

UNIVERSITE DE BLIDA 1



Faculté de technologie

Département de Génie civil

Laboratoire de Géo matériaux et Génie civil

MEMOIRE DE MASTER

Spécialité : Matériaux en génie civil

Fabrication d'une chape légère à base d'argile
expansée

Réalisé par :

El Nouri Tassnim et Belkermi Rania

Dr.Hamza BENSACI

U.Saad Dahleb-Blida

Promoteur

Dr.Walid YAHIAOUI

U.Saad Dahleb-Blida

Co-Promoteur

Juillet,2023

ملخص

يركز هذا المشروع البحثي على تصنيع الملاط خفيف الوزن يعتمد على الطين الممتد. الهدف هو إبراز وتشجيع استخدام المواد المحلية مع احترام الجوانب الاقتصادية والبيئية ، لتقليل من وزن الهياكل ، وتحسين العزل الحراري والصوتي.

لتحقيق هذه الأهداف ، تم تصنيع العديد من تركيبات الملاط بنسب مختلفة من الطين الممتد وحابس الهواء. تم استخدام طريقة العجينة الزائدة لاختبار نسبة الخلط المثالية وفقاً لأفضل تراص بين الركام المستخدم. كما تمت إضافة ألياف البولي بروبيلين للحصول على نتائج أكثر دقة

أظهرت النتائج أن الخفة العالية ، الكثافة المنخفضة والتوصيل الحراري المنخفض قد تحققت مع استخدام الطين الموسع وحابس الهواء ، مما يعني عزل حراري عالي والحصول على المقاومة المطابقة لمعايير ، بالإضافة إلى الألياف المضافة إلى الملاط الخفيف. لها تأثير وقائي ضد التشققات

كما أجريت الدراسة الاقتصادية لتحديد أفضل تركيبة بسماكة لا تقل عن 5 سم وبسماكة لا تزيد عن 10 سم

الكلمات المفتاحية: الملاط ، ملاط التسوية خفيف الوزن ، الطين الممتد ، الكثافة ، مقاومة الانضغاط ، التوصيل الحراري.

Résumé

Ce projet de recherche porte sur la fabrication d'une chape légère en mortier auto plaçant à base d'argile expansée. L'objectif est de mettre en valeur et d'encourager l'utilisation des matériaux locaux tout en respectant les aspects économiques et écologiques, de réduire le poids des structures, d'améliorer la légèreté et l'isolation thermique et acoustique.

Pour atteindre ces objectifs, de nombreuses formulations de mortier ont été réalisées avec différents pourcentages d'argile expansée et entraîneur d'air. La méthode de la pâte en excès a été utilisée pour choisir le pourcentage de mélange idéal selon la meilleure compacité entre les agrégats utilisés. Des fibres de polypropylène ont été également ajoutées pour obtenir des résultats plus précis.

Les résultats ont montré que la légèreté élevée, la faible densité et la faible conductivité thermique ont été atteintes avec l'utilisation de l'argile expansée et l'entraîneur d'air, ce qui signifie une isolation thermique élevée et l'obtention d'une résistance conforme à la norme, en outre, les fibres ajoutées au mortier de chape légère ont un effet protecteur contre les fissures.

L'étude économique a également été réalisée pour déterminer la meilleure chape de minimum épaisseur 5 cm et de maximum épaisseur 10 cm.

Mots clés : mortier, chape léger, argile expansé, la densité, résistance à la compression et conductivité thermique.

Abstract:

This research project focuses on the manufacture of a lightweight mortar based on expanded clay. The objective is to encourage the use of local materials while respecting economic and ecological aspects, to reduce the weight of structures, improve lightness and improve thermal and acoustic insulation.

To achieve these objectives, many mortar formulations have been made with different percentages of expanded clay and Air entrainment. The excess paste method was used to choose the ideal mixing percentage according to the best of compactness between the aggregates used. Polypropylene fibers have also been added to obtain more precise results.

The results showed that high lightness, low density and low thermal conductivity were achieved with the use of expanded clay and air- entrainment, which means high thermal insulation and obtaining the resistance conforms to the standard, in addition, the fibers added to the light screed mortar have a protective effect to the cracks.

The economic study was also carried out to determine the best mixes with a minimum thickness of 5 cm and a maximum thickness of 10 cm.

Key words: mortar, lightweight screed, expanded clay, density, compressive strength and thermal conductivity.

Remerciements

Nous souhaitons exprimer notre gratitude et notre profonde reconnaissance à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout-puissant pour nous avoir donné la santé, la volonté et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous remercions également notre promoteur, le Dr Hamza Bensaci, et notre co-promoteur, le Dr Walid Yahiaoui, pour leurs conseils et directives.

Nous exprimons également notre gratitude aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons surtout à remercier notre encadrant, M. Hamid Zeroub, responsable du support technique chez LAFARGE HOLCIM ALGERIE, pour son aide, ses précieux conseils et son soutien constant, ainsi que l'équipe du CDL LAFARGE ALGERIE qui a grandement contribué au bon déroulement de notre stage.

Nous adressons également nos sincères remerciements à M. Djelloul Noureddine de la part de l'usine ALGEXPAN pour leur bon accueil et leur service.

Enfin, nous remercions tous les professeurs que nous avons croisés durant notre cursus au sein du département de Génie Civil de l'Université Saad Dahleb Blida-1-.

Leurs enseignements et leur soutien ont été essentiels pour notre formation et la réalisation de ce mémoire.

