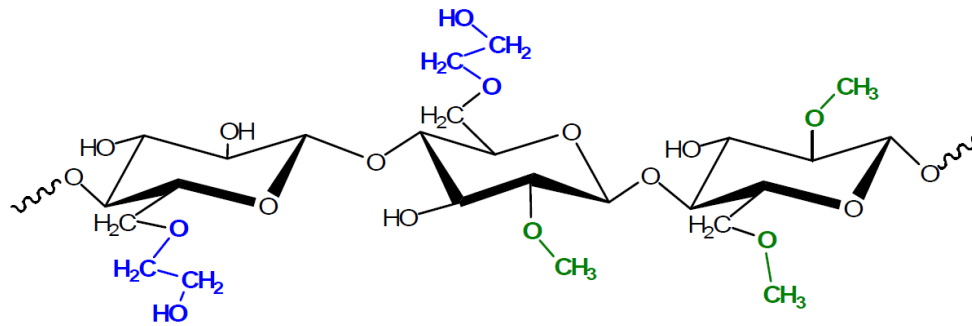


Figure I. 6 : Structure de la MHPC [6].

B. Synthèse des éthers cellulose

Le groupement hydroxyle de la cellulose peut réagir partiellement ou totalement avec différents réactifs pour donner divers dérivés cellulosiques et notamment des éthers de cellulose [1]. Cependant en raison de fortes interactions intra et intermoléculaires de type liaisons hydrogène, la cellulose présente une structure fibrillaire ce qui la rend insoluble dans l'eau, la synthèse des éthers de cellulose est donc un processus complexe.

Pour rendre la cellulose accessible à une réaction chimique, il est donc nécessaire de passer par un intermédiaire réactionnel. La cellulose doit d'abord être broyée finement puis réagir avec une solution d'hydroxyde de sodium afin de former « l'alcali-cellulose ». Ensuite, l'alcali-cellulose réagit avec le réactif approprié pour obtenir l'éther cellulose désiré [1].

Pourchez et all, ont étudié l'effet de quelques éthers de cellulose (MHPC, MHEC et HEC) dans des mortiers à base de ciment [14, 15,16]. Leurs résultats montrent que la présence de ces polymères augmente significativement la capacité de rétention d'eau des matériaux (jusqu'à 99 %). Ils ont observé l'importance des paramètres moléculaires des dérivés cellulosiques sans isoler leur effet [6].

I.6.5.3 Poudre redispersible

NEOLITH P 4400 est une poudre redispersible produite par séchage d'une émulsion à base d'un copolymère vinyle-versatate avec de l'alcool polyvinylique comme colloïde protecteur. La composition chimique très particulière du polymère permet la formation d'un film à basse température et une bonne adhérence aux substrats cimentaires.

Propriétés

NEOLITH P 4400 est utilisé pour modifier les mélanges contenant des liants hydrauliques. En raison de sa constitution chimique-physique particulière, NEOLITH P 4400 allonge le temps d'ouverture et abaisse la teneur en eau des mélanges.

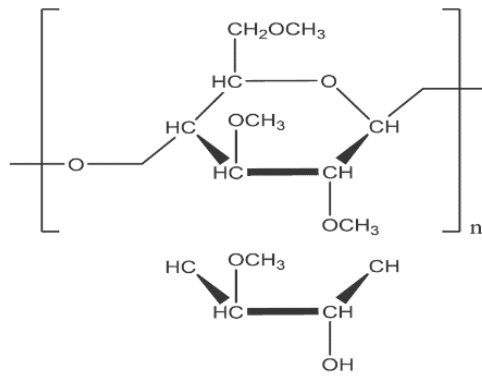


Figure I. 7 : Structure de NEOLITH P 4400

I.7 Définition de la méthode SMART

La méthode SMART a été élaborée par des psychologues en tant qu'outil destiné à aider les individus à fixer et atteindre leurs objectifs [17].

- **S** Spécifique (précis)
- **M** Mesurable (Mensurable)
- **A** Ambitieux (responsable)
- **R** Réaliste (réalisable)
- **T** Temporel (limité dans le temps)

Spécifique

L'objectif est-il bien défini ? Éviter de fixer des objectifs flous ou vagues ; essayer au contraire d'être aussi précis que possible. Au lieu de garder l'ensemble de l'équipement en bon état, définir l'objectif avec précision [17].

Mesurable

Indiquer clairement comment on saura que l'objectif est atteint. L'utilisation de valeurs chiffrées, de dates et d'heures est une façon de clarifier les objectifs [17].

Ambitieux

Les actions doivent être menées par quelqu'un. Il est donc important d'assigner chaque action SMART à une personne spécifique. Cette personne est responsable de la mise en œuvre en temps et en heure de l'action, ce qui permet un suivi plus aisé [17].

Réaliste

Fixer des objectifs impossibles ne peut aboutir qu'à des déconvenues. Fixer des objectifs ambitieux, mais réalistes [17].

Temporal

Fixer un calendrier pour la réalisation de chaque objectif. Même si ce calendrier doit être revu à mesure que le travail progresse, il sera utile pour maintenir la motivation [17].

I.8 Définition de l'analyse SWOT

MATRICE SWOT = FORCES/FAIBLESSES ET OPPORTUNITES/MENACES

La matrice SWOT, qu'est-ce que c'est ?

L'analyse SWOT ou matrice SWOT, est un outil permettant d'identifier les **points forts**, les **faiblesses**, les **opportunités** et les **menaces** d'une entreprise particulière. Les points forts et les faiblesses sont les facteurs internes qui créent la valeur ou la détruisent. Les opportunités et les menaces sont les facteurs externes qu'une entreprise ne peut pas contrôler. C'est une représentation de la situation d'un produit ou d'un service face au marché. Une règle d'or : Facteurs clés de succès = Il faut prendre en compte tous les facteurs clés qui permettent de conduire un projet dans les meilleures conditions possibles [18].

Déroulement de la matrice SWOT.

Les facteurs clés de succès ou d'échec d'un produit/projet doivent être listés dans les différentes cases de la matrice [18].

Force : Une ressource ou caractéristique du produit ou de l'organisation étudiés qui sert à être mise en valeur [18].

Faiblesse : Une limite, un défaut ou une « non compétence » du produit ou de l'organisation qui va l'empêcher de parvenir au succès [18].

Opportunité : Toute situation favorable à une entreprise pour parvenir à se donner un avantage concurrentiel sur le projet/produit [18].

Menace : Toute situation non favorable dans l'environnement extérieur qu'est une menace pour l'évolution du projet [18].

I.9 Conclusion

Les mortiers sont des matériaux très utilisés et dans divers domaines et les mortiers colle ont une importance majeure dans le domaine de la maçonnerie et leurs utilisation est très vaste.

Chapitre II. L'état de connaissance du mortier colle

II.1 Introduction

Le ciment se présente comme le liant le plus couramment utilisé dans plusieurs domaines, avec une consommation mondiale annuelle de 4,2 milliards de tonnes en 2014 [21]. Son faible coût, sa facilité d'application et son haut niveau de compression, sont les principales raisons de son acceptation universelle. Le ciment hydraté, un produit résultant entre le produit chimique entre le ciment et l'eau, enrobant le sable et formant une matrice solide en forme de roche. Depuis des décennies, les chercheurs s'efforcent d'améliorer le processus de la microstructure du ciment hydraté dans le but d'optimiser son efficacité, sa maniabilité, sa résistance et sa durabilité [22]. En outre pour améliorer la qualité et l'efficacité des matériaux à base de ciments, les éthers de cellulose (CE) sont couramment utilisés comme additifs, en tant qu'adjuvants, améliorant les propriétés des mortiers tels que la rétention d'eau, la maniabilité et le temps ouvert.

Dans cette partie nous résumons les dernières recherches scientifiques concernant l'amélioration des matériaux utilisés pour la fabrication d'un mortier colle ainsi que les additifs et leur impact sur l'hydratation du ciment.

II.2 Mortiers

Les mortiers adhésifs pour carrelage disponibles dans le commerce se composent d'un liant et de charges minérales et sont généralement modifiés avec de l'éther de cellulose (CE) et de la poudre de polymère redispersible (RP). Ces additifs remplissent différentes tâches lors de l'évolution du mortier frais au mortier durci. Les principaux objectifs de l'EC sont l'épaississement, l'entraînement d'air et la rétention d'eau afin d'établir des propriétés de maniabilité appropriées [44].

II.3 Additifs

Les additifs sont des poudres redispersibles, elles sont généralement fabriquées par séchage, par pulvérisation d'un alcool polyvinylique (PVA) contenant une émulsion de latex. Le liant le plus typique est le ciment Portland ordinaire, utilisé en combinaison avec différents types de charges minérales. L'existence simultanée d'un liant et de polymères provoque l'interaction de deux processus fondamentaux la formation d'un film polymère et l'hydratation du ciment. [44]. Par rapport à la technologie courante du béton, les mortiers en couche mince modifiés aux polymères se caractérisent par un rapport E/C élevé d'environ 0,8. Mais en raison de leur rapport surface/volume élevé, ils sèchent davantage rapidement. En conséquence, le ciment a un faible

degré d'adhérence. Hydratation (moins de 30%, au lieu de 90% comme dans le béton) [45]. Les mortiers adhésifs pour carrelage contiennent une teneur en vides d'air beaucoup plus élevée (25 % en volume au lieu 5% dans le béton) . Jusqu'à présent, l'influence des polymères a généralement été étudiée de manière empirique en comparant les propriétés mécaniques (résistance à la compression, à la flexion et à l'adhérence) de différentes formulations de mortier [46-47].

Il est généralement admis que l'aspect physique, les propriétés des matériaux à base de ciment sont fortement dépendantes des propriétés du ciment sur les aspects micro-structuraux. Par exemple, plusieurs études corrélèrent la distribution de la taille des pores avec la modification du polymère. [48]. Toutefois, peu d'études ont porté sur l'étude et le rôle des polymères dans les mortiers modifiés, tel qu'il se manifeste à travers leur morphologie et distribution au sein de la microstructure. [49,50]. Su et al [51,52] et Dimmig [53] décrivent l'évolution de l'activité de structure, adsorption du latex sur les grains de ciment immédiatement après l'application le mélange, ce qui entraîne la formation précoce d'une pellicule et la réduction des émissions des taux d'hydratation. La partie restante de ces polymères, qui est vraisemblablement dispersée dans l'eau interstitielle, subit une pellicule formation au cours de la période de séchage suivante. Jenni et al enquêtent dans le cadre d'une étude environnementale a révélé que le microscope électronique à balayage (ESEM) que l'CE et le PVA peuvent devenir mobiles pendant le mouillage et l'humidification [55,59]. Les cycles de séchage, alors que les latex restent immobiles [56]. Cependant, les modèles de distribution générale de ces polymères dans les applications en couche mince et le fractionnement associé, n'ont pas encore été décrits. Pour cela les différents composants polymères et leur fonction, ainsi que la répartition spatiale à l'intérieur du lit de mortier doit être visualisée et quantifiée par différentes approches [55,57].

II.4 Comportement physico-chimique des éthers cellulose dans les mortiers

De nombreux auteurs ont démontré que le mortier et les propriétés du béton peuvent être modifiés de manière significative à la fois à l'état frais et durci par l'ajout de polysaccharides [26-27]. Parmi tous les polysaccharides, les éthers de cellulose sont couramment introduits dans l'environnement [28]. Les éthers de cellulose les plus répandus utilisés en pratique comme adjuvants sont l'hydroxypropylméthylcellulose (HPMC) et l'hydroxyéthylméthylcellulose (HEMC) [23,30]. Certaines publications traitent du (HEMC) et d'autres additifs organiques tels que les latex mélangés à une émulsion de silicone et les amidons [34-35].

Ces dérivés de cellulose sont des molécules appropriées pour améliorer la rétention d'eau et la maniabilité du matériau frais, ainsi que l'adhérence au substrat [26]. Cependant, les principaux inconvénients de ces macromolécules dans la formulation des mortiers est le délai de d'hydratation du ciment [25, 27,29]. Pourchez et all [30], ont mis l'accent sur divers types de retards sur l'hydratation du ciment induite par les éthers de cellulose (à partir de 10 min. jusqu'à plusieurs heures) [31]. Ce retard semblait dépendre principalement des facteurs suivants la structure chimique de la molécule et, en particulier, sur l'étiquette degré de substitution.

Parmi les effets de l'EC et de leurs propriétés physico-chimiques, (Poids, moléculaire, degrés de substitution, etc.), la rétention d'eau et les mécanismes de rétention d'eau. Afin de comprendre ce phénomène des études ont montré qu'il existe un effet fondamental du poids moléculaire EC sur la consistance du mortier et sa capacité de rétention d'eau a été de surligné. Enfin, la comparaison avec les éthers d'amidon a prouvé que, pour ces adjuvants, la rétention d'eau est non directement liée à la viscosité du mortier [23].

II.5 Rétention d'eau

La rétention d'eau d'un mortier est donc un élément clé dans le choix d'un mortier. La formulation appropriée est en fonction du substrat, des conditions climatiques et de l'environnement. Une grande variété d'adjuvants chimiques est présente dans les produits industriels. Les mortiers actuellement utilisés dans la construction, sont classés par rapport à la fonction qu'ils remplissent, par exemple l'entraînement de l'air, la rétention d'eau, le retardement ou l'accélération, etc[24]. Parmi les adjuvants organiques largement utilisés dans les mortiers et les bétons, les polysaccharides qui sont des polymères pouvant être classés comme réducteur d'eau, retardateur de prise, anti-lavage, et agent de rétention [24,25].

Lorsque le matériau de support absorbe de l'eau, cela peut induire l'hydratation insuffisante du ciment et provoque donc une perte de l'hydratation et des performances mécaniques. La rétention d'eau est une propriété du mortier qui empêche la perte rapide d'eau vers le substrat par aspiration. Cette propriété évite le saignement ou la "perte d'eau" lorsque le mortier est en contact avec des surfaces relativement perméables. La rétention d'eau est une propriété fondamentale, qui affecte la maniabilité et les liaisons entre le mortier et la maçonnerie. Parce qu'ils réduisent également la ségrégation et améliorent la qualité de l'eau [21].

Les agents de rétention d'eau, également connus sous le nom d'additifs épaississants ou améliorant la viscosité, sont des composants essentiels dans la formulation des mortiers parce qu'ils réduisent également la ségrégation et améliorent la maniabilité. Cependant, ils peuvent

légèrement réduire la résistance à la compression du béton durci en fonction du rapport E/C [25,32,33]. Cette propriété est également augmentée par l'augmentation du rapport polymère/ciment. De plus, Pourchez et al ont étudié l'influence de quelques (HEMC) et de quelques (HEMC) et (HPMC) sur la capacité de rétention d'eau et leurs résultats ont révélé l'influence significative du poids moléculaire du mélange [30]. Cependant, une meilleure compréhension des interactions entre l'adjuvant et le ciment est nécessaire pour expliquer cette amélioration de la rétention d'eau. Jenni et al. Ont étudié le rôle d'un type de (HEMC) sur les changements dans les microstructures des mortiers [36]. Ils ont proposé que l'air retenu pendant le processus de mélange a été stabilisé par l'éther cellulose, (en raison de la diminution de la tension superficielle de l'eau).

Une conclusion importante, liée aux mécanismes de rétention d'eau du mortier est l'une des propriétés clés. A partir des résultats expérimentaux, pour les mélanges évalués à quantité constante d'eau/ciment et à quantité constante d'adjuvant, l'eau du mortier la rétention a évolué, en général, de la même manière que sa cohérence. Ceci a été observé au sein d'un groupe donné dans lequel un seul paramètre structurel a été modifié. Cependant, pour certains éthers de cellulose, cette tendance n'a pas été respectée. De plus, pour l'éther d'amidon, le comportement inverse a été remarqué. Ainsi, la viscosité du matériau frais n'est pas le seul paramètre responsable d'une bonne capacité de rétention d'eau [21]. Et que il y'a une influence importante de la rétention sur les mortiers et par rapport à leurs types d'application plus la rétention est grande plus les capacités physiques et autres du mortier diminuent.

II.6 Hydratation

L'incorporation des éthers de cellulose conduit à une bonne répartition des grains de ciment dans la suspension. La forte dispersion des grains de ciment dans le milieu permet à chaque grain de disposer de l'eau suffisante pour pouvoir s'hydrater. Ce mécanisme géométrique explique les degrés d'hydratation élevés mesurés pour des mortiers adjuvés par des HEC et des méthyles cellulose [37]. Par spectroscopie FT-IR, Elke Knapen observe une augmentation de l'eau liée dans ces mortiers comparativement à des mortiers non adjuvés. Cependant, l'incorporation des éthers de cellulose modifie également la cinétique d'hydratation des mortiers en retardant l'initiation de celle-ci. Ce retard est d'autant plus important dans le cas des enduits de façade, que ceux-ci sont soumis dès leur mise en œuvre au séchage [60]. L'eau nécessaire à l'hydratation du mortier risque donc d'être captée par séchage par l'environnement extérieur. L'hydratation complète du matériau n'étant pas atteinte, on peut imaginer que les

caractéristiques mécaniques du matériau et leur adhésion avec le support ne seront donc pas optimum. Aussi Les différents travaux sur le sujet ont tous montrés par conductimétrie [38,29], par calorimétrie isotherme [39] ou par calorimétrie adiabatique [29] que ce retard d'hydratation était lié à une augmentation de la durée de la phase d'induction. Ces résultats indiquent que l'impact des éthers de cellulose est spécifique à certaines réactions d'hydratation, les éthers ne modifient pas de la même manière les cinétiques d'hydratation des différentes phases anhydres. Des mesures réalisées par Weyer [40] par diffractométrie à rayon X (DRX) sur une pâte de ciment portland de type CEM I durant son hydratation ont montré que la présence des éthers de cellulose ne freine pas la germination de l'étringite primaire mais retarde la précipitation du gypse, de la portlandite et de l'étringite secondaire. Les mécanismes expliquant l'action différenciée des éthers de cellulose sont d'autant plus complexes que les réactions d'hydratation sont interdépendantes. Ainsi Weyer [40] suppose qu'au vue de la simultanéité de leur apparition, le retard de germination de l'étringite secondaire est lié à la création des hydroxydes de calcium. Leur développement étant en effet dépendant de la concentration en ions Ca^{2+} dans la solution interstitielle elle-même régulée par la formation de la portlandite. Il est démontré que les forces capillaires et l'évaporation induisent des flux d'eau dans la partie interconnectée du système poreux, qui transporte les ions CE, PVA et ciment jusqu'aux interfaces du mortier. En revanche, la répartition du latex reste la même homogène en combinaison avec les résultats d'expériences qualitatives, les résultats quantitatifs permettent de reconstituer l'évolution à partir de mortier frais à durci, y compris la formation d'un film polymère, l'hydratation du ciment et la migration de l'eau. Les modes de défaillance peuvent être corrélés avec la force adhésive finale de l'adhésif de carrelage. Les résultats démontrent que le dépouillement avant l'incrustation des carreaux de céramique peut fortement réduire les propriétés de mouillage du mortier frais et diminuer la force adhésive finale [44].

II.7 Résultats des travaux préliminaires existants

Des travaux de recherche préliminaire sont été effectués au laboratoire du centre d'étude et des services technologique des matériaux de construction (CETIM) sur les différents types de mortier colle existants (locaux, privé et importé) ont servis de référence; les résultats sont enregistrés dans le **Tableau II. 1** Ci-dessous :

Résultats des essais physico mécaniques :

Tableau II. 1 : résultats des essais effectués sur les trois types de mortier [1].

N°	Etalement (Cm)	CN (%)	MV (Kg/L)	Teneur en Air (%)	Temps ouvert (min)	Adhérence T5 (MPa)	Adhérence T20 (MPa)	Commentaires
Mortier Colle Privé	17	21,56	1,86	10	75	0,8	0	C'est un mortier colle de classe C 0 ; avec une mauvaise ouvrabilité.
Mortier Colle Importation	17	17,35	1,73	20	335	1,4	0,6	C'est un mortier colle de classe C 1 ; avec une bonne ouvrabilité.
Mortier Colle Local	17	26	1,56	20	340	1,3	0,7	C'est un mortier colle de classe C 1 ; avec une bonne ouvrabilité.

- **C 0** : Classe non normalisée
- **C 1** : Classe normalisée résistance d'adhérence ≥ 0.5 MPa
- **C 2** : Classe normalisée résistance d'adhérence ≥ 1 MPa
- **T 20** : L'utilisation après 20 minutes de repos
- **T 5** :L'utilisation après 5 minutes de repos

Selon les résultats obtenus sur les mortiers concurrents, on peut conclure que le mortier colle d'une entreprise privé répond aux exigences des mortiers colle classé en **C0**.

Par contre les deux autres mortiers dénommés : importé ou local, sont des mortiers qui répondent aux exigences de la classe **C1**, selon les résultats d'adhérences des mortiers colle des concurrents, on doit éliminer le mortier colle privé, car les résultats de notre étude granulométrique doivent être dans le faisceau des autres concurrents [1].

Chapitre II. Connaissance du mortier colle

Étude de formulation effectuée par un autre laboratoire avec un autre type d'ajouts (**walccel 101**) dans le but de déterminer l'influence d'un autre ajout et de ses performances a l'adhérence et sa classification par rapport à la norme 12004-1.

Tableau II. 2 : Résultats fournis par un laboratoire utilisant un type d'adjuvant spécial **walccel 101** [58].

Formulation							Résultats					
Matière	Ciment blanc (%)	Sable 0.3 (%)	Sable 0.3/0.6 (%)	Walccel 101 (%)	Eau (ml)	Etalement (cm)	Densité	Teneur en air (%)	Adhérence T5 (MPa)	Adhérence T 20 (MPa)	Adhérence a la chaleur (MPa)	Adhérence a l'immersion (MPa)
Formule A	25	40	35	0.80	450	16	1.47	25	1.25	0.96	0.78	0.43
Formule B	25	40	35	0.60	450	16	1.55	22	0.97	0.92	0.8	0.30

Chapitre II. Connaissance du mortier colle

Tableau II. 3: résultats physico-chimiques de plusieurs formulations d'un mortier colle avec le Ciment de Meftah+ Sable Boussaâda + Filler Centre réalisés par le Centre d'Etude et des services Technologique de l'Industrie des Matériaux de Construction [1]

Résultats															
N°	Matières	Ciment %	Sable %	Filler %	Ether Cellulose %	Poudre redispersible %	Quantité d'eau/Kg	Etalement (Cm)	CN (%)	MV (Kg/L)	Teneur en Air (%)	Temps ouvert (min)	Adhérence T5 (MPa)	Adhérence T20 (MPa)	Conclusions et Recommandations
Exigences								De 15 au 19	/	/	≥ 14	Allongé +/- 300	C1 ≥ 0.5 ; C2 ≥ 1	C1 ≥ 0.5 ; C2 ≥ 1	
Formule 4	Ciment Hamma Bouziane+ Sable Tébessa tamisé sur 1mm + Filler F15	34,0	62,0	4,0	0,00	0,80	270	18,0	21,3	1,7	17,0	>500	1,2	0,9	Mortier Colle Classe C1 avec un temps ouvert élevé (Diminuer le % du Méthyle à 0.25%)
Formule 5	Ciment Meftah+ Sable Boussaâda + Filler Centre	34,0	62,0	4,0	0,00	0,00	177	19,0	15,0	2,1	4,0	70	/	/	Mauvaise ouvrabilité
Formule 6		34,0	62,0	4,0	0,00	0,80	235	16,0	19,0	1,7	17,0	270	1,2	0,8	Mortier Colle Classe C1
Formule 7		34,0	62,0	4,0	0,00	0,80	240	13,0	19,4	/	/	/	/	/	Augmenter la quantité d'eau
Formule 7		34,0	62,0	4,0	0,00	0,80	270	17,0	21,3	1,6	20,0	> 420	2,0	1,6	Mortier Colle Classe C2 avec un temps ouvert élevé (Diminuer le % du Méthyle à 0.25%)
Formule 8	Ciment Meftah+ Sable Boussaâda + Filler F 15	34,0	62,0	4,0	0,00	0,80	270	17,0	21,3	1,7	19,0	420	1,9	1,4	Mortier Colle Classe C2 avec un temps ouvert élevé (Diminuer le % du Méthyle à 0.25%)
Formule 13	Ciment Meftah+ Sable Boussaâda + Filler Centre	29,0	65,0	6,0	0,00	0,50	210	16,0	17,4	1,6	16,0	180	/	/	Temps ouvert un peu séré
Formule 14		29,0	65,0	6,0	0,10	0,50	210	15,0	17,4	1,6	17,0	270	1,2	0,60	Mortier Colle Classe C1
Formule 15		29,0	65,0	6,0	0,00	0,50	225	16,0	18,4	1,6	20,0	265	1,1	0,57	Mortier Colle Classe C1
Formule 16		29,0	65,0	6,0	0,20	0,50	240	15,0	19,4	1,6	24,0	> 450	/	/	Temps ouvert élevé
Formule 19		29,0	65,0	6,0	0,10	0,60	210	18,0	17,4	1,6	20,0	300	1,1	0,51	Mortier Colle Classe C1
Formule 20		34,0	62,0	4,0	0,10	0,60	205	15,0	17,0	1,8	19,0	290	1,12	0,86	Mortier Colle Classe C1

Chapitre II. Connaissance du mortier colle

Tableau II. 4 : résultats physico-chimiques de plusieurs formulations d'un mortier colle avec plusieurs types de produits locaux réalisés par le Centre d'Etude et des services Technologique de l'Industrie des Matériaux de Construction [1].

Résultats																
N°	Matières	Ciment %	Sable %	Filler %	Ether Cellulose %	Poudre redispersible %	Quantité d'eau/Kg	Etalement (Cm)	CN (%)	MV (Kg/L)	Teneur en Air (%)	Temps ouvert (min)	Adhérence T5 (MPa)	Adhérence T20 (MPa)	Conclusions et Recommandations	
								Exigences	De 15 au 19	/	/	≥ 14	Allongé +/- 300	C1 ≥ 0.5 ; C2 ≥ 1MPa	C1 ≥ 0.5 ; C2 ≥ 1MPa	
Formule 9	Ciment Hama Bouziane+ Sable	29,0	65,0	6,0	0,00	0,50	205	16,0	17,0	1,6	16,0	170	/	/	Mauvaise ouvrabilité	
Formule 10	Tébessa tamisé sur 1mm + Filler Khanchla	29,0	65,0	6,0	0,10	0,50	205	17,0	17,0	1,7	17,0	270	1,4	0,75	Mortier Colle Classe C1	
Formule 11	Ciment Hama Bouziane+ Sable Tébessa tamisé sur 1mm + Filler Khanchla	29,0	65,0	6,0	0,00	0,50	220	16,0	18,0	1,6	19,0	270	1,0	0,60	Mortier Colle Classe C1	
Formule 12		29,0	65,0	6,0	0,20	0,50	240	16,0	19,4	1,6	24,0	> 420	/	/	Temps ouvert élevé	
Formule 17	Ciment Hama Bouziane+ Sable Tébessa tamisé sur 1mm + Filler Khanchla	29,0	65,0	6,0	0,10	0,60	205	15,0	17,0	1,6	19,0	320	1,14	0,64	Mortier Colle Classe C1	
Formule 18	Ciment Hama Bouziane+ Sable Tébessa tamisé sur 1mm + Filler Khanchla	34,0	62,0	4,0	0,10	0,60	205	15,0	17,0	1,8	19,0	310	1,28	0,60	Mortier Colle Classe C1	
Formule 21	Ciment Hama Bouziane+ Sable Boussaâda + Filler Khanchla	29,0	65,0	6,0	0,10	0,60	205	19,0	17,0	1,6	20,0	300	1,16	0,70	Mortier Colle Classe C1	
Formule 22	Ciment Hama Bouziane+ Sable Tébessa tamisé sur 1mm + Filler Khanchla	34,0	62,0	4,0	0,10	0,60	205	17,0	17,0	1,8	19,0	290	1,9	1,20	Mortier Colle Classe C2	
Formule 23	Ciment Hama Bouziane+ Sable Tébessa tamisé sur 1mm + Filler Khanchla	29,0	65,0	6,0	0,15	0,60	205	15,0	17,0	1,6	22,0	330	2,1	1,24	Mortier Colle Classe C2	

II.8 Conclusion

Cette brève revue bibliographique, nous a permis de préciser les paramètres gouvernant la bonne adhérence entre un mortier et un support, à savoir l'état de surface (rugosité/porosité) et la mouillabilité du mortier frais. Elle présente également les difficultés expérimentales rencontrées dans la littérature pour les caractériser et ainsi déterminer leur impact de l'adhésion. D'autres paramètres, tels que le mode de mise en œuvre et le temps de prise du mortier, semblent également prépondérants quant au bon développement de l'adhésion. Ces variables doivent donc être prises en compte afin d'étudier le comportement des systèmes mortier/support. La principale altération du lien entre un mortier et un support lors du séchage semble provenir de leur incompatibilité dimensionnelle. Dans le cas des mortiers utilisés comme enduits de façade ou autre, les principaux modes d'endommagement sont le développement de fissures dans le mortier perpendiculairement à la surface séchant et/ou une désolidarisation du système [41].

La seconde partie de ce chapitre détaille les diverses modifications qu'engendre l'ajout d'éther de cellulose dans les compositions de mortiers. On y montre que cet adjuvant du fait de ses propriétés associatives accroît notablement la viscosité des mortiers à l'état frais. Son influence sur la mouillabilité du mortier est donc vraisemblablement non négligeable. Son influence sur la rhéologie semble également être l'origine de sa capacité de rétention d'eau. Cette propriété est particulièrement intéressante dans le cas de mortier sur des supports non saturés car elle limite la captation de l'eau favorisant le libre développement de l'adhésion.

De nombreux travaux montrent que ces éthers modifient l'initiation de l'hydratation. Ces résultats mènent à s'interroger sur l'impact d'un décoffrage précoce sur le développement des propriétés mécaniques et de transfert. En l'occurrence, peu d'études ont été menées sur l'impact des éthers sur ces propriétés à l'état durci. Les travaux sur le sujet indiquent que les éthers de cellulose conduisent à une augmentation de la porosité globale. L'augmentation de l'air entraîné que les éthers (provoquent) semble en être la cause [41]. L'étude de l'influence des éthers de cellulose sur le retrait de dessiccation n'a quasiment pas été abordée dans la littérature. Récemment, Lin et Huang ont supposé, au vu de la diminution de la fissuration lors d'essais de retrait restreint, que l'augmentation du dosage en éther limite les déformations de retrait de dessiccation [42]. Des essais de retrait libre et de retrait restreint sont nécessaires afin de confirmer ces tendances.

La diminution de la résistance mécanique en présence d'éther observée par plusieurs auteurs, est, semble-t-il, également due à l'augmentation de l'air occlus. Sing et all montrent cependant que l'influence des éthers sur la résistance n'est pas si simple. Certains dosages en éther peuvent en effet favoriser la cohésion du matériau [43].

Enfin, la majorité des travaux semblent indiquer que les éthers favorisent l'adhérence des mortiers. L'origine de ce phénomène n'est cependant pas éclaircie. La capacité de rétention d'eau et la limitation de fissuration en présence d'éthers sont les paramètres le plus souvent évoqués [41].

Pour finir, des formules variant en pourcentage, les constituants du mortier colle local, ciment avec un pourcentage entre (20% à 34%), sable entre (62% à 75%), filler de (4% à 6%) et des additifs éther cellulose entre (0.1% à 0.2%), poudre redispersible de (0.5% à 0.8% et (0.0% à 0.3%) de méthyle cellulose et un mélange avec un autre ajout walccel avec leurs résultats; nous ont aidées à entreprendre les mélanges appropriés pour un bon mortier colle.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

III.1 Introduction

Ce projet a été élaboré en collaboration et grâce aux conseils des ingénieurs de l'entreprise CETIM de Boumerdes qui est le centre d'études et de services technologiques de l'industrie des matériaux de construction. Ce centre est composé de dix (10) laboratoires et accrédité par ALGERAC. Il se spécialise dans les études et le contrôle des matériaux de construction, et a pour objet social de promouvoir, développer et disposer les services technologiques aux entreprises de production des matériaux de construction et aux opérateurs connexes à cette branche.

Notre étude pratique consiste à développer une formulation des mortiers colle pour carrelage en utilisant des matériaux locaux et en optimisant leurs performances physiques et mécaniques à partir des essais appropriés. Elle permet aussi d'évaluer leur aptitude à remplacer d'autres ciments colle importés en faisant varier quelques paramètres tels que le dosage en ciment, en sable et l'emploi de deux additifs en l'occurrence l'éther cellulose et la poudre redispersible.

La formulation de mortier colle se réalise en deux phases :

La première partie : Confection des dalles en béton

En suivant les critères et les exigences de la norme NF EN 12004-2, nous avons procédé à la caractérisation de tous les matériaux utilisés dans la confection des dalles en béton à savoir :

- Le sable (Chlef).
- Les graviers (Oued Souf).
- Le ciment (CEM II/B 42.5 R de Ain Touta).

Cette partie est consacrée à la formulation de différentes variantes de plaque en béton selon la norme NF EN 1323 :2008-06.

La deuxième partie : formulation du mortier colle.

Cette partie est consacrée à la formulation du mortier colle suivant la norme NF EN 12004-2 et à la caractérisation des matériaux utilisés à savoir :

- Le ciment de (MEFTAH CEM II /A 42.5 N).
- Le sable de (Boussaâda).
- Les fillers du (centre).
- L'éther cellulose (Culmunal C 8367).
- Poudre redispersible (Neolith P 4400).

Chapitre III. Méthodologie et formulations

III.A Confection des dalles en béton

Pour réaliser un mortier colle pour carrelage, il faut se conformer à plusieurs exigences parmi elles, celles des dalles en béton selon la norme NF EN 12004-2. En vérifiant les caractéristiques des matériaux spécifiques, qui nous conduisent directement à la norme [55]. (Voir annexe B) Exigences pour la confection des dalles en béton :

La plaque de béton doit avoir une épaisseur d'au moins 35 mm, une teneur en humidité inférieure à 3 % en masse et une absorption d'eau à la surface au bout de 4h comprise entre (0.5 et 1.5) cm³ [55].

NB : Support indispensable pour réaliser les tests de mortier colle.

III.A.1 Caractéristiques des matériaux utilisés

Avant d'entamer une formulation, il convient de connaître les caractéristiques physicomécaniques, chimiques et autres, des matériaux qui seront employés à cet effet par le biais d'essais normalisés au laboratoire.

III.A.1.1 Granulats

Dans cette étude, nous avons utilisé des granulats concassés. Ils sont de deux classes granulaires:

- Sable 0/4 de (Chlef).
- Gravier 3/8 de (Oued Souf).

a. Caractéristiques géométriques

Les caractéristiques géométriques des granulats sont l'étude de la forme de taille des grains contenus dans un lot donné.

Analyse granulométrique

- L'analyse s'effectue par tamisage avec un jeu de tamis normalisé. On superpose les tamis par dimensions décroissantes, et l'on place un récipient sans ouverture sous la pile. Après tamisage, on mesure les refus de chaque tamis ainsi que le tamisât ayant passé à travers les mailles du tamis le plus fin [56]. (Voir annexe B)
- La courbe granulométrique est la carte d'identité d'un granulat. Elle indique les proportions des grains de chaque dimension. Elle se fait conformément à la norme NF EN 933-1.
- La granularité des granulats est déterminée selon la norme NF EN 993-1, les résultats d'essais sont présentés dans les tableaux III 1 et 2.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

✓ Nature d'échantillon : sable 0/4 de Chlef.

Tableau III. 1 : Granulométrie du sable 0/4 de Chlef.

Code échantillon : Sable 0/4				
Masse sèche totale : $M_1=476g$		Masse sèche des fines retirées par lavage : $M_1-M_2= 12$		
Masse sèche après lavage : $M_2=464g$				
Tamis Ouverture (mm)	Masse des refus cumulés R_i (g)	Pourcentage refus cumulés (%)	Pourcentage tamisât cumulés (%)	
10	0	0,0	100,0	
8	8	1,7	98,3	
6,3	11	2,3	97,7	
5	32	6,7	93,3	
4	75	15,8	84,2	
2	173	36,3	63,7	
1	269	56,5	43,5	
0,5	355	74,6	25,4	
0,25	429	90,1	9,9	
0,125	458	96,2	3,8	
0,063	463	97,3	2,7	
Fond de tamis :	464	97,5	2,5	
Matériaux restés au fond $P=$	1	Observation : sable moyen		
$\sum R_i + P =$	464	* % de tamisât de fines sur tamis de 63 $\sum m$: $f = 2.7$		
$100(M_2 - (\sum R_i + P)) / M_2 =$	0	*Module de finesse du sable: $M_f = 2.70$		

Chapitre III. Méthodologie et formulations

✓ Nature de l'échantillon : gravier de fraction 3/8 de Oued Souf.

Tableau III. 2 : Granulométrie du gravier 3/8 d'Oued Souf.

Code échantillon : gravillon 3/8			
Masse sèche totale :	M ₁ =996g	Masse sèche des fines retirées par lavage :	
Masse sèche après lavage :	M ₂ =985g	M ₁ -M ₂ =11g	
Tamis Ouverture (mm)	Masse des refus cumulés R _i (g)	Pourcentage refus cumulés (%)	Pourcentage tamisât cumulés (%)
12,5	0	0,0	100,0
10	2	0,2	99,8
8	110	11,0	89,0
6,3	457	45,9	54,1
5	748	75,1	24,9
4	917	92,1	7,9
3,15	954	95,8	4,2
2	976	98,0	2,0
0,063	985	98,9	1,1
Fond de tamis :	985	98,9	1,1
Matériaux resté au fond P=0	Observation : gravier de fraction moyenne.		
$\sum R_i + P = 985$	* % de tamisât de fines sur tamis de 63 $\sum m: f =$ 1,1		
$100(M_2 - (\sum R_i + P))/M_2 = 0$			

Chapitre III. Méthodologie et formulations

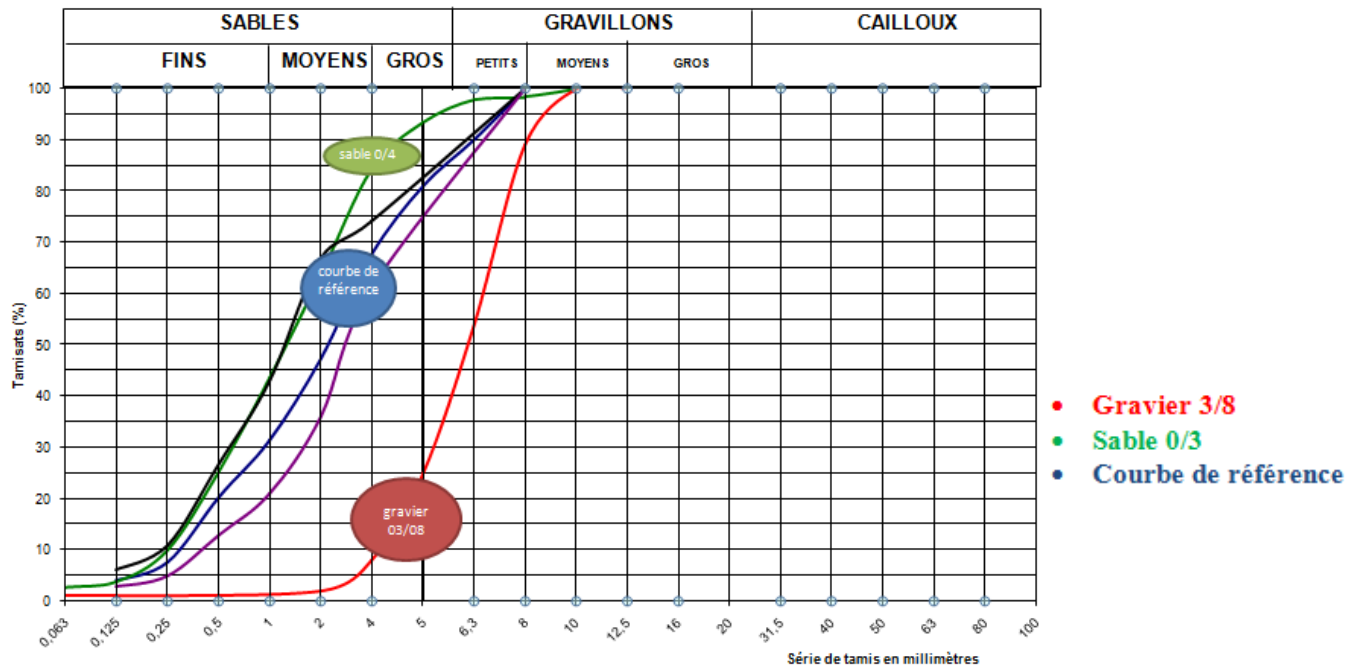


Figure III. 1 : Courbe granulométrique des granulats du mélange pour les dalles en béton.

Conclusion : notre mélange (gravier / sable) est conforme aux exigences pour la confection des dalles en béton selon la norme en vigueur.

Caractéristiques physiques des granulats

Tableau III. 3 : Caractéristiques physiques des granulats. [3]

Caractéristique	Symbole	Sable (0/4)	Gravier (3/8)
Masse volumique réelle (T/m ³)	ρ_r	2.80	2.63
Masse volumique imbibée (T/m ³)	ρ_{ri}	2.54	2.65
Teneur en eau (%)	W	5.26	0.30
Taux d'absorption (%)	A_s	3.6	0.74
Porosité (%)	Φ	/	1.94

Chapitre III. Méthodologie et formulations

b. Caractéristiques du sable

b.1 Module de finesse

Les sables doivent présenter une granulométrie tels que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile. Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse (M_F). [60] (Voir annexe B)

Tableau III. 4 : module de finesse des sables.

Granulats		Spécifications
Module de finesse M_F	2,70	$1.8 < M_F \leq 2.2$ (sable fin)
		$2.3 < M_F \leq 2.8$ (sable moyen)
		$2.8 < M_F \leq 3.2$ (sable grossier)

Commentaire : d'après les résultats obtenus le module de finesse du sable utilisé est 2.70 (voir tableau III. 1), ce qui veut dire que c'est un sable moyen car il répond aux exigences de la norme [56] pour qu'il soit utilisé dans la confection des dalles en béton.

b.2 Equivalent de sable

L'équivalent de sable est un indicateur, caractérisant la propreté d'un sable ou d'un grave. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur [59]. (Voir annexe B).

Tableau III. 5 : Equivalent de sable (Chlef).

Caractéristique	Symbole	Résultat
Equivalent de sable (%)	E_s	76.5

b.3 Valeur de bleu méthylène

Permet d'évaluer la quantité et la nature des argiles contenue dans les sables, sur une fraction inférieure à 2 mm.

Elle se fait par absorption d'une quantité de bleu de méthylène proportionnelle à la quantité exposée. Plus les agrégats seront argileux plus la valeur augmentera (signifiant que l'argile est fortement active et donc nuisible) [60]. (Voir annexe B).

Chapitre III. Méthodologie et formulations

Tableau III. 6 : Valeur du bleu de méthylène du sable (chlef).

Caractéristique	Symbole	Résultat
Bleu de méthylène (%)	B _M	0.9

Commentaire : D'après les résultats obtenus sur le sable, on peut dire qu'il répond aux exigences de la norme [56] pour qu'il soit utilisé dans la confection de notre béton.

III.A.1.2 Eau de gâchage

L'eau utilisée dans la confection de notre béton est l'eau potable provenant de la ville de Boumerdes [61].

III.A.1.3 Le ciment

Le ciment utilisé dans notre étude est un ciment de type ciment avec ajout CEM II/B 42.5 R, contient 24 % de calcaire, provenant de la cimenterie de **Aïn Touta** [62].

a. Analyse chimique et minéralogique du ciment

Les tableaux III [7 et 8] représentent respectivement la composition minéralogique et chimique du ciment utilisé.

a.1 Composition minéralogique du ciment

Tableau III. 7 : Composition minéralogique du ciment (Ain Touta).

Phase	Elément	Teneur (%)
Clinker	C ₃ S	55
	C ₂ S	21
	C ₃ A	07
	C ₄ AF	11
	CaO _L	02
Ajout	Calcaire	24

a.2 Composition chimique du ciment

Analyses chimiques élémentaires effectuées par fluorescence

La fluorescence X

La fluorescence des rayons x (FRX) est une technique non destructrice qui sert à quantifier la composition élémentaire des échantillons solides et liquides. On utilise les rayons X pour exciter les atomes qui sont dans l'échantillon, ce qui leur fait émettre des rayons X à énergie caractéristique de chaque élément présent. L'intensité et l'énergie de ces rayons X sont ensuite mesurées [63].