Nous sommes reconnaissants envers toutes ces personnes qui ont contribué à notre réussite et nous les en remercions du fond du cœur.

الإهداء

أشكر الله العلي القدير الذي أنعم عليّ بنعمة العقل والدين. القائل في محكم التنزيل "وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ"
. سورة يوسف آية 76.... صدق الله العظيم

وقال رسول الله صلي الله عليه وسلم: "من صنع إليكم معروفاً فكافئوه. فإن لم تجدوا ما تكافئونه به فادعوا له حتى
"تروا أنكم كافأتموه" ... رواه أبو داود

الى بلدي الحبيب فلسطين ومسقط رأسي غزة العزة ؛ الى كل الشهداء والمناضلين والمقاومين والمرابطين على ارض
الوطن

الى بلدي الثاني الجزائر. بلد الشهامة والكرامة

الى روح أبي الراحل من دنيانا. الباقي في قلبي. الخالد في عالمي. مثلي الاعلى. النور الذي أنار دربي وسراجي الذي لا
ينطفئ ابدا . رحمه الله

إلى أمي حادية الضوء وخازنة الجمال الأولى. إلى المرئية الأولى في نظري. التي حبوت ومشيت أولى خطواتي على
يديها. ونطقت أول كلماتي على مسمعها. وبكيت أول دمعة أمام عينها من بدعائها اغتمرت وبرعايتها نعمت

الى زوجي محمد سندي وقوتي ومأمني وأماني وملاذي بعد الله

الى اخوتي رائد وعمر وعبد العزيز ومها يد الحب والعطاء إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة إلي من يجري
حيمهم في عروقي. بهجة روعي ومهجة فؤادي

الى اهل زوجي بيتي الثاني امي الثانية وأبي الثاني . من لم يبخلوا علي بحيمهم وعطفهم

الى عزيزتي نورا وأحبائي : شهناز. وسام. أية. أحمد ياسين وهداية

ام عز. وجدان. عز. نوران. حسام. ساندي. جنين. عبد الناصر. ابتسام. محمد. سلاف. توفيق

الى خالاتي واخوالي وعماتي وأبنائهم وأهلي جميعا في الوطن

الى صديقتي وانيسة سنوات الدراسة وزميلتي في العمل رانيا بلكرمي

الى زملاء التدريب العملي سليم بوجمعة وشكيب بوزرتيت

الى كل فريق عمل لافارج الجزائر السيد (شلبي:رفيق؛بلال:نبيل؛رضوان؛رمضان؛حسين؛كمال)

الى اساتذتي : الدكتوراة : (نادية بن تلمسان ومقني)

الى كل أصدقائي وزملائي ومن وقف بجاني وساندني

تسليم النوري

اهدي تخرجي لكم جميعا

Dédicaces

Je tiens à dire hamdoulilah mon dieu qui m'a aidé et qui m'a donné la force et la patience pour accomplir ce travail je tiens aussi à dire merci à ma famille ma maman, sœurs et frères

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce mémoire. Tout d'abord :

Chers Dr. Yhiaoui Walid et Dr. Bensaci, Hamza Je tiens à vous exprimer ma sincère gratitude et mes remerciements les plus chaleureux pour votre incroyable soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire. Votre patience, votre disponibilité et vos précieux conseils ont été d'une aide inestimable pour moi.

Je tiens à remercier aussi groupe de lafarge un grand Merci à Mr.Zeroual

Redwane, Mr. Ouldache Ouramdhan, Mr.Daoud Samir , Mr.Kefif

Nabil ; Mr.Dahakoumiane Rafik ,à Mr.Houssine , Mr.Mahfouf Kamel et Mr.Berkia Billel, Mr chalabi Madjide ,Mr Hamide Zeroub.

Je tiens à remercier mon binôme Elnouri tassnim pour toutes ses efforts lors de la réalisation de ce mémoire

Une spéciale dédicace à mes neveux anis besma et Lina je vous aime

Belkermi Rania

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Revue bibliographique	3
1 PARTIE 01.....	4
1.1 INTRODUCTION	4
1.2 HISTOIRE DES MORTIERS	4
1.3 DEFINITION DE MORTIER :	6
1.4 COMPOSITION DES MORTIERS :	6
1.4.1 LES SABLES :	6
1.4.2 LES LIANTS :	7
1.4.2.1 Le ciment	8
1.4.2.2 La chaux.....	8
La chaux aérienne éteinte : [4].....	9
La chaux hydraulique naturelle (NHL) : [4]	9
La chaux formulée : [4].....	9
1.4.3 L'eau de gâchage :	9
1.4.4 Les adjuvants :	9
1.4.4.1 Les plastifiants :	10
1.4.4.2 Les accélérateurs et les retardateurs :	10
1.4.4.3 Les durcisseurs :	10
1.4.4.5 Les hydrofuges de masse :	10
1.4.4.6 Les entraîneurs d'air :	11
1.4.4.7 Les colorants :	11
1.5 LES DIFFERENTS TYPES DE MORTIER :	11
1.5.1 Les mortiers de chaux :	11
1.5.2 Les mortiers de ciment :	11
1.5.3 Les mortiers bâtards :	11
1.5.4 Les mortiers gras :	12
1.5.6 Les mortiers maigres :	12
1.6 EMPLOIS DES MORTIERS :	12
1.6.1 Les joints de maçonnerie :	12
1.6.2 Les enduits :	13
1.6.3 Les chapes :	13

1.6.4	Les scellements et les calages	14
1.7	Résultats relatifs au mortier	15
1.7.1	Par liège expansé.....	15
	L'état frais :.....	15
	• La maniabilité :	15
	L'état durci :.....	17
	A. Résistance à la compression :.....	17
	B. Résistance à la Traction indirecte :	17
1.7.2	Par des déchets de polyamide	18
1.7.2.1	La rétention d'eau [8].....	18
1.7.2.2	Perméabilité à la vapeur d'eau	19
1.7.2.3	Adhérence : [8]	20
1.7.2.4	Thermogravimétrie :[8].....	21
1.7.2.5	Résistance au gel [8]	21
1.7.2.6	Choc thermique [8]	22
1.7.2.7	Eau chaude salée [8]	22
1.7.2.8	Cristallisation du sel : [8].....	22
1.7.2.9	Propriétés mécaniques :	23
1.8	Argile expansé	24
1.8.1	Les Propriétés et Les Avantages de l'Argile Expansée :	24
1.8.2	Les inconvénients de l'argile expansée.....	26
1.8.3	Modes d'emploi de l'argile expansée	26
2.1	Présentation d 'usine ALGEEEXPANE :	28
2.2	Les granulats d'argile expansée :	28
2.3	les différents fractions d'argile expansée	29
2.4	Procédures de fabrication de l'argile expansée :.....	29
2.4.1	Extraction.....	29
2.4.2	Concassage, broyage et malaxage :	30
2.4.3	Le façonnage :.....	31
2.4.4	La cuisson :	31
2.4.5	Refroidissement et criblage :	32
2.5	Les différents matériaux d'ALGEXPAN :	32
	Conclusion	33

Chapitre 2 : Caractérisations et formulations.....	34
2. Introduction.....	35
2.1 Caractérisation des matériaux utilisés.....	35
2.1.1 Le ciment	35
2.1.1 Caractéristiques physiques.....	35
2.1.2 Caractéristiques mécaniques.....	37
2.1.3 Composition chimique	37
2.1.4 Composition Minéralogique	37
2.2 Les granulats utilisés :.....	37
2.2.1 Analyse granulométrique EN NF 933-1 [20].....	38
2.2.2 Caractéristiques physiques.....	38
2.2.3 <i>l'analyse</i> chimique XRF :	40
2.3 L'eau de gâchage	40
2.4 Les adjuvants et les additifs	40
2.4.1 Superplastifiant	40
2.4.2 Entraîneur d'air	41
2.4.3 Pentaflow	41
2.4.4 Pentagel.....	41
2.5 La fibre utilisée	42
3. Les formulations des mortiers.....	43
3.1 Les différentes formulations :	44

3.1.1 Mortier 1 :	44
3.1.2 Mortier 2:	45
3.1.3 Mortier 3 :	46
3.1.4 Mortier 4 :	48
3.1.5 Mortier 5 :	49
3.2 Essais a l'état frais	50
3.2.1 Etalement	50
3.2.2 Densité	50
3.2.3 La teneur en air	51
3.3 Essais a l'état durci	52
3.3.1 Préparation des éprouvettes	52
3.3.2 Conservation des éprouvettes	52
3.3.3 Essai de résistances mécanique.....	52
3.3.3.1 Essais de résistance a la flexion.....	52
3.3.3.2 Essais de la résistance a la compression	54
3.3.4 Retrait.....	54
3.3.5 Conductivité thermique.....	56
4. Conclusion :	57
5. Résumé de les essais de caractéristiques des matériaux	58
6. Résumé de formulations du mortier.....	59
7. Résumé des essais sur les mortiers	60

Chapitre 3 : Résultats et Discussions	61
1. Introduction.....	62
2. Etalement	62
2.1. Mortier 1	62
2.2. Mortier 2	63
2.3. Mortier 3	64
2.4. Mortier 4	65
2.5. Mortier 5	66
3. Densité	67
3.1. Mortier 1	67
3.2. Mortier 2	68
3.3. Mortier 3	68
3.4. Mortier 4	69
3.5. Mortier 5	70
4. Teneur en air	71
4.1. Mortier 1	71
4.2. Mortier 2	72
4.3. Mortier 3	73
4.4. Mortier 4	74
4.5. Mortier 5	75
5. Les essais de résistance	76
5.1. Mortier 1	76
5.2. Mortier 2	78
5.3. Mortier 3	80
5.4. Mortier 4	82
5.5. Mortier 5	84
6. Le Retrait totale :	86
7. Conductivité thermique :.....	87
7.1. Mortier 1	88
7.2. Mortier 2	89
7.3. Mortier 3	90
7.4. Mortier 4	91