Figure III. 2 : Poste échantillon analysé automatiquement par la fluorescence X [photo prise au CETIM le 22/04/2018].

Tableau III. 8 : Composition chimique du ciment Ain Touta.

Elément	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	CaO _L	CL ⁻	PF
Teneur (%)	15.63	4.15	2.52	60.71	2.38	0.59	0.18	1.73	1.42	0.025	12.82

b. Propriétés physiques du ciment

b.1 La Finesse de mouture

La finesse de mouture d'un ciment est caractérisée par sa surface spécifique, déterminée par la méthode du Blaine (SSB) [65].

But de l'essai

Le ciment se présente sous forme de poudre finement broyée. Cette finesse est une caractéristique importante : Lors du gâchage, plus la surface du ciment en contact avec l'eau est grande, plus l'hydratation est rapide et complète. La finesse d'un ciment est généralement exprimée par sa surface massique, c'est la surface totale des grains contenus dans une masse unité de poudre.

La surface massique est généralement exprimée en cm² de surface des grains de ciment par gramme (g) de poudre. (Voir annexe B)

Tableau III. 9 : Masse volumique du ciment Ain Touta.

Masse volumique g/cm ³	2.997
Surface spécifique de Blain cm ² /g	4394

Chapitre III. Méthodologie et formulations

b.2 La consistance normale et les délais de prise

La consistance normale

Objectif de l'essai

La consistance normalisée de la pâte de ciment est déterminée à l'aide de l'appareil de Vicat. Le but de cet essai est de déterminer la quantité d'eau de gâchage nécessaire pour l'obtention d'un bon mortier [65]. (Voir annexe B)

Le délai de prise

Le temps de prise est déterminé à l'aide de l'appareil de Vicat automatique muni d'une aiguille à la température de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ [66]. (Voir annexe B)

Les résultats obtenus des différentes propriétés physiques sont donnés dans le tableau III [10].

b.3 Caractéristiques physiques du ciment

Tableau III. 10 : Essai physique du ciment Ain Touta.

Caractéristiques	Résultats
Temps du début de prise (mn)	140
Temps de fin de prise (mn)	225
Consistance normale (%)	27.6

b.4 Caractéristiques mécaniques du ciment

Tableau III. 11 : Essais mécaniques (flexion/compression) du ciment Ain Touta.

Les résultats des essais mécaniques obtenus sur des éprouvettes normalisées (4*4*16) cm.

Echéance en jours	Flexion (N/mm ²)	Compression (N/mm ²)
02	4.4	21.3
07	6.7	35.9
28	7.7	46.7

La diffraction des rayons X (DRX)

La DRX est une méthode de caractérisation structurale, s'appliquant qu'aux matériaux cristallins. Elle permet notamment de déterminer la structure des matériaux étudiés, de différencier leurs phases et les paramètres de leur maille. Les périodicités de l'arrangement atomique (structure) des cristaux sont uniques d'une phase à l'autre.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

Ces périodicités sont dues à la longueur d'ondes des plans atomiques identiques dans le cristal et sont décrites par des longueurs correspondantes aux distances entre les plans d'empilement. Cette distance est nommée distance réticulaire d_{hkl} désigne la direction considérée dans le cristal. Pour une certaine valeur de d_{hkl} , et un rayonnement X incident monochromatique (longueur λ), les intensités diffractées ne peuvent être observées que sous des angles $2\Theta_{hkl}$ bien définis qui représentent un cône de diffraction entre le rayon diffracté et le rayon incident. Selon la loi de Bragg :

$$2 d_{hkl} \sin \Theta_{hkl} = n \lambda$$

Ou :

D_{hkl} : la distance inter-réticulaire

Θ : l'angle d'incidence des rayons X sur la surface du matériau étudié

n : l'ordre de la réfraction

λ : la longueur d'onde du faisceau de rayons X

Cette analyse repose sur la diffraction des rayons X monochromatiques sur les plans atomiques des cristaux composant le matériau étudié.

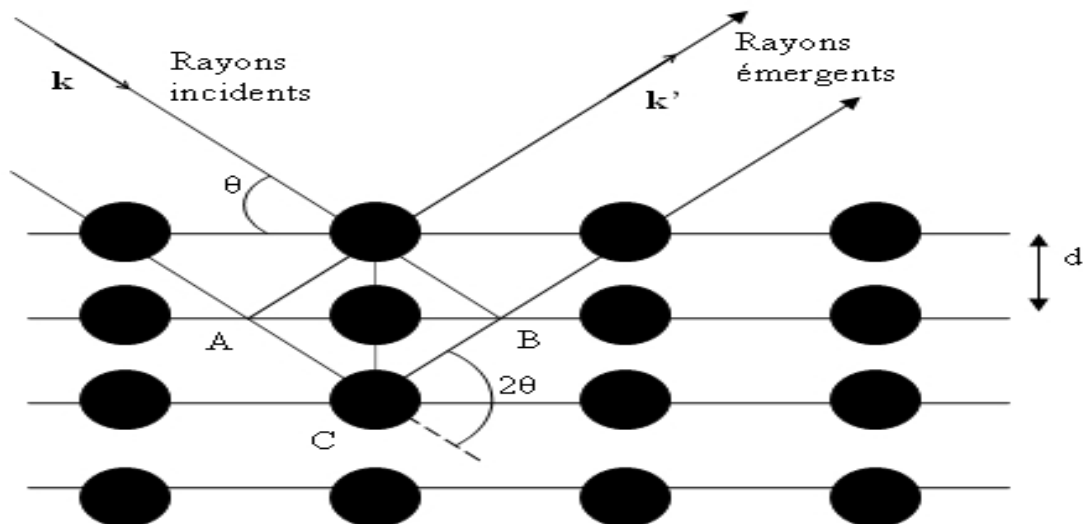


Figure III. 3 : Schéma représentant le principe de la DRX.

Pour obtenir la valeur des différentes distances inter-réticulaires, il suffit de déterminer les valeurs de l'angle Θ pour lesquelles le matériau se diffracte. Les expériences de DRX fournissent une liste de pics (ou raies) de diffraction : chaque pic correspond à une famille de plan réticulaire d'indices (hkl) [67, 68, 69].

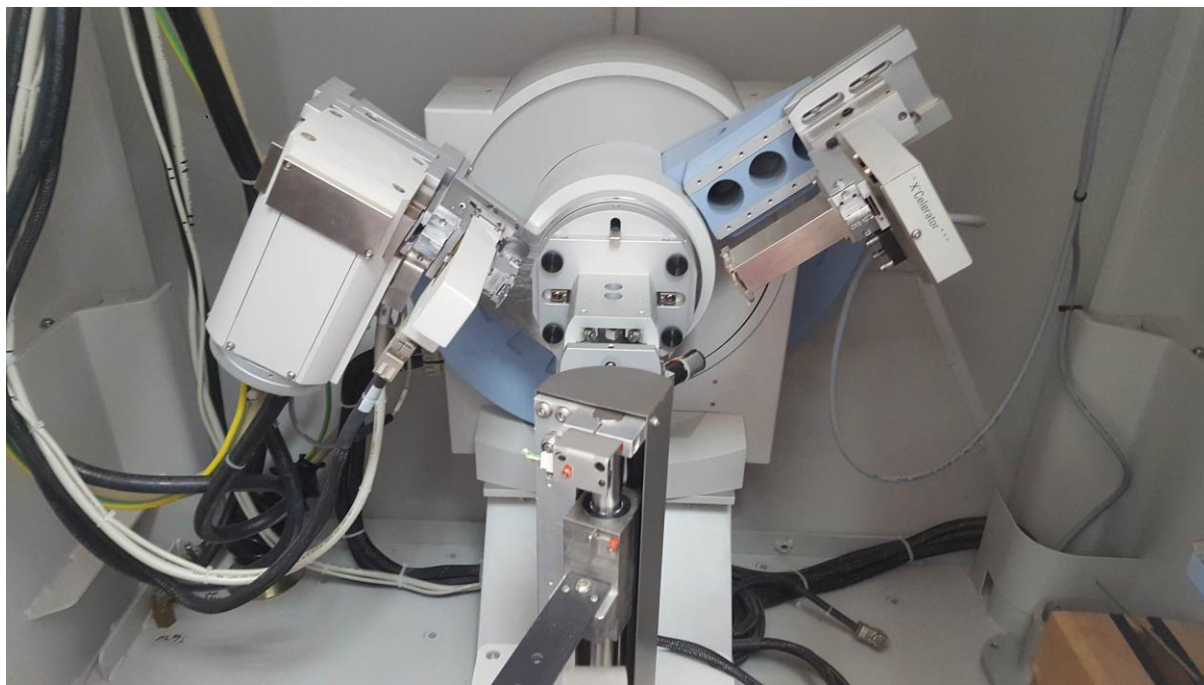


Figure III. 4 : La diffraction des rayons X [photo prise au CETIM 22/04/2018].

Les figures III [5, 6 et 7]. Représentent les résultats de la diffraction des rayons X des matériaux utilisés.

➤ Gravier de fraction 3/8

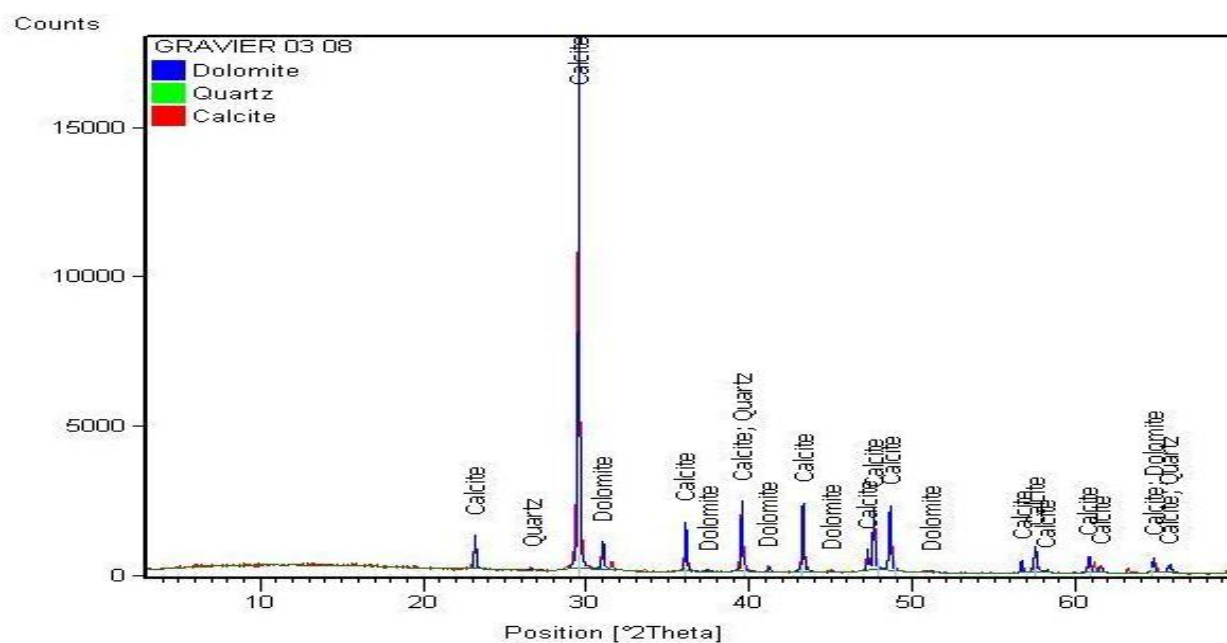


Figure III. 5 : la diffraction des rayons X du gravier 3/8 d'Oued Souf.

Commentaire : les pics de diffraction concernant le gravier 3/8 révèlent la présence de la calcite, Dolomie et quartz. Cette méthode d'analyse est complémentaire, à la méthode d'analyse par fluorescence X.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

➤ Sable 0/3

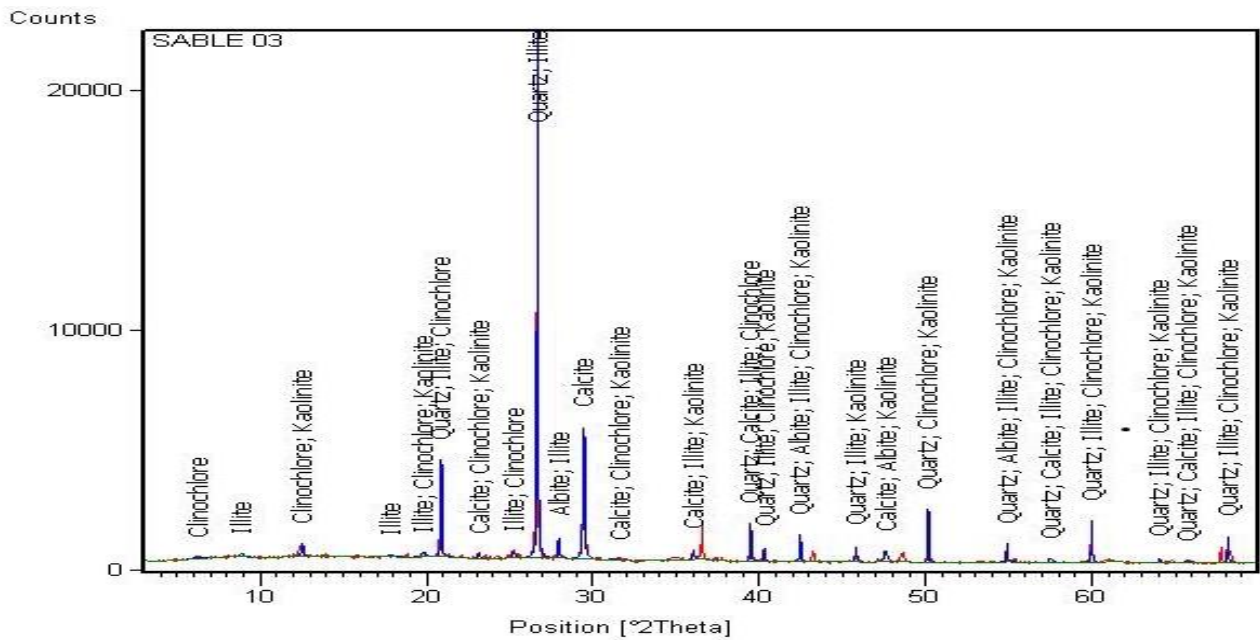


Figure III. 6 : la diffraction des rayons X du sable 0/3 de Chlef.

Commentaire : l'analyse par diffraction de notre échantillon nous montre la présence des pics de calcite, clinocllore, kaolinite et le quartz.

➤ Ciment

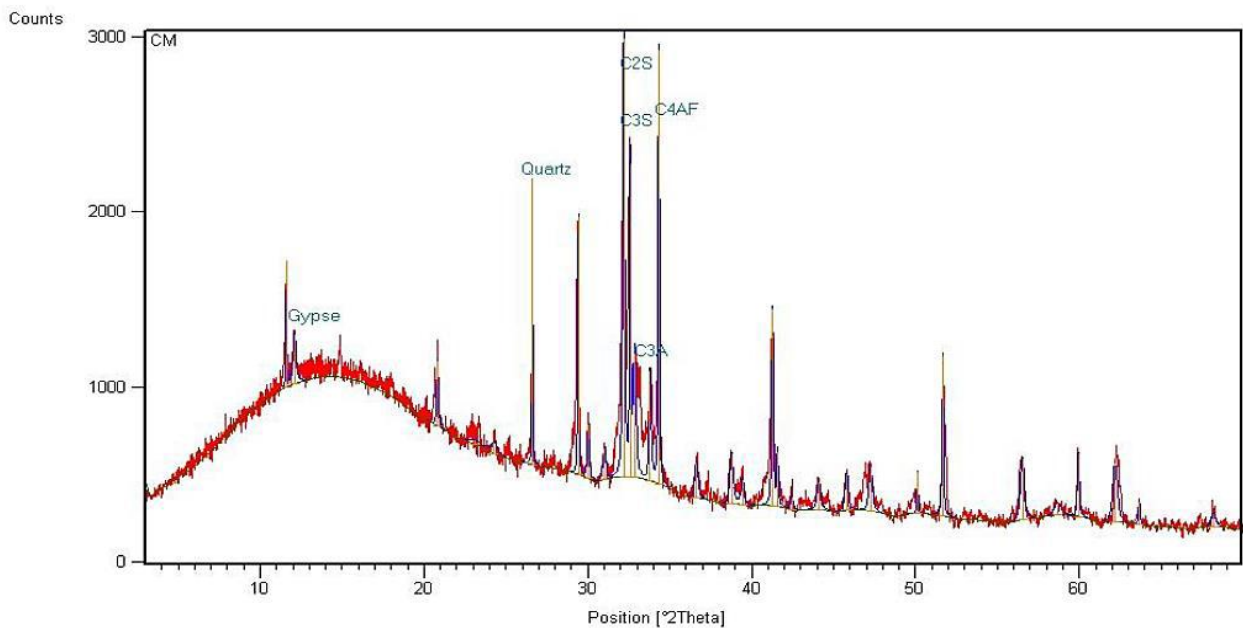


Figure III. 7 : la diffraction des rayons X du ciment d'Ain Touta.

Commentaire : le ciment analysé par la diffraction des rayons X présente des pics de gypse, C₂S, C₃S, C₃A, C₄AF et quartz.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

III.A.1.4 Formulation de plaque en béton

Après l'obtention et la validation des caractéristiques physicochimiques, mécaniques et dimensionnelles des matériaux utilisés nous pouvons passer à la confection des plaques en bétons pour cela il nous faut :

- Un ciment portland de type CEM II/B 42,5 R conforme à la norme NF EN 197-1.
- Granulats (Sable roulé ou concassé, gravier), ayant une granulométrie comprise entre 0 mm et 8 mm avec une courbe granulométrique continue.
- Rapport de mélange : liant / granulats, 1,5 proportion en poids.
- Teneur en charge fines par m³ de béton préparé ; 500 kg/m³ de béton préparé. Le béton doit contenir des fines pour avoir une bonne ouvrabilité et être de structure fermée. La proportion de fines est constituée de ciment et de charge ayant une granulométrie inférieure à 0,125 mm.
- Rapport : eau / ciment : 0,5 en poids.
- Fabrication : verticalement ou horizontalement, dans des moules en évitant d'utiliser un agent de démoulage.
- Compactage : 90 s sur une table vibrante à 50 Hz. [55]. (Voir annexe B)



Figure III. 8 : Plaques en bétons [photo prise au CETIM le 26/02/2018].

III.B Formulation du mortier colle

Le mortier colle se distingue des autres mortiers par sa composition : du ciment, du sable du filler et des additifs. Le mortier sert principalement à fixer des revêtements, comme le carrelage ou la faïence, certains sols vinyle.... Il existe une large gamme de mortier colle : à prise lente ou rapide, résistant au gel pour la pose extérieure, spécial chauffage au sol, spécial pour les murs... Les mortiers de couche mince pour la pose des carreaux et des plaques céramiques doivent répondre à des exigences bien définies. Celles-ci sont mentionnées dans la norme NF EN 12004 [1]. (Voir annexe B)

III.B.1 Matériaux et méthodes de caractérisation

III.B.1.1 Ciment

Le ciment utilisé dans notre étude est un ciment de type CEM II/A 42,5 N. provenant de la cimenterie de MEFTAH [62].

a. Analyse chimique et minéralogique du ciment

Les tableaux III [11 et 12] représentent respectivement la composition minéralogique et chimique du ciment utilisé.

a.1 Composition minéralogique du ciment

Tableau III. 12 : Composition minéralogique du ciment MEFTAH.

Phase ,%	Elément	Teneur
Clinker	C ₃ S	55
	C ₂ S	21
	C ₃ A	07
	C ₄ AF	11
	CaO _L	01
	Régulateur de prise (gypse)	05
Ajout	Calcaire	15

Chapitre III. Méthodologie et formulations

a.2 Composition chimique du ciment

Tableau III. 13 : Composition chimique du ciment MEFTAH.

Elément	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF
Teneur (%)	17.64	4.88	3.21	63.29	1.12	0.58	0.10	2.36	0.16	0.22	6.44

b. Caractéristique physico-mécanique du ciment

Les tableaux III. 14 et 15 ci-dessous représentent respectivement les caractéristiques physiques et mécaniques du ciment utilisé.

b.1 Caractéristiques physiques du ciment

Tableau III. 14 : Caractéristiques physiques du ciment MEFTAH.

Caractéristiques	Résultats
Temps de début de prise (mn)	150 mn
Temps de fin de prise (mn)	240 mn
Masse volumique absolue (g/cm ³)	3.11
Surface spécifique de Blaine (cm ² /g)	3898
Consistance normale (%)	24.8

b.2 Caractéristique mécanique du ciment

Tableau III. 15 : Caractéristiques mécaniques du ciment MEFTAH.

Echéance en jours	Flexion (N/mm ²)	Compression (N/mm ²)
02	4.3	19.6
07	6.5	37.2
28	6.6	48.4

Commentaire : le ciment analysé par nos soins, est un ciment Portland avec ajout calcaire, dont les caractéristiques physico mécaniques et chimiques satisfont aux exigences des ciments CEM II/A 42,5 R selon la norme en vigueur. (Voir annexe B)

La granulométrie laser

La granulométrie laser est l'étude de la distribution de la taille des particules présentes au sein d'échantillon secs (poudre, farine, sable...) ou liquide (sirops, émulsions, suspensions.)

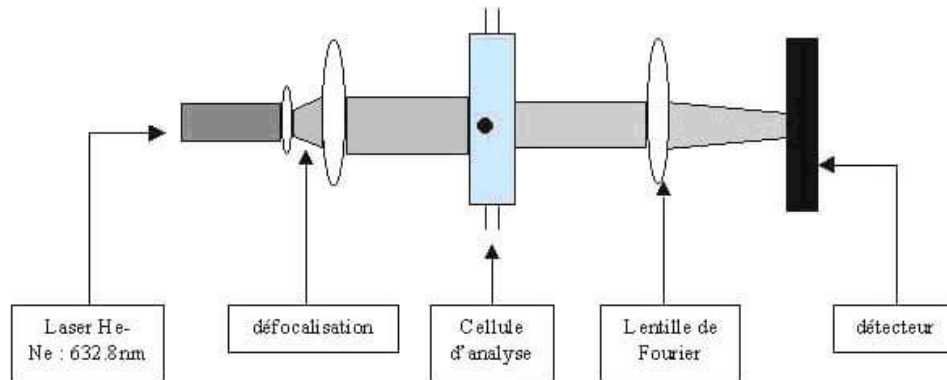


Figure III. 9 : Principe de la granulométrie laser.