7.5. Mortier 5	91
Conclusion générale.....	100
Les Références	102
[14] La norme NF P15-435, Méthodes d'essais des ciments - Détermination de la masse volumique. (octobre 2021)	103
[16] La norme NF EN 196-3, Méthodes d'essai des ciments - Partie 3 : détermination du temps de prise et de la stabilité (septembre 2017).....	103
[18] La norme NF EN 196-9, Méthodes d'essai des ciments - Partie 9 : chaleur d'hydratation - Méthode semi-adiabatique (décembre 2010).....	103
[22] La norme NF P 18-555, Granulats. Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables,(avril 1980)	103
[34] La norme NF EN 1015-7, Méthodes d'essai des mortiers pour maçonnerie - Partie 7 : détermination de la teneur en air du mortier frais (octobre 1999).....	104
[35] La norme NF EN 196-1, Méthodes d'essais des ciments - Partie 1 : détermination des résistances (septembre 2016).....	104
[37] La norme NF P 15-433, Méthodes d'essais des ciments - Détermination du retrait et du gonflement (février 1994).....	104
[38] La norme NF EN 993-15, Méthodes d'essai pour produits réfractaires façonnés denses - Partie 15 : détermination de la conductivité thermique par la méthode du fil chaud (parallèle). (octobre 2005).....	104
[41] La norme ISO 8894-2 :2007, Matériaux réfractaires - Détermination de la conductivité thermique - Partie 2 : méthode du fil chaud (parallèle). (décembre 2007)	105
[42] H. Bensaci, “Performance Des Bétons Autoplaçants À Base Des Déchets Des Pneus En Caoutchouc Et Ajouts Minéraux ” 2019.....	105
[43] la norme NF EN 13813, Matériaux de chape et chapes - Matériaux de chapes - Propriétés et exigences. (juin 2003).....	105
a. Détermination de la perte au feu :.....	106
b. Analyse chimique XRF :.....	107

Liste des tableaux

Tableau 1. 1 : Valeur mesuré de l'etatement pour le mortier témoin et chargé	16
Tableau 1. 2 : Classification de mortier en fonction de leurs étalements	16
Tableau 1. 3 : évolution de la résistance à la flexion en fonction des taux de substitution	17
Tableau 1. 4 : Résultats de la rétention d'eau de l'ouvrabilité et de la densité pour les mortiers avec et sans agent de surface T03.....	18
Tableau 1. 5: Résultats des essais de perméabilité à la vapeur d'eau 6 Résultats des essais de perméabilité à la vapeur	19
Tableau 1. 6 : Procédure et Résultats de l'essai d'adhérence	20
Tableau 1. 7 : Perte de masse de chaque essai de durabilité.....	23
Tableau 2. 1 : Caractéristiques physique de ciment CEMII/B-L 42 ,5N.....	36
Tableau 2. 2 : Caractéristiques mécaniques de ciment CEMII/B-L 42 ,5N	37
Tableau 2. 3 : Composition chimique de ciment CEMII/B-L 42 ,5N [19].....	37
Tableau 2. 4 : Composition minéralogique du Clinker (bogue) [19].....	37
Tableau 2. 5 : Caractéristiques physique de sable 0/1 Boussaâda.	38
Tableau 2. 6 : Caractéristiques physique de sable 0/4 Caf azro.....	39
Tableau 2. 7 : Caractéristiques physique de sable 0/3 AC Algéxpain.	39
Tableau 2. 8 : Caractéristiques physique de gravier 3/8 AC Algéxpain.....	39
Tableau 2. 9 : Analyse chimique d'argile expansée XRF	40
Tableau 2. 10 : Caractéristiques de super plastifiant (MasterGlenium 26).....	40
Tableau 2. 11 : Caractéristiques d'entraîneur d'air.....	41
Tableau 2. 12 : Caractéristiques de pentaflow	41
Tableau 2. 13 : Caractéristiques de pentagel	41
Tableau 2. 14 : Caractéristiques de fibre polypropylène (FIBERTEK PP 6 mm).....	42
Tableau 2. 15 : Formulation de mortier 1	45
Tableau 2. 16 : Formulation de mortier 2	46
Tableau 2. 17 : Formulation de mortier 3	47
Tableau 2. 18 : Formulation de mortier 4	48
Tableau 2. 19 : Formulation de mortier 5	49
Tableau 3. 1 : Résultat d'étalement pour le mortier M1	62

Tableau 3. 2 : Résultat d'étalement pour le mortier M2	63
Tableau 3. 3 : Résultat d'étalement pour le mortier M3	64
Tableau 3. 4 : Résultat d'étalement pour le mortier M4	65
Tableau 3. 5 : Résultat d'étalement du mortier 5	66
Tableau 3. 6 : Résultat de densité pour mortier M1	67
Tableau 3. 7 : Résultat de densité pour mortier M2.....	68
Tableau 3. 8 : Résultat de densité pour mortier M3.....	68
Tableau 3. 9 : Résultat de densité pour mortier M4.....	69
Tableau 3. 10 : Résultats de Densité pour le mortier M5	70
Tableau 3. 11 : Résultat de teneur en air du mortier M1	71
Tableau 3. 12 : Résultats de teneur en air pour le mortier M1.....	72
Tableau 3. 13 : Résultats de teneur en air pour le mortier M3.....	73
Tableau 3. 14 : Résultats de teneur en air pour le mortier M4.....	74
Tableau 3. 15 : Résultats de teneur en air pour le mortier M5.....	75
Tableau 3. 16 : Résultat de résistance pour le mortier M1	76
Tableau 3. 17 : Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M1	76
Tableau 3. 18 : Résultat de résistance pour le mortier M2	78
Tableau 3. 19 : Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M2.....	78
Tableau 3. 20 : Résultat de résistance pour le mortier M3	80
Tableau 3. 21 : Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M3.....	80
Tableau 3. 22 : Résultat de résistance pour le mortier M4	82
Tableau 3. 23 : Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M4.....	82
Tableau 3. 24 : Résultat de résistance pour le mortier M5	84
Tableau 3. 25 : Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M5.....	84
Tableau 3. 26 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M1.....	88
Tableau 3. 27 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M2.....	89
Tableau 3. 28 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M3.....	90
Tableau 3. 29 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M4.....	91
Tableau 3. 30 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M5.....	91

Tableau 3. 31 : Résultat des meilleures formulations	93
Tableau 3. 32 : Etude Economique pour les meilleurs mortiers	95
Tableau 3. 33 : Résultats de densité, résistance, conductivité et le cout pour les meilleurs mortiers	96
Tableau 3. 34 : l'épaisseur et l'observation de chaque mortier	96

Liste des figures

Figure 1.1 : Le phare d'Eddyston	5
Figure 1.2 : Panthéon de Rome.....	5
Figure 1.3 : Colisée de Rome.....	5
Figure 1.4 : La principale composition des mortiers de ciment.....	6
Figure 1.5 : Le sable de carrière.....	7
Figure 1.6 : Le sable de rivière.	7
Figure 1.7 : Ciment.	7
Figure 1.8 : Chaux hydraulique	7
Figure 1.9 : Plâtre.....	8
Figure 1.10 : Joint (maçonnerie).....	13
Figure 1.11 : Enduit traditionnel.....	13
Figure 1.12 : Les chapes traditionnelles	14
Figure 1.13 : Scellement, calage de platine.	15
Figure 1.14 : Résultats de résistance.....	24
Figure 1.15 : L'usine de fabrication de l'argile expansée d'argile expansée.....	28
Figure 1.16 : Les différents fractions d'argile expansée.....	29
Figure 1.17 : Extraction	30
Figure 1.18 : Dépôt après concassage.....	30
Figure 1.19 : Le façonnage	31
Figure 1.20 : Le four rotatif	31
Figure 1.21 : Refroidissement et criblage	32
Figure 2.1 : Courbe de chaleur d'hydratation du ciment	36
Figure 2.2 : Analyse granulométrique de sable 0/1,0/3AC,0/4 et gravier 3/8AC.....	38
Figure 2.3 : Polypropylène.....	42
Figure 2.4 : Illustration de la théorie de la pâte en excès.....	43
Figure 2.5 : Formulation de mortier.....	44
Figure 2.6 : Essais d'étalement.	50
Figure 2.7 : Aéromètre.....	51
Figure 2.8 : Moule des éprouvettes prismatiques (40x40x160 mm).	52
Figure 2.9 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.....	53
Figure 2.10 : Essais de résistance à la traction.....	53
Figure 2.11 : Essais de la résistance à la compression.....	54

Figure 2. 12 : Essais de retrait.....	55
Figure 2. 13 : Résumé de les essais de caractéristiques des matériaux.....	58
Figure 2. 14 : Résumé de formulation des mortiers.....	59
Figure 2. 15 : Résumé des essais sur les mortiers.....	60
Figure 3. 1 : Résultat d'étalement pour le mortier M1	63
Figure 3. 2 : Résultat d'étalement pour le mortier M2	64
Figure 3. 3 : Résultat d'étalement pour le mortier M3	65
Figure 3. 4 : Résultat d'étalement pour le mortier M4	66
Figure 3. 5 : Résultat d'étalement pour le mortier M5	67
Figure 3.6: Comparaison de la résistance à la flexion du Mortier M5 à 28 jours par rapport au mortier de référence.....	85
Figure 3. 7 : Résultats de retrait pour le Mortier M2.....	87
Figure 3. 8 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M1	88
Figure 3. 9 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M2.....	89
Figure 3. 10 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M3	90
Figure 3. 11 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M4	91
Figure 3. 12 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M5	92
Figure 4. 1 : Détermination de la perte au feu.	107
Figure 4. 2 : Essai XRF pour l'argile expansée.....	108
Figure 4. 3 : problème d'écoulement (manque de pate)	109
Figure 4. 4 : ségrégation apparente après démoulage	109
Figure 4. 5 : Fiche technique de ciment.....	110
Figure 4. 6 : Fiche technique du masterglenium 26.....	111
Figure 4. 7 : Fiche technique de pentamix.....	112
Figure 4. 8 : Fiche technique de pentaflow	113
Figure 4. 9 : Fiche technique de pentagel	114
Figure 4. 10 : Fiche technique de fibertek	116

Liste des abréviations

MT : mortier de référence (temoin)

ML : mortier contenant liège expansé

RTO3 : mortier de Référence à base de sable naturel

PATO3 : mortier à base des déchets de polyamides

Pg : penta gel (entraîneur d'air en poudre)

SSB : surface spécifique Blaine

ESP : équivalent de sable

AC : argile concassé

Ke : coefficient d'espacement de la pâte

Cm : compacité du mélange ;

Pm : Porosité du mélange

Sp : super plastifiant

Rf : Résistance à la flexion

Rc : Résistance à la compression

Mf: mortier fibré

MRF : Mortier de référence

M+P : Mortier plus poudre

Introduction générale

Nous vivons actuellement dans un cycle d'innovations en matière de technologie de construction. La recherche active se concentre sur le développement de matériaux avancés et l'application de techniques modernes. L'un de ces domaines est celui des mortiers de maçonnerie isolants, tels que le mortier léger.

Les granulats d'argile expansée obtenus premièrement par l'extraction de la pierre d'argile avec tout un traitement spécial se distinguent par leur résistance à la compression supérieure comparée aux granulats normalisée, parmi les granulats légers qu'ils sont disponibles dans la région de Bouinan Blida. L'argile expansée se caractérise par sa faible densité, sa forte porosité et sa faible conductivité thermique.

Dans la pratique, l'incorporation de granulats d'argile expansée dans les mélanges de béton ou de mortier en remplacement partiel des granulats suscite un intérêt croissant. Cette approche permet l'offre de plusieurs alternatives aux ingrédients traditionnellement utilisés dans les mélanges de béton.