Principe

Les particules passent à travers un rayon laser fixe chaque particule diffracte la lumière selon un angle qui est fonction de sa taille. la lumière diffractée est recueillie par un détecteur multi-éléments. L'image de diffraction obtenue est transformée en utilisant un modèle optique et une procédure mathématique appropriée (théorie de Mie ou théorie de Fraunhofer) le résultat illustré sous forme de courbe semi-logarithmique, est une distribution de particule en volume [70].

b.3 La granulométrie laser du ciment

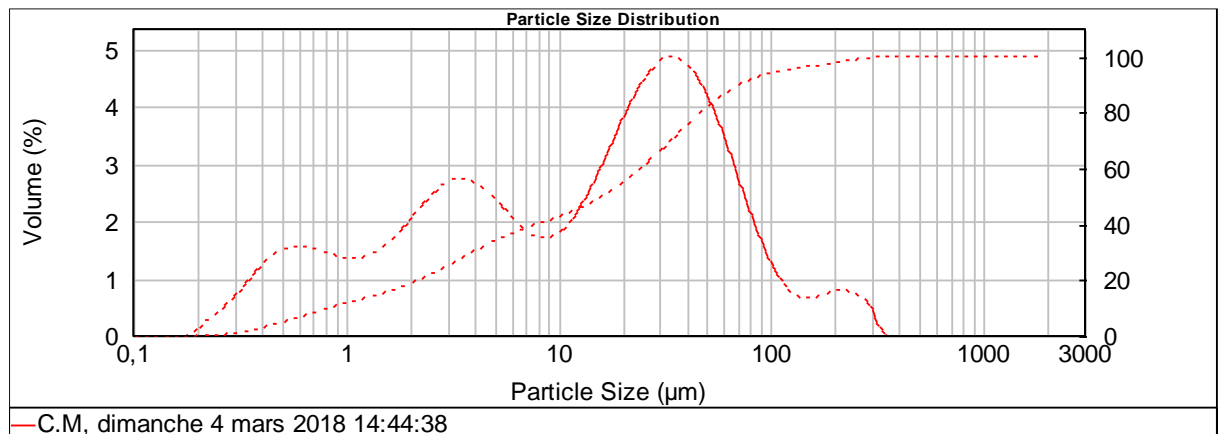


Figure III. 10 : Courbe des résultats de la granulométrie laser du ciment MEFTA.

La diffraction des rayons X (DRX) du ciment

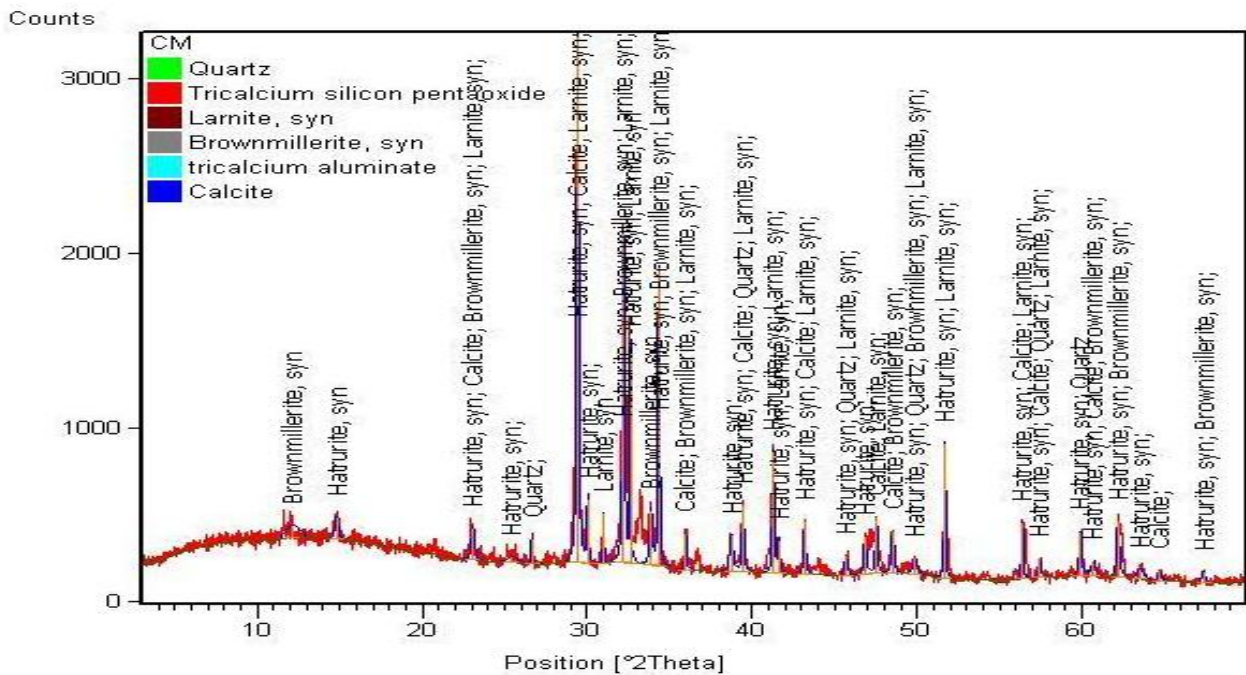


Figure III. 11 : La diffraction des rayons X du ciment de MEFTAII.

III.B.1.2 Sable

Le sable utilise dans notre étude est un sable très fin. (Sable de Boussaâda).

a. Caractéristique du sable utilisé (sable de Boussaâda)

a.1 Analyse granulométrique

La granulométrie de notre sable est déterminée selon la norme NF EN 993-1, les résultats d'essai sont présentés dans le tableau III [15] [58].

Chapitre III. Méthodologie et formulations

Tableau III.16 : granulométrie du sable de Boussaâda.

Masse humide : 500g		masse sèche des fines retirés après lavage : 484g		
Masse sèche : 492 g		M ₁ -M ₂ = 8g		
Ouverture des tamis (mm)	Poids (g)	Teneur (%)		Module de finesse (%)
	Refus cumulés (R _i)	Refus cumulés	Tamisât cumulés	
1	1	00.20	99.80	1.15
0.63	1	00.20	99.80	
0.5	1	00.20	99.80	
0.315	27	05.57	94.43	
0.25	83	17.14	82.86	
0.125	473	97.72	02.28	
0.08	483	99.79	00.21	
0.063	483	99.79	00.21	
Fond de tamis	483	99.79	00.21	

a.2 La granulométrie laser

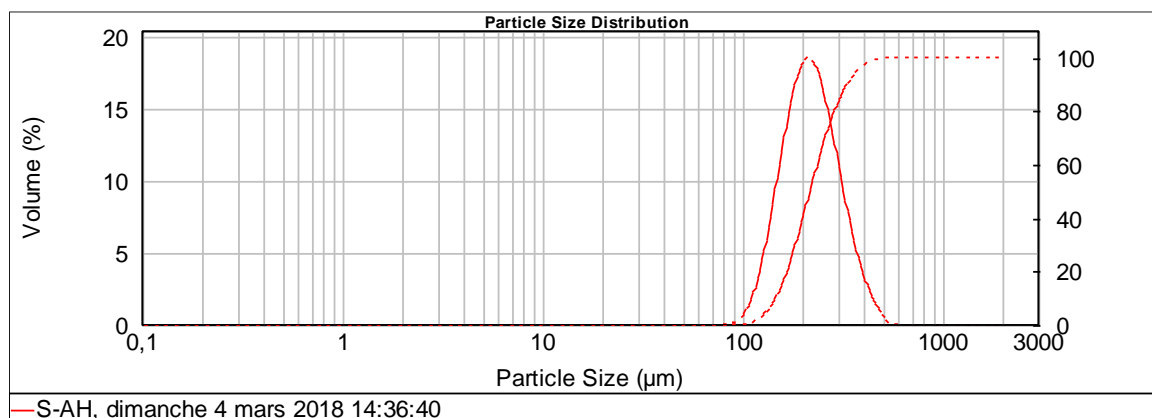


Figure III. 12 : Courbe de répartition granulométrique du sable Boussaâda.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

b. Caractéristiques physiques du sable

b.1 L'équivalent de sable

L'essai d'équivalent de sable permet de mesurer la propreté d'un sable. C'est un essai quantitatif des éléments fins dans un sable.

Il s'effectue sur une fraction granulaire 0/2, c'est-à-dire le passant au tamis à mailles carrées de 2 mm et est exprimé par un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

La valeur de l'équivalent de sable (E_s) est le rapport multiple par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du flocculat et de la partie sableuse sédimentée selon la formule suivante : $E_s = (H_2/H_1)100$

Si les deux valeurs diffèrent de plus de 4, le mode opératoire d'essai doit être répété [59]. (Voir annexe B)

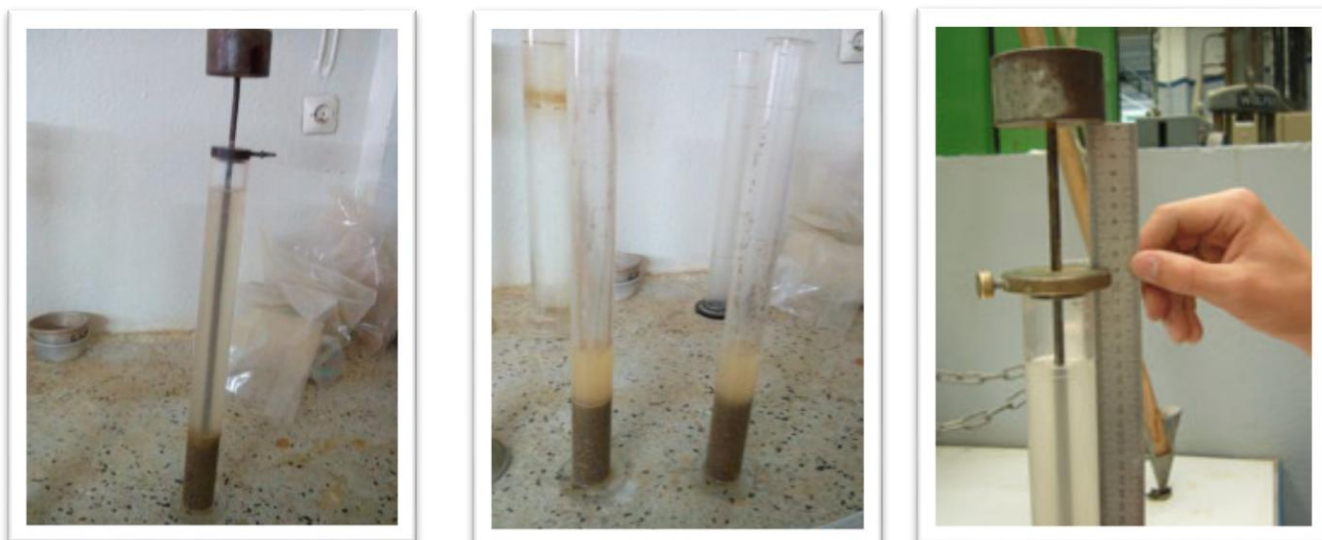


Figure III. 13 : Mesure des particules fines du sable de Boussaâda [photo prise le 20/03/2018 au laboratoire de CETIM].

b.2 Essai de bleu de méthylène

L'essai de bleu de méthylène permet de déterminer la propreté d'un sable, c'est un essai qualitatif qui consiste à qualifier la nature des fines.

Principe : Des doses d'une solution de bleu de méthylène sont ajoutées successivement à une suspension de la prise d'essai dans l'eau. L'adsorption de la solution colorée par la prise d'essai est vérifiée après chaque addition de solution en effectuant un test à la tâche du papier filtre pour déceler la présence de colorant libre [60]. (Voir annexe B)

Lorsque la présence de colorant libre est confirmée, la valeur de bleu de méthylène sera calculée comme suit : $MB = (V_1/M_2) * 10$

Chapitre III. Méthodologie et formulations

Où :

V_1 : volume total de la solution de colorant injectée, en millimètre.

M_1 : masse de la prise d'essai.

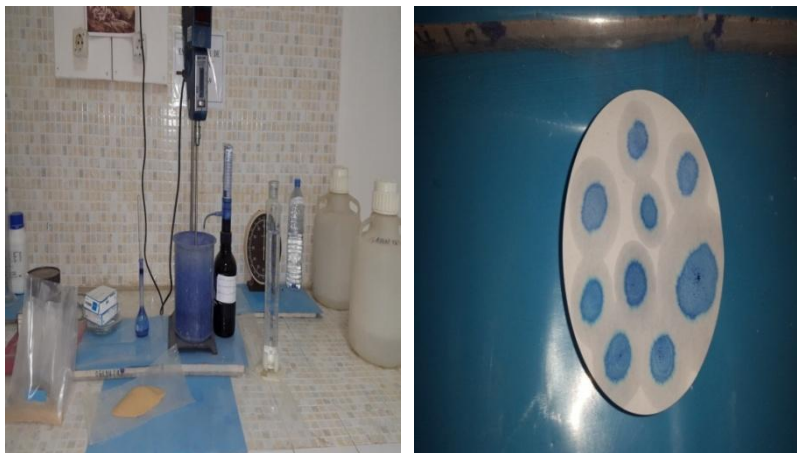


Figure III.14 : Essai de bleu de méthylène [photo prise le 20/03/2018 au laboratoire de CETIM].

Tableau III. 17 : Essai physique du bleu de méthylène (sable de Boussaâda).

Paramètre de calcul	M_H	M_S	$M_{S'}$	Formule de calcul	Résultats
Humidité				$W = [(M_h - M_s)/M_s]100$	W=1.6%
Fines	500	492	484	$F = [(M_s - R_{63\mu})/M_s]100$	F=1.62% F≤10%
Masse totale				$M_T = 120 (100+w) 100$	M_T=121.92g

Chapitre III. Méthodologie et formulations

➤ Résultats d'équivalent de sable de Boussaâda

Tableau III. 18 : Equivalent de sable (Boussaâda).

	1 ^{ère} prise	2 ^{ème} prise
Heure de début d'essai	10 : 35	10 :37
Heure de début d'essai +10 min	10 :45	10 :47
Heure de lecture (20 min)	11 :05	11 :07
Hauteur H ₁ (cm)	124	126
Hauteur H ₂ (cm)	90	88
Equivalent de sable (100 H ₂ /H ₁)	72.5	69.8
Moyenne	71.15	

➤ Valeur de bleu de méthylène.

Tableau III. 19 : Bleu de méthylène du sable de Boussaâda.

Echantillon	Valeur du bleu (g/kg)
Sable 0/3	0.9

Commentaire : d'après les résultats obtenus nous remarquons que notre sable est propre et répond aux exigences de la norme.

b.3 La masse volumique réelle

La masse volumique réelle est définie comme le quotient de la masse sèche de l'échantillon par le volume occupé de la matière solide, y compris les vides contenus dans les grains (volume réel) [73]. (Voir annexe B)

b.4 Le coefficient d'absorption d'eau

Le coefficient d'absorption d'eau est défini comme le rapport de l'augmentation de masse de l'échantillon entraînée par une imbibition partielle en eau et la masse sèche de l'échantillon. Cette imbibition partielle est obtenue par immersion de l'échantillon dans l'eau pendant 24h à 20°C à la pression atmosphérique [74]. (Voir annexe B)

Chapitre III. Méthodologie et formulations

b.5 La teneur en eau

La teneur en eau est définie comme le rapport du volume des vides contenus dans les grains et accessibles à l'eau au volume réel de l'échantillon [74]. (Voir annexe B)

b.6 La masse volumique réelle imbibée

La masse volumique réelle imbibée est définie comme le quotient de la masse de l'échantillon imbibé dans les conditions du paragraphe (2) par le volume qu'il occupe [57]. (Voir annexe B)

Tableau III. 20 : Essai physique de sable de Boussaâda.

	M_H	M_S	M_A	M_1'	M_2'	$M_{A'}$	Formule de calcul	Résultats
Masse volumique réelle							$\rho_r = M_S / (M_A - M_{A'})$	2,45T/m ³
Coefficient d'absorption d'eau	500	479.4	488.7	1535.8	1242.3	293.5	$Ab = (M_H - M_S) / M_S$	1.93%
Teneur en eau							$W = (M_H - M_S) / M_S$	4.27%
Masse volumique réelle imbibée							$\rho_{ri} = M_{A'} / (M_A - M_{A'})$	2.50T/m ³

Chapitre III. Méthodologie et formulations

c. Composition chimique du sable

c.1 Analyse chimique élémentaires effectuée par la fluorescence X

Tableau III. 21 : Composition chimique du sable de Boussaâda.

Nom échantillon	PF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂
Teneur (%)	0.92	97.13	0.63	0.25	0.71	0.06	0.01	0.21	0.01	0.01	0.05

La diffraction des rayons X du sable de Boussaâda

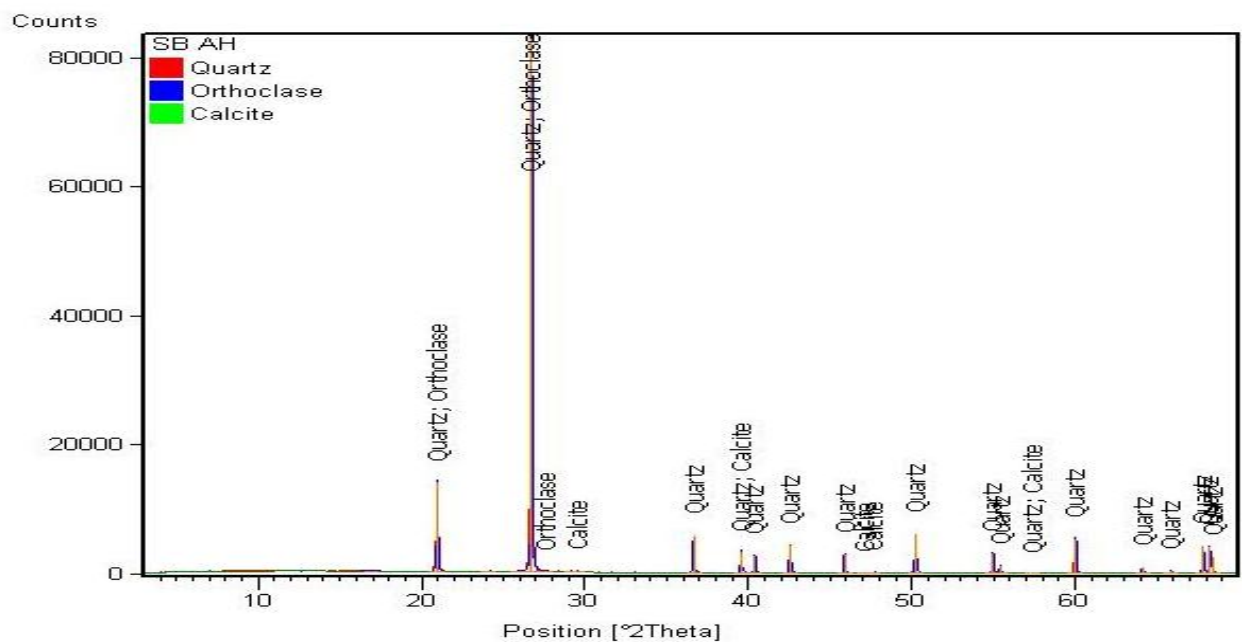


Figure III. 15 :La diffraction des rayons X du sable de Boussaâda.

L'analyse par diffraction des rayons X révèle les résultats suivants :

Le diffractogramme $I=f(2\theta)$, montre la présence de la calcite d'une teneur de 02%, ainsi que les feldspaths potassique et le quartz avec des teneurs de 03% et 96%.

III.B.1.3 Filler

Le filler calcaire est obtenu par concassage et broyage de la pierre calcaire, sa granulométrie étant inférieure à 80µm, le filler permet la constitution d'un squelette granulaire optimal, ainsi la maniabilité d'un mortier est améliorée surtout << l'effet filler >> correspond à un effet physique qui permet une meilleure compacité du mortier par le remplissage des vides, si ces éléments fins se placent à l'interface granulat pate de ciment, ils permettent d'augmenter les résistances du matériau [1].

Chapitre III. Méthodologie et formulations

a. Caractéristique du filler utilisée (filler du centre)

a.1 Analyse chimique du filler

Les résultats obtenus par l'analyse élémentaire effectuée par fluorescence X [63].

Tableau III. 22 : Analyse chimique des fillers centre.

Elément	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF
Teneur (%)	17.64	4.88	3.21	63.29	1.12	0.58	0.10	2.36	0.16	0.22	6.44

a.2 Granulométrie du filler

La granulométrie s'effectue par tamisage dans un jet d'air [71].

Principe

L'essai consiste à diviser et à séparer au moyen d'une série de tamis, un filler en plusieurs classes granulaires de dimension décroissante.



Figure III. 16 : Un jet d'air [photo prise le 25/03/2018 au laboratoire du CETIM].

Chapitre III. Méthodologie et formulations

✓ L'analyse granulométrique

Tableau III. 23 : Analyse granulométrique des fillers.

M=50g	
Tamis ouverture (mm)	Refus (g)
40	19.9
50	15.9
63	11.8
100	6.1
160	3
125	2.9

✓ La granulométrie laser du filler

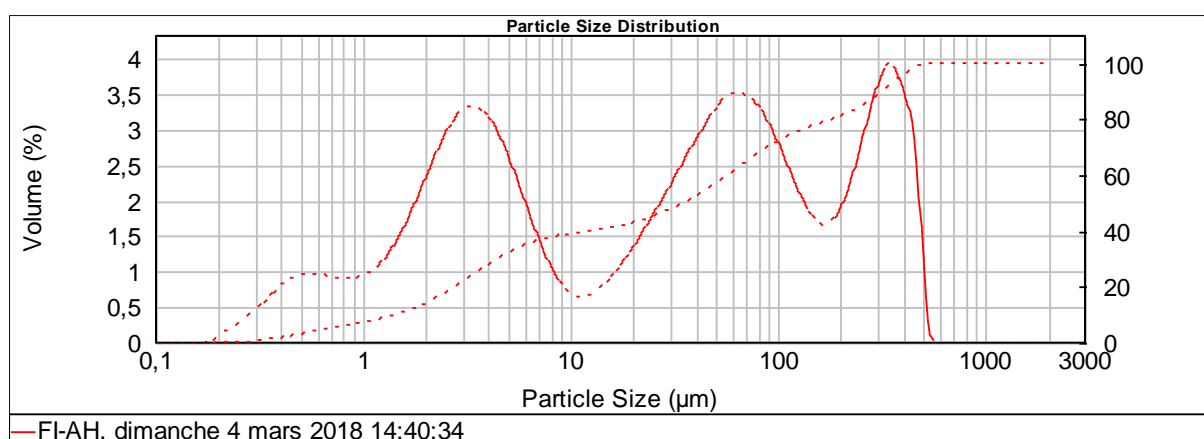


Figure III. 17 : La granulométrie laser des fillers centre.

b. Caractéristiques physiques des fillers

Tableau III. 24 : Caractéristiques physiques des fillers.

Caractéristiques	Unité	Symbole	Résultats
Poids spécifique	g/cm ³	P _S	2.76
Valeur du bleu de méthylène	%	V _B	1.66

Commentaire : d'après les résultats nous avons remarqué que les fillers de calcaire sont propres.

✓ La diffraction des rayons X des fillers

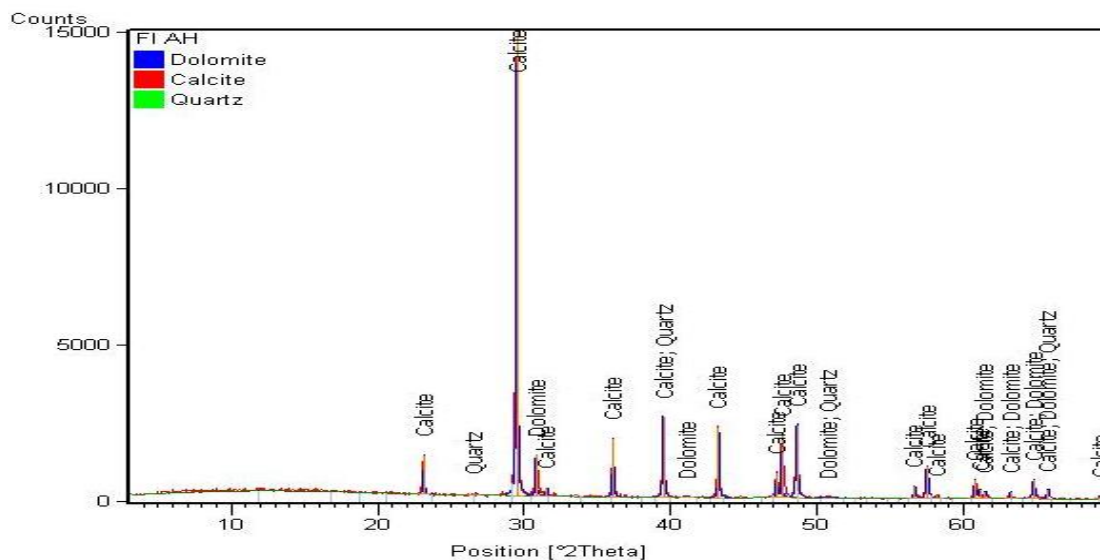


Figure III. 18 : La diffraction des rayons X des fillers centre.

Commentaire : Le diffractogramme de cet échantillon montre la présence d'une phase cristalline constituée de 90% de calcite, 06% Dolomite et 02% de quartz.

III.B.1.4 Ether cellulose

L'éther cellulose est un polymère artificiel dérivé de la cellulose. Il appartient à la famille des polymères cellulosiques.

Les éthers cellulose sont selon leurs propriétés employés dans divers domaines industriels. Même s'ils sont introduits dans de faibles proportions (quelques pourcents en poids), ils modifient significativement les propriétés des matériaux, on les utilise pour contrôler la viscosité d'un milieu.

Enfin on les utilise comme colloïde protecteurs ou pour réguler la taille des micelles dans les polymérisations en suspension [75].

III.B.1.5 Poudre redispersible

Les poudres polymères redispersibles ont une influence décisive sur les mortiers secs à base de ciment, de carbonate de calcium ou de plâtre.

Les poudres polymères redispersibles très fluides sont obtenues par atomisation de dispersions de latex optimisée [1].

III.B.2 Essais et méthode de formulation du mortier colle

Dans notre étude nous avons préconisé une formulation d'un mortier de base pour les différentes compositions, elle comporte :

- Du ciment portland aux ajouts de classe 42.5, respectant la norme NA 442/2013 de la cimenterie de MEFTAH.
- Du sable de Boussaâda, avec une fraction de 0/1 mm.
- Du filler calcaire du centre d'un diamètre inférieur à 150µm.
- D'un éther cellulose et poudre redispersable.

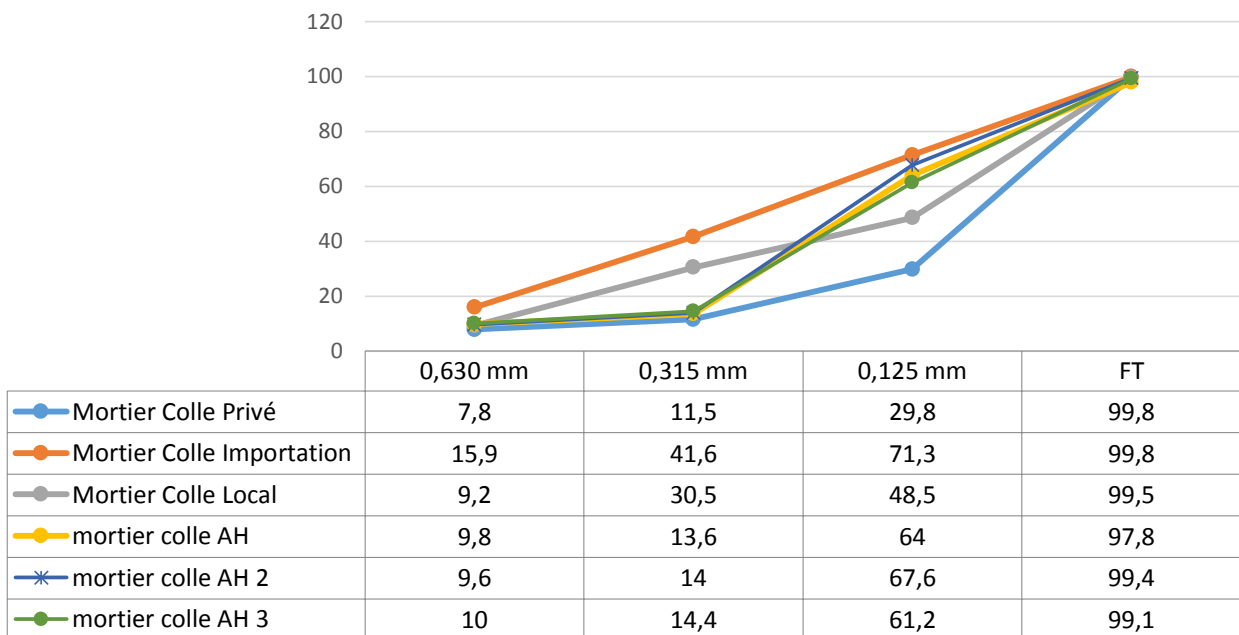


Figure III. 19 : Courbe granulométrique des mortiers colle.

Commentaire : Suivant l'analyse granulométrique des échantillons de mortiers colle des concurrents du marché local (benchmark). On a optimisé des formulations avec une granulométrie qui se situe dans l'intervalle granulométrique des mortiers en question.

III.B.2.1 Elaboration du mortier

Le temps et la vitesse de mélange sont rigoureusement identiques d'un essai à l'autre.

Les mélanges des colles ont été préparés selon la norme NF EN 1348.

Préparation d'une quantité de 2 kg de colle dans un malaxeur, en utilisant de faibles vitesses [1].

✓ Support

Dans cette étude on a utilisé des supports en béton pour réaliser les essais de mesure d'adhérence.

Les plaques en béton sont fabriquées avec du ciment portland CEM II/A 42.5 R et du sable roulé ayant une granulométrie comprise entre 0 et 8 mm.

Stocker les plaques pendant 24h dans les conditions normales, puis six jours en immersion dans l'eau à (20±2) °C, puis les stocker dans un environnement sec et ventilé durant 3 mois [1].

III.B.2.2 Essais de caractérisation du mortier colle

Les essais qui permettent de déterminer les caractéristiques des colles utilisées pour la pose inférieure de carreaux céramiques sont les suivants :

a. Essais à l'état frais

a.1 Détermination de la consistance des mortiers frais

La masse volumique sèche d'une éprouvette donnée de mortier durci est déterminée par le quotient de sa masse à l'état sec en étuve par le volume qu'elle occupe lorsqu'elle est immergée dans l'eau, à l'état saturé selon la norme EN 1015-3 [1]. (Voir annexe B)

a.2 Détermination de l'étalement du mortier frais

La période d'ouvrabilité d'un échantillon de mortier frais, porté initialement à une valeur d'étalement définie, est mesuré par le temps, en minute, au bout duquel il atteint une limite définie de rigidité ou d'ouvrabilité, durant un essai de ce type défini selon la EN 1015-9 [1]. (Voir annexe B)



Figure III. 20 : Détermination de l'étalement du mortier frais [photo prise au laboratoire du CETIM 20/03/2018].

a.3 Déterminations de la masse volumique apparente du mortier frais

La masse volumique apparente d'un mortier frais déterminée par le quotient de sa masse par le volume qu'il occupe lorsqu'il est introduit, ou introduit et compacté, d'une manière prescrite dans un récipient de mesure d'une capacité donnée selon la norme EN 1015-6 [1]. (Voir annexe B)



Figure III. 21 : Détermination de la masse volumique apparente [photo prise au CETIM 20/03/2018].

a.4 Détermination de la teneur en air du mortier frais

La masse volumique apparente d'un mortier frais est déterminée par le quotient de sa masse par le volume qu'il occupe lorsqu'il est introduit, ou introduit et compacté, d'une manière prescrite dans un récipient de mesurage d'une capacité donnée selon la norme EN 1015-7 [1]. (Voir annexe B)



Figure III. 22 : Détermination de la teneur en air [photo prise au laboratoire du CETIM 20/03/2018].

✓ Préparation des maquettes d'essai

Appliquer une fine couche de mortier colle sur la dalle de béton au moyen d'une taloche à bord rectiligne. Appliquer ensuite une couche plus épaisse et peigner à l'aide de la taloche crantée à un angle de 60°, au bout de cinq minutes placer les carreaux céramique sur la colle puis charger chaque carreau avec le poids (20 ± 0.05)N pendant 30s [72]. (Voir annexe B)



Figure III. 23 : Préparation des maquettes d'essai.

b. Essais à l'état durci

b.1 Détermination de l'adhérence par traction

Elle s'applique sur tous les mortiers colles dont ceux comprenant des composants séparés pour la pose des carreaux céramiques sur les sols intérieurs ou extérieurs selon la norme EN 1348 [13]. (Voir annexe A)

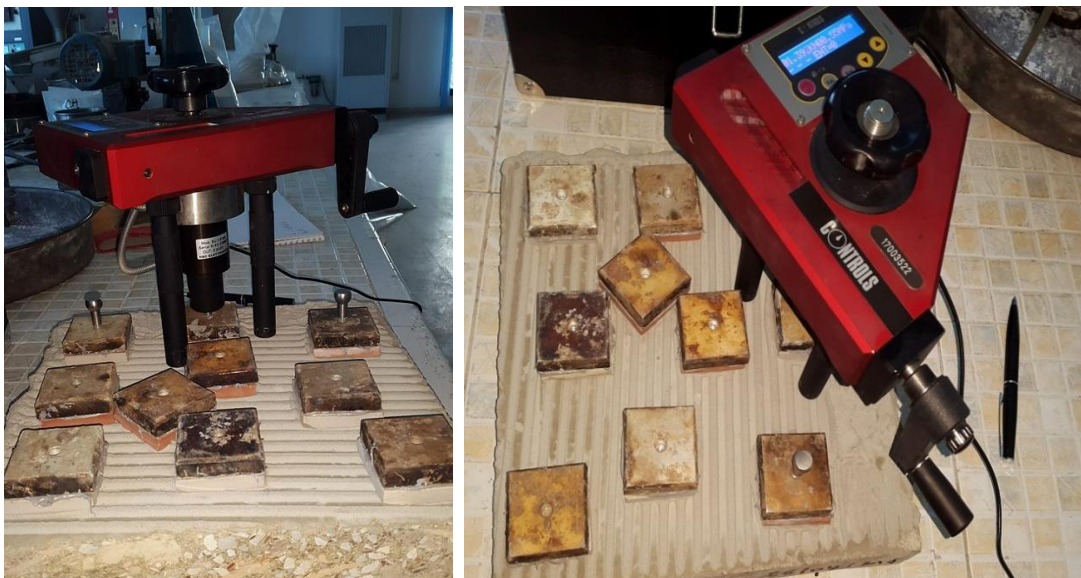


Figure III. 24 : Appareil d'arrachement par traction.

Après 27 jours de stockage dans les conditions normales, coller les pièces de traction sur les carreaux à l'aide d'une colle à haute résistance (appropriée), après une durée supplémentaire de 24h, déterminer l'adhérence par traction du mortier colle en appliquant une force augmentant à une vitesse constante de (250 ± 50) N/s [72]. (Voir annexe A)



Figure III. 25 : Les maquettes d'essai après l'arrachement.

Nous remarquons que notre type d'arrachement est très bon par rapport aux exigences de la norme NF EN 12004-1

b.2 Détermination de l'adhérence initiale

Selon la norme NF EN 12004-1, l'adhérence initiale est la résistance d'arrachement par traction du mortier colle après 5 minutes de repos.



Figure III. 26 : Pièce de carreau de l'arrachement initial.

b.3 Détermination du temps ouvert

Le temps ouvert, en minutes, est l'intervalle de temps maximal pendant lequel la colle répond à l'exigence d'adhérence par traction définie dans la norme NF EN 12004-2 [72]. (Voir annexe A)

Chapitre III. Méthodologie et formulations

b.4 Détermination du glissement

Le glissement, δ , exprimé en millimètre, est la différence entre le premier point (la règle et le carreau) et le deuxième point (la règle et le carreau après avoir relevé la plaque), le glissement du carreau sous l'effet de son propre poids correspond à la différence existante entre les deux valeurs relevées [72]. (Voir annexe A)



Figure III. 27 : Essais de glissement [photo prise au laboratoire de CETIM 25/04/2018].

Dans les neuf formulations on n'a pas réussi l'essai du glissement, par contre dans la formulation N° 10 : l'essai glissement a été réussi selon la norme NF EN 12004-2.

b.5 Adhérence par traction après immersion dans l'eau

Conditionner des maquettes d'essai pendant 7 jours dans les conditions normales, puis les immerger dans l'eau à une température normale. Au bout de 20 jours sortir les maquettes et les essuyer avec un chiffon et coller les pièces de traction, après une durée supplémentaire de 7h dans les conditions normales, immerger les maquettes d'essai, le lendemain sortir les maquettes d'essai et effectuer l'adhérence par traction [72]. (Voir annexe A)



Figure III. 28 : Immersion des maquettes d'essai dans l'eau.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

b.6 Adhérence par traction après action combinée de la chaleur et humidité, %

Conditionner les maquettes d'essai dans les conditions normales pendant 14 jours, puis les introduire dans une étuve ventilée réglée à (70 ± 3) °C et les y laisser pendant une durée supplémentaire de 14 jours. Retirer les maquettes de l'étuve, puis coller les pièces de traction sur les carreaux. Conditionné les maquettes dans les conditions normales pendant 24h et effectuer l'adhérence par traction [72]. (Voir annexe A)



Figure III. 29 : Maquette d'essai dans l'étuve pour l'action de chaleur.

Chapitre III. Méthodologie et formulations

Conclusion

L'objectif de cette étude consiste à étudier la faisabilité de fabriquer un mortier colle à base des matériaux locaux avec des additifs (polymères), pour cela on a préconisé une formulation d'un mortier pour les différentes compositions.

L'optimisation et la fabrication du mortier colle est basée sur le type et la régularité du ciment utilisé et la granulométrie du sable et filler.

Après les tests et les essais effectués sur les matériaux utilisés en suivant les critères et les exigences de plusieurs normes européennes sur les essais de caractérisation du mortier colle de :

- De détermination de la consistance des mortiers frais.
- Détermination de l'étalement du mortier frais.
- Déterminations de la masse volumique apparente du mortier frais.
- Détermination de la teneur en air du mortier frais.
- Détermination de l'adhérence par traction.
- Détermination du temps ouvert.
- Détermination du glissement.
- Adhérence par traction après action de chaleur.
- Adhérence par traction après immersion dans l'eau.

On conclue que tous les matériaux locaux utilisés et les tests sont conformes et répondent aux exigences des normes en vigueur pour la fabrication de mortier colle.

Après avoir entrepris tous ces essais, nous avons élaboré 10 formulations sur le mortier colle pour la production du meilleur mortier colle selon les exigences de la norme NF EN 12004-1 et 2 en fixant le filler à 5 % et l'un des additifs, (éther cellulose) à 0.3 % et fait varier le pourcentage de ciment, de sable et de la poudre redispersable.

Chapitre IV. Résultats et discussions

Compte tenu de l'intérêt donné par les autorités au développement local et à l'exportation des produits vers Afrique et l'Europe, et en vue des nouvelles stratégies d'investissements sur ce continent, cette étude va être menée dans le but d'améliorer la production nationale et de réduire la facture d'importation.

Cette étude a été élaborée suivant des méthodes universelles utilisées dans divers domaines de l'ingénierie. Il faut avant tout noter que l'analyse SWOT ainsi que la méthode SMART nous ont pleinement facilité nos études expérimentales, en plus de nous permettre de suivre une méthodologie de travail efficiente conforme aux nouveaux systèmes de recherches scientifiques, à l'ère du développement technologique et de la globalisation.

L'emploi de l'analyse SWOT nous a premièrement indiqué où se positionne nos atouts ou autrement dit « nos forces », d'où l'expression Anglo-Saxonne « Strengths », ensuite, il nous était indispensable de bien repérer les opportunités (Opportunities) vers lesquels pourraient nous mener nos études expérimentales. C'est d'ailleurs ce qui nous pousse concrètement d'en sortir avec une réelle valeur ajoutée dans ce mémoire. Cependant, il est indispensable de bien reconnaître les aspects où on pourrait manquer d'expertise, de connaissances ou de savoir en termes techniques ou théoriques, et c'est ce qu'on peut considérer comme faiblesses, définies comme « Weaknesses » dans l'analyse SWOT. Ce qui nous amené à établir le constat suivant ci-dessous.

1. Forces

- La disponibilité de la matière première (ciment, sable, filler).
- La main d'œuvre disponible et bon marché.
- Bref délai pour fabrication. (temps court)
- Excédant de ciment et de granulats.

2. Faiblesses

- Les additifs sont importés de l'étranger.
- Méconnaissance et manque d'études dans le domaine.

3. Menaces

- Concurrence sur le marché local.
- Arrêt de l'importation des additifs.

4. Opportunités

- Des laboratoires spécialisés dans le domaine des matériaux (URMPE-CETIM-CNERIB-CRAPC.....).
- Existence de plusieurs cimenteries, et unités de production de granulats
- Forte demande du produit utilisé sur le marché.

C'est en appliquant l'analyse SWOT et grâce à l'étude de faisabilité de fabrication du mortier Colle effectuée au sein du centre d'étude et des services technologiques de l'industrie des matériaux de construction (CETIM), que nous avons constaté que l'étude de la formulation et la caractérisation d'un mortier colle pour carrelage pouvait se faire.

La méthode SMART nous a permis de nous lancer dans l'optimisation de la formulation d'un mortier colle pour carrelage avec des matériaux locaux en suivant les facteurs clefs listés ci-dessous :

• **S Spécifique :**

La formulation d'un mortier colle pour carrelage à base d'un ciment gris de la cimenterie de Meftah (CEM II A 42.5 N), avec le sable Boussaâda et des fillers.

• **M Mesurable :**

Diminuer l'importation du mortier colle et développer le marché local, en valorisant les matériaux locaux.

• **A Ambitieux :**

Mais atteignable ! Notre ambition est d'optimiser la formulation d'un mortier colle, afin de satisfaire la consommation et les besoins nationaux.

• **R Réaliste :**

Tous les produits utilisés pour la formulation d'un mortier colle pour carrelage sont disponibles en grande quantité et à très bon prix.

• **T Temporel :**

Le temps de fabrication et de transport sont minimes pour la région centre, car tous les produits se trouvent dans la région centre (même région), et à proximité des centres de production ce qui réduit et facilite tous les déplacements.

Après avoir entrepris ces deux analyses, nous avons élaboré 10 formulations de composition de mortier colle pour carrelage. Pour une meilleure optimisation, selon les exigences des normes NF EN 12004-1 et NF EN 12004-2. Nous fixons l'un des additifs, (éther cellulose) à 0.3 %, et le filler à 5 %, en variant le pourcentage de ciment, sable et de la poudre redispersible.

Les résultats sont présentés dans le **Tableau IV. 1** ci-dessous :

Chapitre IV. Résultats et discussions

Tableau IV. 1 : Résultats des dix formulations de mortier colle à l'état frais.