L'extraction de granulats dans les carrières à un impact environnemental significatif, notamment en termes de déforestation et de modification du paysage. De même, l'extraction de granulats alluviaux entraîne une diminution de la nappe phréatique et un assèchement des sols aux alentours des cours d'eau. Ces deux processus d'extraction ont des conséquences environnementales importantes pour les États membres de l'Union européenne.

En Algérie, la législation s'est montrée très stricte en matière d'extraction de granulats. Ainsi, pour préserver l'environnement, il est devenu essentiel de trouver de nouvelles sources de granulats capables de fournir des solutions alternatives

Le mortier léger peut être utilisé dans diverses applications, notamment la construction sous-marine, le tunneling, les aéroports, la stabilisation des sols, les routes et les bâtiments de grande hauteur, grâce à sa meilleure résistance à la chaleur et sa contribution à une construction écologique. De plus, ce mortier léger peut servir de matériau résistant au feu et insonorisant.

Introduction générale

L'objectif de cette étude est de proposer un mortier léger permettant d'obtenir une chape légère, afin d'améliorer l'isolation thermique en remplaçant partiellement ou totalement le sable naturel par des granulats gros et fins d'argile expansée disponibles localement,

Cette étude est composée de trois chapitres. Le premier chapitre : Ce chapitre est divisé en deux parties. La première présente une synthèse bibliographique des recherches antérieures, tandis que la deuxième partie présente l'entreprise de fabrication de granulats légers d'argile expansée en Algérie, ALGEXPAN, ainsi que les procédures de fabrication de ses granulats et leurs propriétés.

Le deuxième chapitre décrit les résultats d'identification des matériaux employés, ainsi que le déroulement des procédures expérimentales à l'état frais et durci pour les différentes formulations réalisées.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats obtenus et de présenter l'étude économique associée.

Enfin, des conclusions générales ainsi que des perspectives de cette étude sont proposées.

Chapitre 1 :
Revue bibliographique

1 PARTIE 01

1.1 INTRODUCTION

La colle ou les mortiers est une matière qui assure la liaison entre les différents éléments et le matériau le plus fréquemment utilisé dans le domaine de la construction.

Il est l'un des matériaux de construction les plus anciens c'est plus vieux que le béton. Il a notamment permis à de nombreuses civilisations de construire des structures imposantes à partir de petits composants faciles à manipuler. Des traces de mortier, remontant à environ 10 000 ans, ont d'ailleurs été découvertes en Palestine (Jéricho) ; Encore aujourd'hui, ce matériau est utilisé dans de nombreux projets de construction. Voilà pourquoi il constitue toujours un sujet d'actualité. D'ailleurs, il est légitime de se demander : « qu'est-ce que le mortier et quelles sont ses différentes sortes et utilités? » [1].

Maintenant la construction est généralement réalisée par éléments, dont il faut assurer la liaison ou qu'il faut protéger par un revêtement. On doit alors effectuer des scellements ou divers travaux de reprise, de bouchage, etc. 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. Des compositions multiples de mortiers peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables ; leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement.

1Use the "Insert Citation" button to add citations to this document.

1.2 HISTOIRE DES MORTIERS

Pendant la préhistoire et au début de l'antiquité - époque assyrienne et babylonienne -, on utilisait de la terre argileuse comme liant pour maçonner les pierres. Le plâtre est le plus ancien liant cuit qui ait été trouvé, pour la réalisation des mortiers ou enduits en architecture. Les plus vieilles traces de son utilisation remontent à environ 7 000 ans avant J.-C., sur le site de Catal-Uyuk en Anatolie (Turquie). Lors de la construction des pyramides, les Égyptiens utilisèrent un plâtre obtenu par cuisson d'un gypse. Il était utilisé pour lubrifier l'assise des grosses pierres qu'on déplaçait avant de les mettre en place. Toutefois, ces matériaux n'étaient pas très efficaces en présence

d'humidité élevée et d'eau. C'est aux environs de 4 000 ans avant J.-C. que les anciens découvrirent que la pierre calcaire, lorsque brûlée et combinée à de l'eau, produisait un matériau qui durcissait avec le temps. Le début de l'utilisation de la chaux dans les mortiers est vague, mais il a été avéré que les murs de la ville de Jéricho bâtis en briques de terre crue, étaient enduits à la chaux. On sait que les grecs (c'est à Chypre qu'apparaît, hérité d'Asie, au VIIIe-VIIe siècle, le liant de chaux), puis les romains, utilisaient couramment la chaux dans les mortiers. Vitruvius, un architecte romain, donnait les grandes lignes pour la préparation des mortiers de chaux : « Lorsqu'elle est éteinte (la chaux), laissez-la se mélanger avec du sable de manière à ce qu'il y ait trois parties de sable de carrière pour une partie de chaux ; dans le cas de sable provenant de rivières ou de l'océan, deux parties de sable pour une partie de chaux. On obtient ainsi la bonne proportion pour le mélange. »[2].