N°	Matières	Formulation						Analyse granulométrique				Résultats			
		Ciment %	Sable %	Filler %	Ether Cellulose %	Poudre redispersable %	Quantité d'eau (ml)/Kg	0,63 μm	0,315 μm	0,125 μm	FT	Etalement (Cm)	CN (%)	MV (Kg/L)	Teneur en +Air (%)
Exigences											de 14 à 20	/	/	≥ 14	
Formule 01	Ciment Meftah+ Sable Boussaâda + Filler Centre	25	70	5	0,3	0,6	254	0	5,6	59,35	99,25	15	25,4	1,62	18
Formule 02		30	65	5	0,3	0,6	260					15,5	26	1,67	19
Formule 03		35	60	5	0,3	0,6	272					16	27,2	1,72	16
Formule 04		25	70	5	0,3	1	265					16	26,5	1,65	18
Formule 05		30	65	5	0,3	1	210					15	21	1,68	16
Formule 06		35	60	5	0,3	1	275					17	27,5	1,73	16
Formule 07		25	70	5	0,3	1,4	275					17,5	27,5	1,68	17
Formule 08		30	65	5	0,3	1,4	278					16	27,8	1,69	20
Formule 09		35	60	5	0,3	1,4	285					17	28,5	1,66	19
Formule 10		25	70	5	0,3	0,6	220					11	22	1,6	25

Remarque : La consistance normale d'un mortier colle est la quantité d'eau nécessaire pour la préparation d'une pâte de ciment normalisée en utilisant une table à secousse, qui nous donne des galettes avec un diamètre compris entre 14 et 20 cm. L'étude de l'influence de différents ajouts sur le comportement rhéologique de notre pâte. Equivaut à un mortier plastique conformément à la norme NF EN 1015-6 : 1998, en variant la quantité d'eau de gâchage. Après avoir constaté que les 9 formules ne répondent pas à l'exigence de la norme NF EN 12004-1 relative à l'essai du glissement. Pour cela, nous avons diminué la quantité d'eau dans la dixième formulation pour vérifier l'influence de la consistance normale sur les propriétés physico-mécaniques de notre mortier colle.

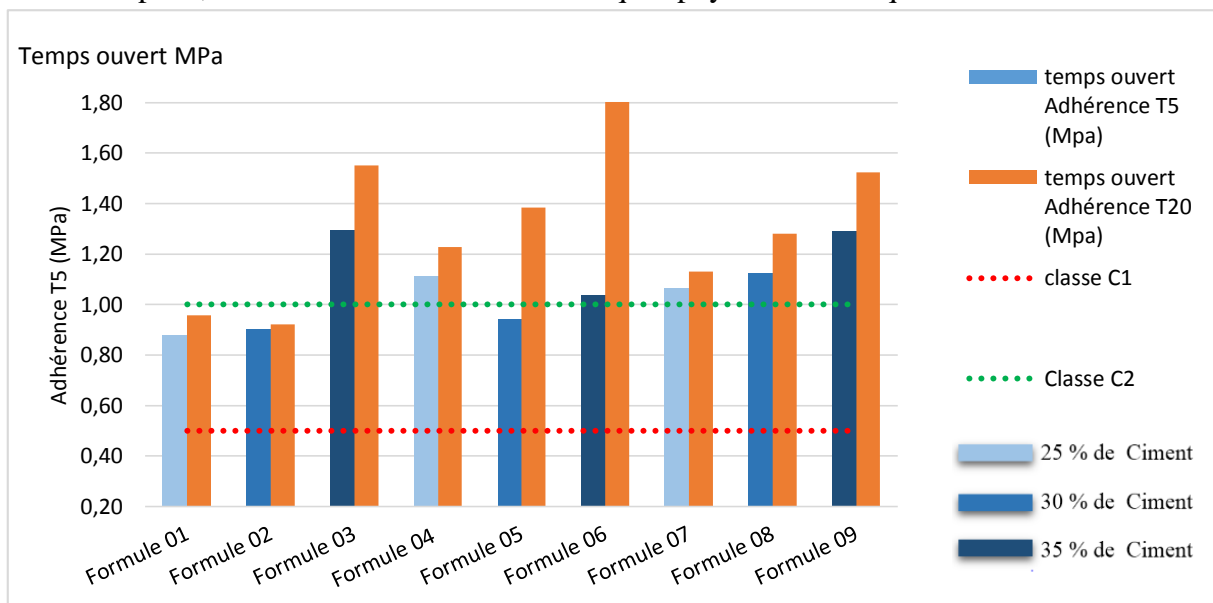
IV.1 Temps ouvert : adhérence par traction

L’essai du temps ouvert exigée par la norme NF EN 12004-1 consiste à observer le temps d’utilisation du mortier colle en lui donnant une classe de C1 a l’adhérence ≥ 0.5 MPa et un classement de C2 pour une adhérence ≥ 1 MPa.

Tableau IV. 2 : Résultats d’arrachement du temps ouvert des 9 formulations.

Arrachement Temps Ouvert				
	Adhérence T5 (MPa)	Adhérence T20 (MPa)	Classe C1	Classe C2
Formule 01	0,88	1,00	0,5	1
Formule 02	0,90	0,90	0,5	1
Formule 03	1,29	1,60	0,5	1
Formule 04	1,11	1,20	0,5	1
Formule 05	0,94	1,40	0,5	1
Formule 06	1,04	1,80	0,5	1
Formule 07	1,06	1,10	0,5	1
Formule 08	1,13	1,30	0,5	1
Formule 09	1,29	1,50	0,5	1

D’après les résultats de la **figure IV.1 Ci-dessous**, nous remarquons que la quantité de ciment et des additifs influent directement sur l’adhérence du mortier, et que l’additif augmente les délais de prise, sans influencer sur les caractéristiques physico-mécaniques.



Nous observons aussi que cet histogramme décrit l’essai du temps ouvert après 20 minutes de repos, ce qui montre que plus notre mortier est au repos, plus on enregistre une augmentation de l’adhérence. L’augmentation de la quantité de ciment et de l’additif (poudre redispersible), améliorent aussi considérablement la résistance à l’arrachement.

On conclut que les formulations (1, 2) répondent aux exigences d’un C1, ce qui confirme que chaque formule a eu un résultat de ≥ 0.5 MPa, et les formules (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) ont un classement C2 selon la norme NF EN12004-1, ≥ 1 MPa sur l’essai d’arrachement.

IV.2 Adhérence initiale par traction

L'adhérence par traction initiale est un essai exigé par la norme NF EN 12004-1, pour des caractéristiques de base d'un mortier colle pour carrelage qui détermine les valeurs d'arrachement en MPa après cinq minutes repos.

Nos mélanges ci-dessous dans la **Figure IV. 2**, présentent une corrélation directe entre l'arrachement initial et le dosage en ciment et en poudre redispersible. Si l'on compare aussi la **formule 01** avec la **formule B** de la bibliographie [58], où le pourcentage des additifs et du ciment sont semblables avec 25% de ciment et de 0.60 % additifs, nous constatons que nos résultats sont satisfaisants, sachons qu'ils ont utilisé un ciment d'une classe **52.5**.

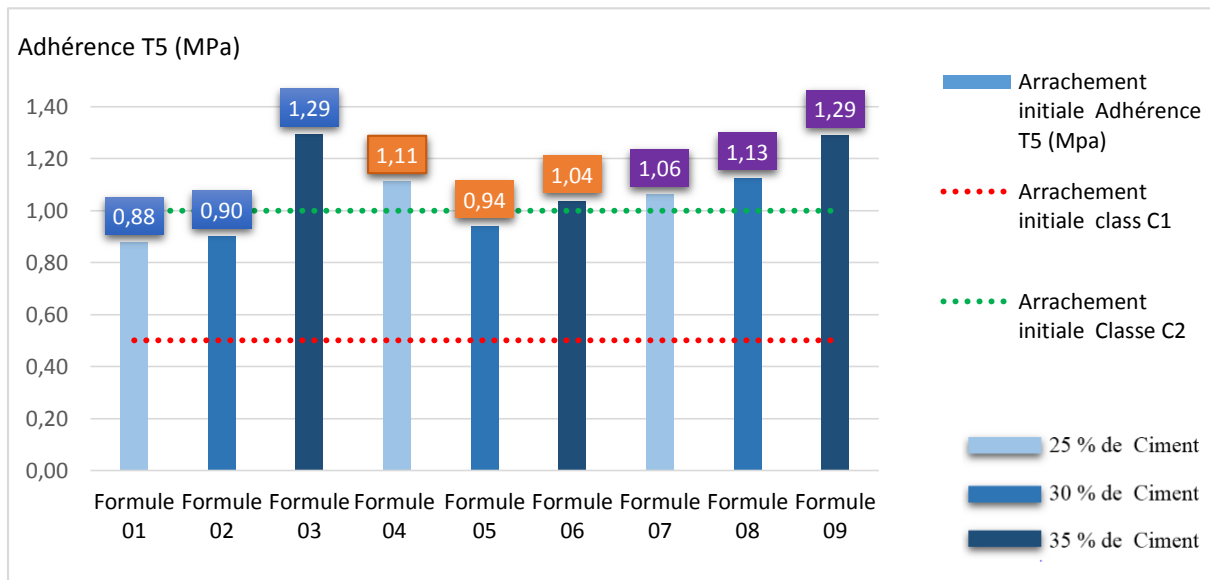


Figure IV. 2 : Histogramme représentant l'arrachement initial des neuf formulations.

Selon ces résultats et ceux présentés dans la bibliographie on peut dire que les formulations (1, 2, 5) répondent aux exigences de la classe C1 dont l'adhérence doit être \geq à 0.5 MPa, cependant les formules (3, 4, 6, 7, 8, 9) répondent à la classe C2 avec une résistance \geq à 1 MPa à l'arrachement initiale selon les exigences la norme NF EN 12004-1.

IV.3 Adhérence par traction après immersion dans l'eau

L'adhérence par traction après immersion dans l'eau est un essai de la norme NF EN 12004-2 qui détermine l'impact de l'immersion du mortier colle dans l'eau par rapport à sa classification exigée par la norme 12004-1 sur le mortier pour carrelage.

Tableau IV. 4 : Résultats de l'arrachement après immersion des neuf formulations.

Arrachement après Immersion dans l'eau			
	Adhérence T5 (MPa)	class C1	Classe C2
Formule 01	0,3	0,5	1
Formule 02	0,5	0,5	1
Formule 03	0,7	0,5	1
Formule 04	0,4	0,5	1
Formule 05	0,4	0,5	1
Formule 06	0,5	0,5	1
Formule 07	0,3	0,5	1
Formule 08	0,5	0,5	1
Formule 09	0,5	0,5	1

Nous remarquons dans la **figure IV. 3** ci-dessous, qu'avec un dosage de 0.6 % de poudre redispersible, la résistance à l'arrachement après immersion dans l'eau augmente proportionnellement avec le dosage en ciment. Par contre, sur les dosages de 1% et 1.4% respectivement de la poudre redispersible, l'adhérence ne suit pas le dosage en ciment.

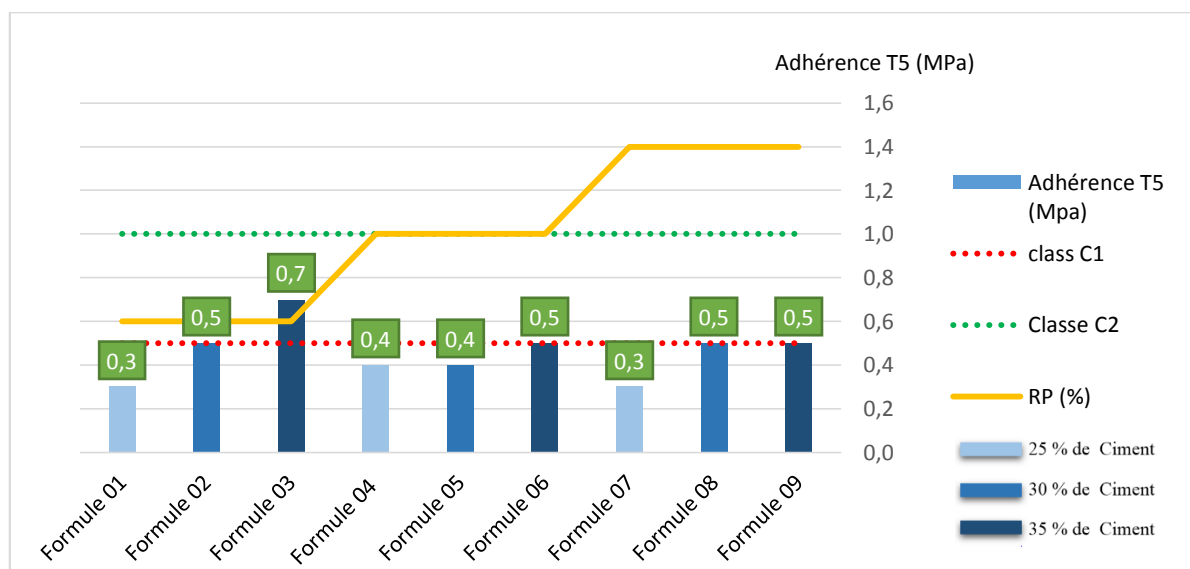


Figure IV. 3 : Résultats d'arrachement après immersion dans l'eau des neuf formulations.

Nous constatons aussi que le dosage avec 0.6% de poudre redispersible de la **formule 01** donne des résultats identiques à ceux la **formule B** de la bibliographie [58].

Nous déduisons que nos formulations (2, 3, 6, 8, 9) répondent aux exigences de la classe C1 ≥ 0.5 MPa, à l'adhérence par traction après immersion dans l'eau selon les exigences de la norme NF EN 12004-1.

IV.4 Adhérence par traction après action de la chaleur

L'adhérence par action de chaleur est un essai de la norme NF EN 12004-2 qui détermine l'impact de l'action de la chaleur sur l'hydratation du mortier par rapport à sa classification exigée par la norme NF EN 12004-1 sur le mortier pour carrelage.

Tableau IV. 5 : Résultats de l'arrachement après action de chaleur des neuf formulations.

Arrachement après action de chaleur		
	Adhérence T5 (MPa)	RP (%)
Formule 01	0,07	0,6
Formule 02	0,06	0,6
Formule 03	0,08	0,6
Formule 04	0,21	1
Formule 05	0,12	1
Formule 06	0,22	1
Formule 07	0,23	1,4
Formule 08	0,29	1,4
Formule 09	0,19	1,4
Formule 10	0,31	0,6

Nos remarquons dans la **Figure IV. 4** ci-dessous que l'adhérence par action de chaleur augmente parallèlement avec l'augmentation du dosage en poudre redisperrible a des différents dosages en ciment.

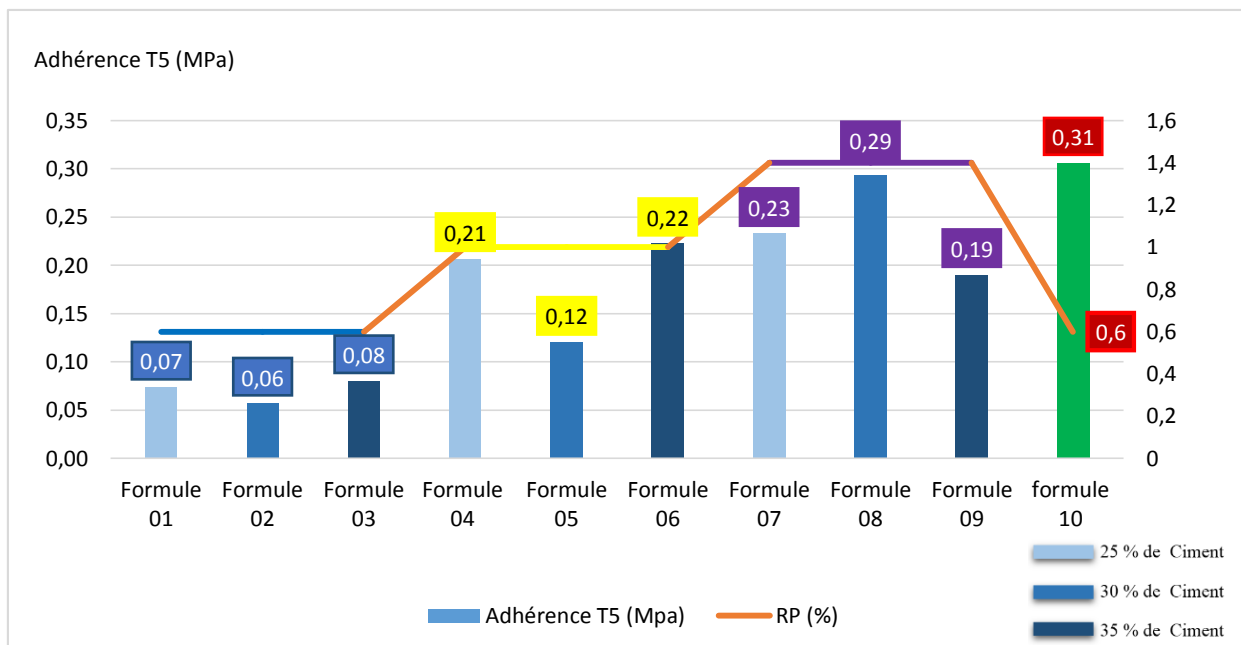


Figure IV. 4 : Diagramme des résultats de l'arrachement après action de chaleur.

Une optimisation de la quantité d'eau sur la première formule donne un résultat meilleur en adhérence par action de chaleur (cinq fois plus).

On déduit que la chaleur ou traitement thermique crée une grande porosité du mortier suite au départ de l'eau par évaporation sous l'effet de la chaleur, c'est la raison pour laquelle leur résistance chute.

Conclusion générale

Le stage que nous avons effectué au niveau du centre d'études et des services technologiques des matériaux de construction (CETIM), a été une bonne expérience dans le monde du travail, où nous avons appris à surmonter les difficultés rencontrées sur le terrain et nous avons eu aussi la chance d'effectuer plusieurs manipulations et de réaliser des essais sur nos matériaux, dans divers laboratoires.

L'objectif de cette étude consistait à élaborer et à optimiser des formulations d'un mortier colle pour carrelage, à base de matériaux locaux, en vue de satisfaire les besoins du marché national et de réduire les importations. En effet, l'optimisation d'un mortier colle pour carrelage s'établit avec plusieurs compositions, conformément aux exigences des normes NF EN 12004-1 et NF EN 12004-2.

D'après les résultats obtenus sur les formulations réalisées, plusieurs types de mortiers colle avec des pourcentages différents en ciment, sable, fillers et additifs ont été élaborés :

- I. La formulation 2** ayant la composition suivante (30% ciment, 65% sable, 5% filler, 0.3% éther cellulose et 0.6 % de poudre redispersible), conforme à l'exigence de la classe C1 selon la norme en vigueur. Cette formulation peut être utilisée pour les dalles de sols intérieures et extérieures. Pour les faïences murales, une réduction de 3.4% de la quantité d'eau est nécessaire. Le prix de revient d'un Kilogramme (**1kg**) de mortier colle élaboré à partir de cette formulation, est de **10 DA**.
- II. Les formulations 3, 6, 8 et 9** conforme à l'exigence de la classe C2 selon la norme en vigueur, sont valables pour une utilisation, intérieure, extérieure et en immersion dans l'eau. Les formulations sont détaillées comme suit :
 - **La formulation 3** a la composition suivante : (35% ciment, 60% sable, 5% filler, 0.3% éther cellulose et 0.6% de poudre redispersible).
 - **La formulation 6** a la composition suivante : (35% ciment, 60% sable, 5% filler, 0.3% éther cellulose et 1% de poudre redispersible).
 - **La formulation 8** a la composition suivante : (30% ciment, 65% sable, 5% filler, 0.3% éther cellulose et 1.4% de poudre redispersible).
 - **La formulation 9** a la composition suivante : (35% ciment, 60% sable, 5% filler, 0.3% éther cellulose et 1.4% de poudre redispersible).

- III.** Les formulations **1, 4, 5 et 7** peuvent être utilisées à l'intérieur des structures pour dalles de sol, faïences murales et carrelages.
- IV.** La formulation **10** : (représentant l'optimisation de la **formulation 01**) et appartenant à la classe C 1 selon la norme en vigueur, avec un dosage d'additif (poudre redispersible) à 1 %, peut être utilisée dans des endroits exposés à la chaleur (terrasse, sauna, hammametc.).

Selon les différents mélanges et les résultats physico-mécaniques obtenus, on peut conclure que les additifs utilisés ont une importance et un impact majeur sur les caractéristiques physico-mécaniques et les propriétés rhéologiques du mortier colle.

Au terme de cette étude, une contribution a été apportée pour élucider certains problèmes scientifiques, écologiques et économiques, pour l'Algérie :

- Un impact économique considérable : le prix de revient d'un sac de mortier colle élaboré est inférieur de 37.5% par rapport à celui importé (Espagne et France).
- Un impact écologique : recyclage et la valorisation des déchets des stations de broyage des granulats, utilisés comme fillers.
- Un impact sur la recherche scientifique et technologique : le développement et l'optimisation des caractéristiques de nouvelles compositions de mortier colle.

Notre étude ouvre de nouvelles perspectives pour le développement et la caractérisation des matériaux utilisés. Pour l'élaboration d'un mortier colle à base de matériaux locaux à 100 %, avec l'extraction des additifs à partir du bois Algérien. En respectant les exigences de classification des mortiers colle de classe C 1 et C 2, conformes à la norme en vigueur.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Étude de faisabilité de fabrication du mortier colle .Centre d'Etude et de Technologie Industrielle des Matériaux de Construction. Ordre de service n° C/121/2017
- [2] Safi Brahim « formulation et caractérisation rhéologique et physico-mécanique des pâtes cimentaires et mortiers autoplaçants » Thèse de Doctorat. Université M'Hamed BOUGARA Boumerdes. 2011/2012.
- [3] Haifi Mohamed Redha « Formulation des bétons autoplaçants »Thèse Magister en Génie Civil. Université Mentouri-Constantine 2011.
- [4] Thomas Poinot. « Influence des hydroxypropylguars sur les propriétés des mortiers de ciment à l'état frais ». Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2013.
- [5] Coralie Brumaud. Origines microscopiques des conséquences rhéologiques de l'ajout d'éthers de cellulose dans une suspension cimentaire.Université Paris-Est, 2011.
- [6] Laetitia PATURAL « Modes d'action des éthers de cellulose sur la rétention d'eau des mortiers à l'état frais ». École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne Saint-Etienne, le 11 avril 2011.
- [7] Abdi Ouled Mohamed.Ethmane ouled Sidi.Etude du comportement mécanique des mortiers en climat chaud. département de génie civil et d'hydraulique .faculté des sciences appliquées .Universite Kasdi Merbah Ouargla 29/05/2017.
- [8] Norme française NF EN 934-2.
- [9] CULMINAL Physical and chemical properties, Hercules incorporated 1995
- [10] H.F.W. Taylor. Cement Chemistry, 2nd edition. Academic Press Thomas Telford (1997).
- [11] P.A. Claisse, P. Lorimer, M. Al Omari. Workability of cement pastes. ACI Mater. 98 (6) (2001).
- [12] N. Roussel. Correlation between yield stress and slump: comparison between numerical simulations and concrete rheometers results. Mat. Struct.39 (4) (2006).
- [13] Norme européenne EN NF 196-1
- [14] J. Pourchez, B. Ruot, J. Debayle, E. Pourchez, P. Grosseau. Some aspects of cellulose ethers influence on water transport and porous structure of cement-based materials. Cem. Concr. Res., 40 (2) (2010).
- [15] J. Pourchez, A. Peschard, P. Grosseau, R. Guyonnet, B. Guilhot, F. Vallée. HPMC and HEMC influence on cement hydration. Cem. Concr. Res., 36 (2) (2006).
- [16] Jérémie Pourchez. Aspects physico-chimiques de l'interaction des éthers de cellulose avec la matrice cimentaire. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (2006), 285p.
- [17] World health Organization Laboratory Quality Stepwise Implementation Tool.
- [18] National Agency For Innovation And Research Luxinnovation GIE, 7Rue alcide de gasperi L-1615 Luxembourg.
- [19] U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, U.S. Geological Survey, Virginia, 2015, <http://dx.doi.org/10.3133/70140094>, retrieved on April 27th. pp. 1–196.
- [20] Teresa M. Pique a,b, Stefan Baueregger a, Johann Plank a, Influence of temperature and moisture on the shelf-life of cement admixed with redispersible polymer powder Technische Universität München, Lichtenbergstr. 4, 85747 Garching, Germany. Construction and Building Materials 115 (2016) 336–344.
- [21] Laetitia Patural and al. Cellulose ethers influence on water retention and consistency in Cement-based mortars. 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.
- [22] V.S. Ramachandran, Concrete Admixtures Handbook, Second Edition, Noyes Publications, 1995.
- [23] K.H. Khayat, Viscosity-enhancing admixtures for cement-based materials — an overview, Cem. Concr. Comp. 20 (2–3) (1998).
- [24] L. Bertrand, S. Maximilien, R. Guyonnet, Wedge Splitting Test: a test to measure the polysaccharide influence on adhesion of mortar on its substrate, Proceedings of the 11th International Congress on Polymers in Concrete, Berlin, Germany, 2004.
- [25] A. Peschard, A. Govin, P. Grosseau, B. Guilhot, R. Guyonnet, Effect of polysaccharides on the hydration of cement paste at early ages, Cem. Concr. Res. 34 (11) (2004).

Bibliographie

- [26] B. Ruot, T. Goto, J. Pourchez, Some aspects of cellulose ethers and latexes influence on the properties of cement-based materials — examples of results obtained within the CEReM, Proceedings of the VII SBTA (7° Symposio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas), 2007.
- [27] A.M. Betioli, P.J.P. Gleize, D.A. Silva, V.M. John, R.G. Pileggi, Effect of HMEC on the consolidation of cement pastes: isothermal calorimetry versus oscillatory rheometry, *Cem. Concr. Res.* 39 (5) (2009).
- [28] J. Pourchez, A. Peschard, P. Grosseau, R. Guyonnet, B. Guilhot, F. Vallée, HPMC and HEMC influence on cement hydration, *Cem. Concr. Res.* 36 (2) (2006).
- [29] J. Pourchez, P. Grosseau, R. Guyonnet, B. Ruot, HEC influence on cement hydration measured by conductometry, *Cem. Concr. Res.* 36 (9) (2006).
- [30] K.M. Green, M.A. Carter, W.D. Hoff, M.A. Wilson, The effects of lime and admixtures on the water-retaining properties of cement mortars, *Cem. Concr. Res.* 29 (11) (1999).
- [31] H. Paiva, L.M. Silva, J.A. Labrincha, V.M. Ferreira, Effects of a water-retaining agent on the rheological behaviour of a single-coat render mortar, *Cem. Concr. Res.* 36 (7) (2006).
- [32] M.U.K. Afridi, Y. Ohama, M.Z. Iqbal, K. Demura, Water retention and adhesion of powdered and aqueous polymer-modified mortars, *Cem. Concr. Comp.* 17 (2) (1995).
- [33] J.-L. Wolf. Valorisation des amidons et des amidons modifiés comme adjuvants des mortiers et des bétons. PhD Thesis. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (1996), 243 p.
- [34] A. Jenni, L. Holzer, R. Zurbriggen, M. Herwegh, Influence of polymers on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars, *Cem. Concr. Res.* 35 (1) (2005).
- [35] Knapen E. and Van Gemert D. Cement hydration and microstructure formation in the presence of water-soluble polymers [Article] // *Cement and Concrete Research*. - 2009. - Vol. 39. - pp. 6–13.
- [36] Peshard A. Aspect physico-chimiques de l'interaction ciment-polysaccharides dans les enduits (effets des polysaccharides sur l'hydratation du ciment). - Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne : Thèse, 2003.
- [37] Knapen E. and Van Gemert D. Effect of under water storage on bridge formation by water soluble polymers in cement mortars [Article] // *Construction and Building Materials*. - 2009. - Vol. 23. - pp. 3420–3425.
- [38] Weyer H.J. [et al.] Time-resolved monitoring of cement hydration: Influence of cellulose ethers on hydration kinetics [Article] // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. - 2005. - Vol. 238. - pp. 102–106.
- [39] Thomas Mauroux. Impact du séchage sur les propriétés d'adhérence entre un mortier et un support : influence de l'adjuvantation par des éthers cellulose. Autre. Université de La Rochelle, 2011. Français.
- [40] Lin S.-T., Huang R. and Chang C.-Y. Effect of water soluble polymers on the early age shrinkage of cementitious composites by using the ring test method [Article] // *Materials Chemistry and Physics*. - 2010. - Vol. 121. - pp. 440–446.
- [41] Singh N.K. [et al.] Effects of hydroxyethyl cellulose and oxalic acid on the properties of cement [Article] // *Cement and Concrete Research*. - 2003. - Vol. 33. - pp. 1319–1329.
- [42] A. Jennia*, L. Holzerb, R. Zurbriggen c, M. Herwegha. Influence of polymers on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars. a Institute of Geological Sciences, University of Berne, Berne, Switzerland bEMPA, Du`bendorf, Switzerland cElotex AG, Sempach Station, Switzerland. *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 35– 50.
- [43] P.K. Mehta, *Concrete: Structure, Properties, and Materials*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1986.
- [44] Y. Ohama, Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes, *ACI Mater. J.* 84 (6) (1987) 511–518.
- [45] M.U.K. Afridi, Y. Ohama, M.Z. Iqbal, K. Demura, Water retention and adhesion of powdered and aqueous polymer-modified mortars, *Cem. Concr. Compos.* 17 (1995) 113–118.
- [46] D.A. Silva, V.M. John, J.L.D. Ribeiro, H.R. Roman, Pore size distribution of hydrated cement pastes modified with polymers, *Cem. Concr. Res.* 31 (2001) 1177– 1184.

Bibliographie

- [47] K. Tubbesing, Mikrostruktur von PCC: Gefügeuntersuchungen an polymermodifizierten Zementsteinen, PhD thesis, Technische Universität Hamburg Harburg, Hamburg, 1993.
- [48] J. Stark, A. Dimmig, S. Müller, Interactions between polymer and cement, *Beton-Fertig.-Tech.* (11) (2001) 40–49.
- [49] Z. Su, Microstructure of polymer cement concrete, PhD thesis, Material Sciences Group, Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 1995.
- [50] Z. Su, K. Sujata, J.M.J.M. Bijen, H.M. Jennings, A.L.A. Fraaij, The evolution of the microstructure in styrene acrylate polymer modified cement pastes at the early stage of cement hydration, *Adv. Cem. Based Mater.* 3 (1996) 87–93.
- [51] A. Dimmig, Einfluss von Polymeren auf die Mikrostruktur und die Dauerhaftigkeit kunststoffmodifizierter Mörtel (PCC), PhD thesis, Bauhaus-Universität, Weimar, 2002.
- [52] L. Holzer, A. Jenni, R. Zurbriggen, Eine in-situ ESEM—Studie über mikrostrukturelle Veränderungen polymervergüteter Mörtel während der Wasserlagerung, *Proc. 3. Tagung Bauchemie*, vol. 24, GDCh-Fachgruppe, Frankfurt, Germany, 2001, pp. 156–159.
- [53] A. Jenni, M. Herwegh, R. Zurbriggen, L. Holzer, Sample preparation of polymer-modified high-porous mortars for quantitative microfabric analysis, *Proc. 8th Euroseminar on Microscopy Applied to Buildings Materials*, Athens, Greece, Cosmosware, Agia Paraskevi, Greece, 2001, pp. 571–578.
- [54] J.I. Goldstein, D.E. Newbury, P. Echlin, D.C. Joy, A.D. Romig, C.E. Lyman, C. Fiori, E. Lifshin, *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*, Plenum Press, New York, 1992.
- [55] Norme française NF EN 1323 :2008-06 plaque en béton.
- [56] Norme française NF EN 933-1 la granulométrie.
- [57] Norme européenne P.18-554 essais physique des granulats.
- [58] NF EN 12 620 module de finesse.
- [59] Norme française NF EN 933-8 équivalent de sable.
- [60] Norme française NF EN 933-9 bleu de méthylène.
- [61] Norme française NF EN 1008 eau de gâchage.
- [62] Normes françaises NF EN 197-1 composition, spécifications et critères de conformité du ciment courant.
- [63] J- P. Eberhart, ‘‘analyse structurale et chimique des matériaux’’ éd. Dunod (Paris), 1997
- [64] J-L. Martin et A. George ‘‘caractérisation expérimentale des matériaux- II’’. Ed. Presses Polytechniques et universitaires Romandes (Lausanne), 1998.
- [65] norme française NF EN 196-6 détermination de la finesse.
- [66] norme française NF EN 196-3 détermination du temps de prise.
- [67] CAMPESI RENATO, thèse du doctorat en science ingénierie et environnement, synthèse, caractérisation et étude des propriétés thermodynamique d’hydrogénation de nanocomposites matériaux poreux/métaux alliages, université de Paris Est, 2008.
- [68] Filipa Aleksandrova Velichkova, thèse de doctorat en génie de procédés, vers un processus fenton pour le traitement en continu d’eau polluée par des polluants pharmaceutiques, université de Toulouse, 2014.
- [69] J. Faerber, institut de physique, de chimie et des matériaux de Stasbourg Microscopie électronique à balayage, Microanalyse X par sonde électronique, 2004.
- [70] analyses et surface laboratoire ERIC BEUCHER au cœur de la matière analyse élémentaire par granulométrie laser.
- [71] NF EN 933-10 analyses granulométrique par tamisage dans un jet d’air.
- [72] NF EN 12004-2 (8 avril 2017) colle à carrelage.
- [73] Norme française 1097-6, détermination de la masse volumique réelle.
- [74] Norme française P18 555 détermination de la teneur en eau, coefficient d’absorption, masse volumique.
- [75] *Comprehensive Cellulose Chemistry*, D.Klemm, B.Phillipp, T. Heinze, U.Heinze, W. Wagenknecht, Wiley-VCH 1998.

Annexes

Annexe A

Pour les essais de mortier colle

Annexes

Adhérence par traction après immersion

Formule 1		T5	
	Mpa		KN
Résistance à l'arrachement	0.37	Contrainte d'arrachement	0.64
	0.31		0.93
	0.29		0.77
	0.25		0.73
	moyenne		0.3

Formule 3		T5	
Résistance à l'arrachement	0.67	Contrainte d'arrachement	1.68
	0.64		1.64
	0.73		1.83
	0.67		1.70
	0.61		1.52
moyenne	0.7	1.67	

Formule 2		T5	
Résistance à l'arrachement	0.48	Contrainte d'arrachement	1.22
	0.46		1.53
	0.63		1.59
	0.58		1.46
	/		/
moyenne	0.5	1.45	

Formule 4		T5	
Résistance à l'arrachement	0.41	Contrainte d'arrachement	1.02
	0.45		1.14
	0.44		1.12
	0.46		1.17
	/		/
moyenne	0.4	1.15	

Formule 5		T5	
Résistance à l'arrachement	0.33	Contrainte d'arrachement	0.83
	0.59		1.48
	0.32		0.80
	0.33		0.84
	0.39		0.97
moyenne	0.4	0.99	

Formule 7		T5	
Résistance à l'arrachement	0.39	Contrainte d'arrachement	0.97
	0.32		0.81
	0.34		0.87
	0.34		0.85
	/		/
moyenne	0.3	0.88	

Formule 6		T5	
Résistance à l'arrachement	0.49	Contrainte d'arrachement	1.23
	0.55		1.38
	0.44		1.10
	0.55		1.38
	0.49		1.23
moyenne	0.5	1.26	

Formule 8		T5	
Résistance à l'arrachement	0.47	Contrainte d'arrachement	1.18
	0.49		1.24
	0.42		1.07
	0.41		1.02
	0.51		1.24
moyenne	0.5	1.15	

Formule 9		T5	
Résistance à l'arrachement	0.51	Contrainte d'arrachement	1.24
	0.48		1.22
	0.49		1.23
	0.47		1.1
	/		/
moyenne	0.5	1.22	

Annexes

Adhérence par traction après action de chaleur

Formule 1		T5	
Résistance à l'arrachement	0.07	Contrainte d'arrachement	0.18
	0.07		0.18
	0.08		0.19
moyenne	0.07		0.18
Formule 3		T5	
Résistance à l'arrachement	0.06	Contrainte d'arrachement	0.15
	0.06		0.17
	0.14		0.36
	0.06		0.17
moyenne	0.08		0.17

Formule 2		T5	
Résistance à l'arrachement	0.07	Contrainte d'arrachement	1.18
	0.05		1.14
moyenne	0.05		1.13
Formule 4		T5	
Résistance à l'arrachement	0.29	Contrainte d'arrachement	0.74
	0.19		0.49
	0.14		0.36
moyenne	0.20		0.53

Formule 5		T5	
Résistance à l'arrachement	0.17	Contrainte d'arrachement	0.44
	0.07		0.18
moyenne	0.12		0.31
Formule 7		T5	
Résistance à l'arrachement	0.22	Contrainte d'arrachement	0.55
	0.28		0.72
	0.24		0.62
	0.19		0.48
moyenne	0.23		0.59

Formule 6		T5	
Résistance à l'arrachement	0.2	Contrainte d'arrachement	0.50
	0.18		0.48
	0.32		0.81
	0.19		0.47
moyenne	0.22		0.56
Formule 8		T5	
Résistance à l'arrachement	0.19	Contrainte d'arrachement	0.49
	0.34		0.86
	0.37		0.94
	0.27		0.68
moyenne	0.29		0.74

Formule 9		T5	
Résistance à l'arrachement	0.20	Contrainte d'arrachement	0.50
	0.16		0.40
	0.21		0.53
moyenne	0.19		0.47

Formule 10		T5	
Résistance à l'arrachement	0.22	Contrainte d'arrachement	0.56
	0.20		0.51
	0.40		1.00
	0.32		0.81
moyenne	0.28		0.71

Annexes

Les formulations

Formulation N° 1					
T5		T10		T20	
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN
0.9	2.2	0.6	1.5	0.96	2.4
1.0	2.4	0.8	2.0	1.00	2.5
0.9	2.4	0.7	1.9	0.86	2.2
1.0	2.4			1.01	2.5
1.0	2.4				
0.9	2.1				
0.8	2.0				
0.7	1.8				
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20	
0.88	2.2	0.7	1.8	1.00	2.4

Formulation N° 2					
T5		T10		T20	
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN
0.7	1.7	1.0	2.6	0.8	2.0
1.3	3.1	0.9	2.2	1.0	2.4
0.9	2.2	0.9	2.4	1.0	2.5
1.0	2.4	1.0	2.5	0.9	2.3
0.8	1.9	1.2	3.1		
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20	
0.90	2.3	1.0	2.5	0.92	2.3

Formulation N° 3					
T5		T10		T20	
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN
1.4	3.6	1.1	2.7	1.7	4.3
1.2	3.0	1.7	4.2	1.9	4.7
1.5	2.3	1.1	2.8	1.6	4.0
0.9	2.3			1.6	4.0
1.4	3.5			1.6	3.9
				1.6	3.9
				1.4	3.4
				1.5	3.7
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20	
1.3	3.0	1.29	3.2	1.6	3.9

Annexes

Formulation N° 4						
T5		T10		T20		
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN	
1.2	3.0	0.9	2.3	1.1	2.8	
1.2	2.9	1.1	2.8	1.3	3.2	
1.0	2.4	1.0	2.4	1.3	3.4	
1.1	2.7	1.3	3.2	1.4	3.4	
1.2	3.0	1.0	2.4	1.3	3.2	
				1.0	3.6	
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20		
1.1	2.8	1.0	2.6	1.2	3.1	

Formulation N° 5						
T5		T10		T20		
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN	
0.8	2.1	1.2	3.0	1.1	2.8	
0.9	2.3	1.0	2.6	1.4	3.4	
0.9	2.3	0.9	2.3	1.1	2.8	
1.0	2.4	1.0	2.6	1.6	4.1	
1.1	2.7	1.4	3.4	1.7	4.3	
		1.0	2.6			
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20		
0.94	2.6	1.1	2.8	1.4	3.5	

Formulation N° 6						
T5		T10		T20		
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN	
1.0	2.4	1.8	4.5	1.5	3.8	
1.0	2.6	1.5	3.8	1.7	4.8	
1.0	2.5	1.8	4.4	1.9	4.7	
1.0	2.4			2.2	5.5	
1.2	3.0			1.7	4.3	
1.1	2.7			1.9	4.7	
1.0	2.6					
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20		
1.04	2.6	1.1	4.2	1.8	4.6	

Annexes

Formulation N° 7					
T5		T10		T20	
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN
1.2	2.9	0.9	2.2	1.1	2.6
1.1	2.8	1.0	2.5	1.1	2.7
0.8	2.0	0.9	2.2	1.3	3.2
1.2	2.9	0.8	2.0	1.1	2.8
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20	
1.06	2.7	0.9	2.2	1.1	2.8

Formulation N° 8					
T5		T10		T20	
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN
0.9	2.3	1.1	2.7	1.4	3.4
1.0	2.5	1.0	2.5	1.1	2.9
1.3	3.2	1.2	3.0	1.4	3.6
1.3	3.3	1.0	2.6	1.2	3.0
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20	
1.13	2.8	1.1	2.7	1.3	3.2

Formulation N° 9					
T5		T10		T20	
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN
1.6	3.9	1.3	3.2	1.4	3.7
1.1	2.8	1.3	3.3	1.5	3.8
1.2	2.9	1.2	3.1	1.6	4.1
1.3	3.3	1.8	4.4	1.5	3.8
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20	
1.3	3.2	1.4	3.5	1.5	3.9

Formulation N° 10					
T5		T10		T20	
MPa	KN	MPa	KN	MPa	KN
0.9	2.3	0.9	2.2	0.8	2.2
0.8	2.0	0.7	1.7	0.9	2.3
0.8	2.0	0.7	1.9	0.9	2.2
Moyenne T5		Moyenne T10		Moyenne T20	
0.8	2.1	0.8	1.9	0.9	2.2

norme européenne

NF EN 1348

norme française

Janvier 2008

Indice de classement : **P 61-606**

ICS : 83.180 ; 91.100.10

Colles à carrelage

Détermination de l'adhérence par traction des mortiers-colles

E : Adhesives for tiles — Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives

D : Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten — Bestimmung der Haftfestigkeit zementhaltiger Mörtel für innen und außen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 12 décembre 2007 pour prendre effet le 12 janvier 2008.

Remplace la norme homologuée NF EN 1348, de décembre 1998.

Correspondance La Norme européenne EN 1348:2007 a le statut d'une norme française.

© AFNOR 2008 — Tous droits réservés



Analyse Le présent document spécifie une méthode de détermination de l'adhérence par traction des mortiers-colles pour carreaux céramiques.

Descripteurs **Thésaurus International Technique** : carreau de revêtement, dalle de revêtement, céramique, revêtement de sol, revêtement mural, extérieur, intérieur, colle, mélange, essai de traction, conditions d'essai, préparation, mortier, détermination, adhérence, résistance à l'eau, immersion, résistance à la chaleur, résistance au gel-dégel.

Modifications Par rapport au document remplacé, révision technique du document.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, rue Francis de Pressensé — 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél. : + 33 (0)1 41 62 80 00 — Fax : + 33 (0)1 49 17 90 00 — www.afnor.org

Annexes

Leverage the expertise of Ashland Aqualon Functional Ingredients to drive quality and cost efficiency

- Ashland is the leading global manufacturer of cellulose ethers
- Culminal methylcellulose has brought innovation to tile adhesives and renders categories for over 50 years
- Ashland offers specially developed products for all quality-levels of building materials
- Most products are derived from renewable natural raw materials – Ashland is committed to corporate social responsibility and sustainable development

- Good sag resistance
- Optimized chemistry for early development of high strength

Culminal C8367 cellulose ether — enhances properties for premium render application

- Improves paste stability
- Sufficient water retention
- Light and creamy workability
- Medium thickening efficiency
- Good performance even at elevated temperatures
- Excellent performance with two stage projection machine

Culminal C8367 cellulose ether — an ideal choice for economic tile adhesive formulations around the world (C1npd/ C1T and others)

A low dosage will deliver excellent mortar properties

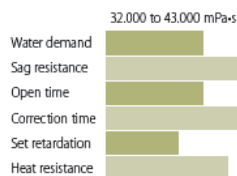
- Good water retention / long correction time
- Reduced skin formation / long visual open time on various substrates

Culminal C8367 cellulose ether — an effective solution to reduce cost while delivering good quality

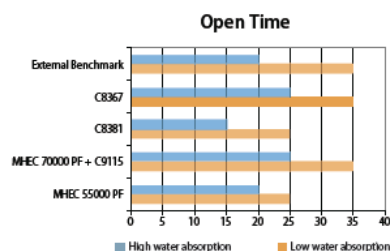
Ceramic tile adhesives

Culminal C8367 cellulose ether

- Outstanding correction time
- High sag resistance
- Good water retention
- Higher strength



Open time performance benchmark of Culminal C8367 cellulose ether



Renders

Benefits

- Exceptional water retention capabilities
- Good performance at high temperature
- Very good stabilization of air content of one-coat renders
- Meets requirements on paste stability

Recommended combination products for C8367

- Aquapas N2020/N2028 polymer powder
- Aqualon ST3000 rheology modifier
- Silipon RN7002 air-entraining agent
- DREW RE5500 powder defoamer

Ashland Aqualon Functional Ingredients also offers a complete range of Culminal cellulose ethers grades and adjacent products (rheology modifiers, air-entrainers, defoamers) for economic tile adhesives and premium render applications

Storage: Culminal C8367 cellulose ether is a non-perishable product. It is recommended to use the product in rotation on a first-in, first-out basis. The product should be stored under dry and clean conditions in its original packaging and away from heat. The product is hygroscopic. The packaging is selected in a way to avoid ingress of moisture, but the water content of the packed product will / may increase if not stored dry.