Les mortiers contenant uniquement de la chaux et du sable nécessitent du dioxyde de carbone contenu dans l'air pour se convertir et reprendre la forme de pierre calcaire et durcir. Ils durcissent lentement et ne prennent pas sous l'eau. [2]



Figure 1.1 : Le phare d'Eddyston



Figure 1.2 : Panthéon de Rome



Figure 1.3 : Colisée de Rome

1.3 DEFINITION DE MORTIER :

Le mortier est un mélange de liant et eau, sable ; est indispensable à presque tous les travaux de maçonnerie, notamment pour monter un ou de pierres, pour lequel il jouera le rôle essentiel de colle, permettant de solidariser les éléments entre eux. Il assure ainsi la cohésion et la bonne répartition des charges du mur. Lorsqu'il comble chacun des espaces entre les matériaux, il permet de réaliser des ensembles cohérents à la solidité variable selon le type de mortier employé.

Cependant, il peut aussi être utilisé comme enduit ou élément de scellement lors de contribuant à l'esthétique et à l'imperméabilité du mur de maçonnerie.

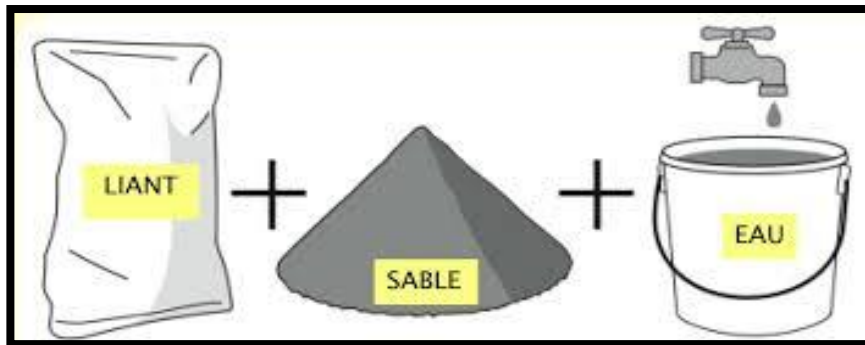


Figure 1. 4 : La principale composition des mortiers de ciment.

1.4 COMPOSITION DES MORTIERS :

Le mortier se compose de sables , de liant, d'eau et d'adjuvant.

1.4.1 LES SABLES :

Sont des sables issus de rivières ou de carrières Le sable se compose de grains durs et arrondis ayant des calibres différents. Dans le cadre de la réalisation d'un mortier, le sable choisi est un mélange de divers sables. Le mélange obtenu doit être propre et ne doit contenir ni éléments végétaux ni autres particules nocives. Certains granulats sont dits « légers ». [3]

Le choix du sable est important pour la qualité du béton et du mortier. Il doit être propre, non poreux et inaltérable à l'eau, à l'air et au gel.



Figure 1.5 : Le sable de carrière



Figure 1.6 : Le sable de rivière.

On distingue trois granulométries de sable [4].

- Sable fin : de 0,1 à 0,2 mm. Il s'utilise pour les enduits fins.
- Sable moyen : de 0,2 à 0,4 mm. Il est employé pour les enduits et les mortiers fins, les mortiers pour joints et les couches de finition.
- Sable gros : jusqu'à 1,6 mm. Il convient pour les bétons et les mortiers lourds.

1.4.2 LES LIANTS :

Sont constitués de ciments normalisés (ciment Portland, ciment au laitier, ciment de haut fourneau), de ciments spéciaux (ciment blanc, ciments à maçonner, etc.), de chaux hydraulique naturelle et de plâtre. [3]



Figure 1.7 : Ciment.



Figure 1.8 : Chaux hydraulique



Figure 1.9 : Plâtre

1.4.2 .1 Le ciment

Utilisé pour réaliser du béton et du mortier il doit répondre à la norme **NF P 15-301** qui définit plus de **20 types de ciments**, répartis en trois classes de résistance : 32,5 R, 42,5 R et 52,5 R. on trouve les ciments usuels appelés **ciments “CEM”**. Cette dénomination est suivie d'un chiffre romain allant de I à V, qui indique la famille du liant, suivi d'une lettre majuscule A, B ou C qui indique la quantité, faible ou forte, de composants secondaires : calcaire (L), fumée de silice (D), cendre volant siliceuse (V), laitier de haut-fourneau (S). Les lettres L (lent), N (normal) ou R (rapide) indiquent le temps de prise du béton.

Exemple : un ciment CEM I, appelé aussi ciment Portland, contient 95 % de clinker et 5 % de constituants secondaires au maximum. [4]

D'autres ciments plus spécifiques répondent à des exigences techniques :

- le ciment à maçonner (MC), qui s'utilise surtout pour la confection de mortiers
- le ciment prompt (CNP) à prise ultra-rapide, en quelques minutes;
- le ciment fondu (CA), à prise réglable et à durcissement rapide, utilisé pour des travaux urgents et des ouvrages exigeants une résistance élevée (conduits de cheminée, bétonnage par temps froid...).

1.4.2.2 La chaux

On distingue trois types de :

La chaux aérienne éteinte : [4]

- Elle durcit uniquement au contact de l'air.
- -Elle est employée pour la restauration des enduits, des stucs ou des badigeons, des joints de maçonneries.
- On l'utilise aussi comme base de peinture à la chaux.

La chaux hydraulique naturelle (NHL) : [4]

- Elle durcit rapidement au contact de l'eau puis progressivement au contact de l'air.
- Elle est classée selon 3 classes de résistance (NHL 2, NHL 3,5 ou NHL 5 MPa).
- Pure, elle convient parfaitement à la réalisation d'un enduit, des joints de pierres ainsi qu'en mortier de pose pour les travaux de couverture.
- L'appellation NHL, suivie de la lettre Z, signifie qu'il s'agit d'une chaux naturelle mélangée avec du ciment.