Product Safety: According to the EU legislation on dangerous substances and preparations, Culminal C8367 cellulose ether is not hazardous. Further data on the safety aspects of Culminal types are given in the Safety Data Sheet.

A significant benefit of Culminal C8367 cellulose ether is the multifunctional performance in Portland cement based materials. Special chemical substitution provides ultimate cement reactivity, thereby helping in areas with less than average quality of cement.

Culminal C8367 cellulose ether is less sensitive to high surface area aggregate, such as crushed limestone. It also provides higher strength compared to standard methylhydroxyethylcellulose (MHEC) chemistry.

Chemical characteristics of Culminal C8367 cellulose ether:

- Chemical basis: methylhydroxyethylcellulose
- Viscosity: 32,000 to 43,000 mPa·s
- Particle size: fine powder
- Moisture content: Max 8%
- Bulk density: 200-500 g/l



TECHNICAL NOTICE

F.A.R. FABBRICA ADESIVI RESINE S.p.A. - 20093 COLOGNO MONZESE
(MILANO - ITALIA) - VIALE EMILIA, 85 TEL. 39-(0)2-2519.1 FAX 39-(0)2-2519.41

NEOLITH P 4400

NEOLITH P 4400 is a redispersible powder produced by drying an emulsion based on a vinyl-versatate copolymer with polyvinyl alcohol as protector colloid. The very particular chemical composition of the polymer allows a film forming at low temperature and a good adhesion to cement substrates.

PROPERTIES

NEOLITH P 4400 is used to modify mixtures containing hydraulic binders. Due to its particular chemical-physical constitution, **NEOLITH P 4400** makes longer the open time and lower the contents of water to the mixtures. **NEOLITH P 4400** gives a good workability to the mixtures.

Sales specifications:

Quality system of F.A.R. is certified in accordance to the norms UNI EN ISO 9001 and our quality control laboratory determine the following values before any deliveries:

*Solid contents	(FAR 007)	98% - 100%
*Ash contents	(FAR 010)	10% - 14%
*Density	(FAR 008)	400 - 600 gr/lt

Other chemical/physical properties:

-Belonging to the powder:

*Appearance	White powder
*Stabilizing system	Polyvinyl-alcohol

-Belonging to the redispersed product:

*Min. film forming temperature	+5°C
--------------------------------	------

norme française

NF EN 12004-1

8 Avril 2017

Indice de classement : P 61-610-1

ICS : 83.180 ; 91.100.10 ; 91.100.23

Colles à carrelage — Partie 1 : Exigences, évaluation et vérification de la constance de performance, classification et marquage

E : Adhesives for ceramic tiles — Part 1: Requirements, assessment and verification of constancy of performance, classification and marking

D : Mörtel und Klebstoffe für keramische Fliesen und Platten — Teil 1 : Anforderungen, Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit, Einstufung und Kennzeichnung

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Remplace la norme homologuée NF EN 12004-A1, de septembre 2012 qui reste en vigueur jusqu'en novembre 2018.

Correspondance La Norme européenne EN 12004-1:2017 a le statut d'une norme française.

Résumé

Le présent document s'applique aux trois types suivants de colles à carreaux céramiques : les mortiers-colles à base de ciment destinées à la pose intérieure et extérieure, les colles à base de résine réactive et les colles à base de résine en dispersion destinées à la pose intérieure et extérieure sur les murs et sols.

Le présent document vient à l'appui des exigences essentielles du Règlement (UE) N° 305/2011 du parlement européen et du conseil du 9 mars 2011.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : carreau de revêtement, revêtement céramique, revêtement mural, revêtement de sol, intérieur, extérieur, colle, mortier, adhésif, dispersion, spécification, caractéristique, adhérence, glissement, réaction au feu, attaque chimique, résistance chimique, substance dangereuse, essai de conformité, essai de type, évaluation, échantillonnage, contrôle, production, durabilité, traçabilité, référence aux normes, classification, désignation, marquage ce, étiquetage.

Modifications Par rapport au document remplacé, révision technique de la norme.

Corrections

norme française

NF EN 12004-2

8 Avril 2017

Indice de classement : P 61-610-2

ICS : 83.180 ; 91.100.10 ; 91.100.23 ; 91.100.30

Colles à carrelage — Partie 2 : Méthodes d'essai

E : Adhesives for ceramic tiles — Part 2: Test methods
D : Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten — Teil 2: Prüfverfahren

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Remplace les normes homologuées NF EN 12002 et NF EN 12003 de janvier 2009, les NF EN 1308, NF EN 1346 et NF EN 1348 de janvier 2008, la NF EN 1323 de juin 2008 et la NF EN 1324 d'avril 2008.

Correspondance La Norme européenne EN 12004-2:2017 a le statut d'une norme française.

Résumé Le présent document spécifie les méthodes permettant de déterminer les caractéristiques des colles utilisées pour la pose intérieure et extérieure de carreaux céramiques.
Le présent document ne contient pas d'exigences de performance, ni de recommandations pour la conception et la pose des carreaux céramiques.

Descripteurs Thésaurus International Technique : carreau de revêtement, revêtement céramique, revêtement mural, revêtement de sol, intérieur, extérieur, colle, mortier, essai, conditions d'essai, mode opératoire, caractéristique, mesurage du temps, glissement, adhérence, traction, immersion dans l'eau, chaleur, résistance au gel-dégel, contrainte de cisaillement, adhésif, dispersion, essai à haute température, choc thermique, déformation, dalle, béton, rupture.

Modifications Par rapport aux documents remplacés, révision de la norme.

Corrections

Annexe B

Normes pour la caractérisation des matériaux

norme française

NF EN 196-6

Août 1990

Indice de classement : P 15-476

Méthodes d'essais des ciments Détermination de la finesse

E : Methods of testing cement — Determination of fineness
D : Prüfverfahren für Zement — Bestimmung der Mahlfineinheit

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 5 juillet 1990 pour prendre effet le 5 août 1990.

Remplace la norme homologuée NF P 15-442 de mars 1967.

correspondance La présente norme reproduit intégralement la norme européenne EN 196-Partie 6 de décembre 1989.

analyse La présente norme constitue la partie 6 de la norme européenne EN 196 traitant des méthodes d'essais des ciments. Cette partie est consacrée à la détermination de la finesse du ciment suivant deux méthodes : l'une par tamisage, l'autre par la méthode du perméabilimètre de Blaine.

descripteurs **Thésaurus International Technique** : ciment, détermination, finesse, méthode d'essai, tamisage, perméabilité à l'air, mode opératoire, appareillage, conditions d'essai.

modifications La détermination de la finesse peut être effectuée par deux méthodes : celle du tamisage et celle du perméabilimètre de Blaine.

L'essai au perméabilimètre est présenté de façon plus détaillée et plus précise que dans l'ancienne norme NF P 15-442.

corrections

norme européenne
norme française

NF EN 196-3
Août 1995

Indice de classement : P 15-473

ICS : 91.100.10

Méthodes d'essais des ciments

Partie 3 : Détermination du temps de prise et de la stabilité

E : Methods of testing cement — Part 3 : Determination of setting time and soundness
D : Prüfverfahren für Zement — Teil 3 : Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 20 juillet 1995 pour prendre effet le 20 août 1995.

Remplace la norme homologuée NF EN 196-3, de mars 1990.

Correspondance

La norme européenne EN 196-3:1994 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document constitue la partie 3 de la norme européenne EN 196 traitant des méthodes d'essais des ciments. Cette partie est consacrée à la détermination du temps de prise et de la stabilité du ciment, à l'aide d'essais sur pâte de ciment.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : ciment, essai, détermination, temps de prise, consistance, stabilité.

Modifications

Par rapport à la version précédente, les références normatives ont été actualisées et des corrections essentiellement éditoriales ont été apportées.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex — Tél. : (1) 42 91 55 55



norme européenne
norme française

NF EN 197-1/A1
Décembre 2004

Indice de classement : P 15-101-1/A1

ICS : 91.100.10

Ciment

Partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants

E : Cement — Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

D : Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement

Amendement A1

à la norme homologuée NF EN 197-1 de février 2001, homologué par décision du Directeur Général d'AFNOR le 15 décembre 2004 pour prendre effet le 31 décembre 2004.

Correspondance

L'amendement A1:2004 à la Norme européenne EN 197-1:2000 a le statut d'une norme française.



Analyse

Dans la série des normes concernant les ciments, le présent document élargit le domaine d'application de la norme européenne EN 197-1:2000 pour couvrir la propriété complémentaire optionnelle de faible chaleur d'hydratation des ciments courants.

norme européenne
norme française

NF EN 197-2
Février 2001

Indice de classement : P 15-101-2

ICS : 91.100.10

Ciment

Partie 2 : Évaluation de la conformité

E : Cement — Part 2: Conformity evaluation

D : Zement — Teil 2: Konformitätsbewertung

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 janvier 2001 pour prendre effet le 5 février 2001.

Remplace le fascicule de documentation FD ENV 197-2, de mars 1996.

Sert de base pour la certification CE et pour l'attribution de la marque NF-LIANTS HYDRAULIQUES.

Correspondance La Norme européenne EN 197-2:2000 a le statut d'une norme française.



Analyse

Dans la série des normes concernant les ciments, le présent document définit les règles à appliquer pour l'évaluation de la conformité des ciments. Il décrit les tâches du fabricant ainsi que celles de l'organisme de certification ; il fixe les modes d'évaluation et décrit les actions à entreprendre en cas de non-conformité. Il donne également un système d'évaluation complémentaire pour les centres de distribution.

norme européenne

NF EN 933-1

Décembre 1997

norme française

Indice de classement : P 18-622-1

ICS : 91.100.20

Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats

**Partie 1 : Détermination de la granularité —
Analyse granulométrique par tamisage**

E : Tests for geometrical properties of aggregates — Part 1 : Determination of particle size distribution — Sieving method

D : Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 1 : Bestimmung der Korngrößenverteilung — Siebverfahren

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 5 novembre 1997 pour prendre effet le 5 décembre 1997.

Correspondance

La norme européenne EN 933-1:1997 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document fait partie d'un ensemble de normes d'essais qui déterminent les caractéristiques géométriques des granulats. Il a pour objet de définir un procédé faisant appel à des tamis, pour la détermination et la distribution dimensionnelle des grains.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : granulat, essai, caractéristique géométrique, granularité, analyse granulométrique, analyse au tamis, préparation spécimen d'essai.

Modifications

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tel. : 01 42 91 55 55 — Tel. international : + 33 1 42 91 55 55



norme européenne

norme française

NF EN 933-8
Août 1999

Indice de classement : P 18-622-8

ICS : 91.100.15

Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats

Partie 8 : Évaluation des fines — Équivalent de sable

- E : Tests for geometrical properties of aggregates — Part 8: Assessment of fines — Sand equivalent test
D : Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 8: Beurteilung von Feinanteilen, Sandäquivalent-Verfahren

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 juillet 1999 pour prendre effet le 20 août 1999.

Est destinée à remplacer les normes expérimentales P 18-597, de décembre 1990 et P 18-598, d'octobre 1991 (voir avant-propos national).

Correspondance La Norme européenne EN 933-8:1999 a le statut d'une norme française.

Analyse La présente norme européenne spécifie une méthode de détermination de l'équivalent de sable dans la fraction 0/2 mm des sables et des graves.
Elle s'applique également aux agrégats naturels.

Descripteurs Thésaurus International Technique : granulats, sable, essai, caractéristique, équivalent de sable, mode opératoire, contrôle de propreté.

Modifications Par rapport au document remplacé, reprise de la norme européenne.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55



normalisation française

P 18-554
Décembre 1990

Granulats

Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux

E: Aggregates — Measurement of densities, porosity, absorption coefficient and water content of fine gravel and pebbles

D: Granulate — Bestimmung der Dichte, Porosität, des Absorptionkoeffizienten und des Wassergehaltes von Feinkies und Grobkies

Norme expérimentale publiée par l'afnor en décembre 1990.

Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'afnor avant le 31 décembre 1992.

Remplace la norme enregistrée de même indice, de décembre 1979.

correspondance La présente norme est équivalente à la norme internationale ISO 6783 : 1982.

analyse Dans la série des normes P 18-... qui concerne les granulats, la présente norme définit le mode de mesure des masses volumiques, porosité, absorption et teneur en eau des gravillons par pesée hydrostatique.

descripteurs **Thésaurus International Technique** : granulats, gravillon, caillou, masse volumique, porosité, absorption, teneur en eau.

modifications Par rapport à la précédente édition, modifications d'ordre rédactionnel et de présentation. Changement de statut.

corrections

norme européenne

norme française

NF EN 933-9
Août 1999

Indice de classement : P 18-622-9

ICS : 91.100.15

Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats

Partie 9 : Qualification des fines — Essai au bleu de méthylène

- E : Tests for geometrical properties of aggregates — Part 9 : Assessment of fines — Methylene blue test
D : Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 9 : Beurteilung von Feinanteilen-Methylenblau-Verfahren

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 juillet 1999 pour prendre effet le 5 août 1999.

Est destinée à remplacer la norme expérimentale P 18-592, de décembre 1990 (voir avant-propos national).



Correspondance La norme européenne EN 933-9:1998 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document fait partie d'un ensemble de normes d'essais qui déterminent les caractéristiques géométriques des granulats. Il définit le mode opératoire de l'essai au bleu de méthylène.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : génie civil, bâtiment, matériau de construction, granulat, essai physico-chimique, absorption, bleu de méthylène.

Modifications

Par rapport au document destiné à être remplacé, l'essai est réalisé sur la fraction 0/2 d'un sable et non sur les fines extraites du sable. De plus, un mode opératoire est introduit pour effectuer l'essai sur la fraction 0/0,125 mm.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

norme européenne
norme française

NF EN 1097-5
Novembre 1999

Indice de classement : P 18-650-5

ICS : 91.100.15

**Essais pour déterminer
les caractéristiques mécaniques
et physiques des granulats**

**Partie 5 : Détermination de la teneur en eau par séchage
en étuve ventilée**

- E : Test for mechanical and physical properties of aggregates —
Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven
D : Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von
Gesteinskörnungen — Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch
Ofentrocknung



Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 octobre 1999 pour prendre effet le 20 novembre 1999.

Destinée à remplacer les normes expérimentales P 18-554 et P 18-555, de décembre 1990 (voir avant-propos national).

Correspondance

La norme européenne EN 1097-5:1999 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document fait partie d'un ensemble d'essais qui déterminent les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Il définit le mode opératoire pour déterminer la teneur en eau d'un granulat.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : granulat, essai, caractéristique physique, dosage, eau, séchage, étuve, mode opératoire.

Modifications

Par rapport aux documents destinés à être remplacés, les modifications portent sur les essais de teneur en eau traités dans ces documents. De plus, la température de séchage à l'étuve est passée de 105 °C à 110 °C.

Corrections

norme européenne

norme française

NF EN 1097-6
Juin 2001

Indice de classement : P 18-650-6

ICS : 91.100.15

Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats

Partie 6 : Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau

- E : Tests for mechanical and physical properties of aggregates —
Part 6 : Determination of particle density and water absorption
D : Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften
von Gesteinskörnungen — Teil 6 : Bestimmung der Rohdichte
und der Wasseraufnahme



Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 mai 2001 pour prendre effet le 5 juin 2001.

Est destinée à remplacer, avec la norme homologuée NF EN 1097-5 de novembre 1999, les normes expérimentales P 18-554 et P 18-555 de décembre 1990 (voir avant-propos national).

Correspondance

La norme européenne EN 1097-6:2000 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document fait partie d'un ensemble de normes d'essais qui déterminent les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Il définit des méthodes de détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau des granulats.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : granulat, essai, détermination, caractéristique physique, masse volumique, absorption d'eau, coefficient d'absorption, méthode pycnométrique, pesée, mode opératoire, calcul.

Modifications

Par rapport aux documents destinés à être remplacés, adoption de la norme européenne.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

normalisation française

P 18-555
Décembre 1990

Granulats

Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables

E: Aggregates — Measurement of densities, absorption coefficient and water content of fine aggregates

D: Granulate — Bestimmung der Dichte, des Absorptionskoeffizienten und des Wassergehaltes von sand

Norme expérimentale publiée par l'afnor en décembre 1990.

Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'afnor avant le 31 décembre 1992.

Remplace la norme enregistrée de même indice d'avril 1980.

correspondance À la date de publication de la présente norme, il n'existe pas de norme européenne ou internationale sur le sujet.

analyse Dans la série des normes P 18-... qui concerne les granulats, la présente norme définit le mode de mesure des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables à l'aide d'un pycnomètre.

descripteurs **Thésaurus International Technique** : granulats, sable, masse volumique, coefficient d'absorption, teneur en eau.

modifications Par rapport à la précédente édition, modifications d'ordre rédactionnel et de présentation. Changement de statut.

corrections

norme européenne

NF EN 1097-7

Novembre 1999

norme française

Indice de classement : P 18-650-7

ICS : 91.100.15

Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats

**Partie 7 : Détermination de la masse volumique réelle du filler —
Méthode au pycnomètre**

- E : Tests for mechanical and physical properties of aggregates —
Part 7: Determination of the particle density of filler — Pycnometer method
D : Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von
Gesteinskörnungen — Teil 7: Bestimmung der Dichte von Füller — Pycnometer-
Verfahren



Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 octobre 1999 pour prendre effet le 20 novembre 1999.

Destinée à remplacer la norme expérimentale P 18-558, de décembre 1990 (voir avant-propos national).

Correspondance La norme européenne EN 1097-7:1999 a le statut d'une norme française.

Analyse Le présent document fait partie d'un ensemble d'essais qui déterminent les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Il définit le mode opératoire pour déterminer la masse volumique réelle du filler .

Descripteurs Thésaurus International Technique : génie civil, bâtiment, matériau de construction, route, granulat, mesurage, masse volumique, méthode pycnométrique.

norme européenne
norme française

NF EN 1008
Juillet 2003

Indice de classement : P 18-211

ICS : 91.100.30

Eau de gâchage pour bétons
**Spécifications d'échantillonnage,
d'essais et d'évaluation de l'aptitude
à l'emploi, y compris les eaux
des processus de l'industrie du béton,
telle que l'eau de gâchage pour béton**

E : Mixing water for concrete — Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete

D : Zugabewasser von Beton — Festlegungen für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton



Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 juin 2003 pour prendre effet le 5 juillet 2003.

Correspondance La Norme européenne EN 1008:2002 a le statut d'une norme française.

Analyse Le présent document définit les prescriptions de l'eau convenant à la production de béton conforme à la NF EN 206-1.

Il décrit les méthodes permettant d'apprécier son aptitude à l'emploi.

Descripteurs Thésaurus International Technique : béton, eau de gâchage, qualité, évaluation, aptitude à l'emploi, spécification, examen visuel, essai, essai chimique, résistance mécanique, temps de prise, table de données.

Modifications

Corrections

Résumé

MOTS-CLES : Ethers de cellulose, poudres redispersibles, SWOT, SMART, adhérence, mortiers.

Les mortiers colle sont couramment utilisés dans la maçonnerie pour leurs ouvrabilité et facilité d'utilisation, et sont principalement composés de liants hydrauliques, sable, fillers, d'eau et d'adjuvants de fixation, qui sont incorporés afin d'améliorer les propriétés du mortier et ils sont généralement modifiés par des éthers de cellulose et des poudres redispersibles.

L'objectif de ce travail vise à élaborer et optimiser des formulations de mortier colle pour carrelage avec des matériaux locaux, en vue de satisfaire les besoins du marché national et réduire l'importation. Pour cela, nous avons utilisé deux méthodes d'analyse ; la méthode SWOT qui nous a déterminé les forces, faiblesses, opportunités, et menaces, ainsi que la méthode SMART qui nous a permis d'optimiser l'élaboration du mortier colle.

Dans cette étude nous avons formulé 10 mortiers colle gris, en variant les pourcentages en ciment, sable et de poudre redispersible. D'après les essais de caractérisation exigés par la norme NF EN 12004 :2017. Nous pouvons conclure que les mortiers 1, 2, 4, 5, 7 et 10 sont conformes à la classe C1 (d'adhérence ≥ 0.5 MPa) et les mortiers 3, 6, 8,9 sont conformes à la classe C2 (d'adhérence ≥ 1 MPa) avec multi usage.

Les mortiers élaborés ont un prix de revient approximatif de 250 Da le sac, avec une diminution de plus de 37,7% du prix de revient d'un mortier importé commercialisé en Algérie.

Abstract

KEYWORDS: cellulose ethers, redispersible powders, SWOT, SMART, adhesion, Mortars.

Adhesive mortars are commonly used in masonry for their workability and ease of use, and are mainly composed of hydraulic binders, sand, fillers, water and fixing aids, which are incorporated to improve the properties of the mortar. Mortar and they are generally modified by cellulose ethers and redispersible powders.

The objective of this work is to develop and optimize tile adhesive mortar formulations with local materials, to meet the needs of the local market and reduce the amount of imports. In order to do this, we used two methods of analysis; the SWOT method that determined the strengths, weaknesses, opportunities, and threats, as well as the SMART method that allowed us to optimize the development of the adhesive mortar.

In this study we have formulated 10 gray glue mortars, varying the percentages in cement, sand and redispersible powder. According to the characterization tests required by standard NF EN 12004: 2017. We can conclude that mortars 1, 2, 4, 5, 7 and 10 comply with class C1 (adhesion ≥ 0.5 MPa) and mortars 3, 6, 8.9 comply with class C2 (of adhesion ≥ 1 MPa) with a multi-use.

The elaborated mortars have an approximate cost of 250 Da per bag, which means a reduction of more than 37.7% of the cost price compared to an imported mortar sold in Algeria.