La chaux formulée : [4]

- Elle est constituée d'un mélange de chaux hydraulique, de ciment haut performance et d'adjuvants.
- Elle permet la réalisation de mortiers de sable "bâtardés à l'ancienne", avec l'avantage d'un mélange homogène et régulier réalisé en usine.

1.4.3 L'eau de gâchage :

L'eau de gâchage utilisée doit être propre, sans débris ni huile. Elle a pour rôle d'assurer l'hydratation du ciment et de le rendre plus malléable. [3]

1.4.4 Les adjuvants :

Sont des produits chimiques ajoutés au mortier en faible quantité, afin de modifier ses propriétés. Ces additifs ont différentes fonctions : Réduire le taux d'humidité pour améliorer sa maniabilité comme les super plastifiants, accélérer la prise afin de diminuer le temps de prise du mortier notamment en cas de gel, faire office de retardateurs de prise en cas de températures élevées et/ou d'entraîneurs d'air afin d'augmenter la résistance de l'ouvrage face au gel, d'hydrofuges qui améliorent l'imperméabilité du mortier, de colorants pour réaliser des travaux décoratifs. [5]

Les différents types d'adjuvant :

1.4.4.1 Les plastifiants :

Les plastifiants sont des adjuvants utilisés dans le domaine du béton pour améliorer sa maniabilité et sa plasticité. Ils permettent de réduire la quantité d'eau nécessaire à la formulation du mélange, tout en maintenant ses propriétés de fluidité. Les plastifiants facilitent ainsi la mise en œuvre du béton, améliorent sa résistance et réduisent les risques de fissuration

1.4.4.2 Les accélérateurs et les retardateurs :

Les accélérateurs de prise sont des adjuvants utilisés dans le béton pour réduire le temps de prise, c'est-à-dire le temps nécessaire au durcissement du mélange. Ils permettent d'accélérer le durcissement initial du béton, ce qui peut être utile dans des conditions de basse température ou lorsque des délais de mise en service rapides sont nécessaires.

Les retardateurs de prise, quant à eux, sont des adjuvants qui retardent le temps de prise du béton. Ils sont utilisés lorsque l'on souhaite prolonger la durée de maniabilité du mélange, notamment dans des conditions chaudes ou lorsqu'un retard de prise est souhaité pour des opérations de bétonnage spécifiques.

1.4.4.3 Les durcisseurs :

Les durcisseurs sont des adjuvants utilisés dans le béton pour accélérer le processus de durcissement et de prise. Ils contiennent des composés chimiques tels que des sels de calcium ou de silicate de sodium qui réagissent avec les composants du ciment pour former des cristaux de durcissement. Les durcisseurs permettent d'obtenir un béton plus résistant, durable et résistant à l'usure, tout en réduisant le temps de durcissement et en améliorant la résistance initiale

1.4.4.5 Les hydrofuges de masse :

Les hydrofuges de masses sont des produits chimiques utilisés pour rendre les matériaux résistants à l'eau et à l'humidité. Ils sont couramment appliqués sur les surfaces poreuses comme le béton, la pierre ou le bois pour les protéger contre les infiltrations d'eau. Ces hydrofuges agissent en formant une barrière imperméable qui prévient les dommages causés par l'eau et prolonge la durée de vie des matériaux

1.4.4.6 Les entraîneurs d'air :

Les entraîneurs d'air sont des adjuvants utilisés dans le béton pour introduire de petites bulles d'air uniformément réparties dans le mélange. Ces bulles d'air agissent comme des microsphères dans le béton, améliorant sa résistance aux cycles de gel-dégel et sa résistance à la traction. Les entraîneurs d'air améliorent également la maniabilité du béton, réduisent la ségrégation et facilitent le pompage du mélange

1.4.4.7 Les colorants :

Les colorants du mortier sont des additifs utilisés pour donner de la couleur au mortier utilisé dans la construction. Ils sont généralement disponibles sous forme de poudre ou de liquide et sont mélangés au mortier avant son application. Les colorants permettent de créer des effets décoratifs et esthétiques en offrant une large gamme de couleurs pour s'adapter aux préférences et aux besoins de conception

1.5 LES DIFFERENTS TYPES DE MORTIER :

Le mortier est généralement fait d'un mélange de quatre composants : le liant, les granulats, l'eau et les adjuvants. Cependant, la proportion des ingrédients vont varier en fonction de certains facteurs tels que l'environnement dans lequel il sera appliqué ainsi que les pierres ou briques à lier, ce qui a donné naissance à différents types de recettes.

1.5.1 Les mortiers de chaux :

Obtenus au moyen d'un mélange de sable et de chaux, sont flexibles, onctueux et perméables à la vapeur d'eau. Ils assurent la respiration des matériaux de construction naturels tels que la brique, la pierre ou la terre.

1.5.2 Les mortiers de ciment :

Offrent une grande résistance et durcissent rapidement.

1.5.3 Les mortiers bâtards :

Sont obtenus à l'aide d'un mélange de sable, de chaux et de ciment. Ils sont le parfait équilibre entre le mortier de ciment et le mortier de chaux. Le dosage de la chaux et du ciment est fonction du résultat souhaité : si l'on veut un mortier souple, on ajoute davantage de chaux, alors que si veut renforcer la résistance mécanique, on chargera le mortier en ciment.

1.5.4 Les mortiers gras :

Les mortiers gras sont des mélanges de sable, de ciment et d'eau avec une plus grande quantité de liant. Ils ont une consistance molle et une teneur en eau plus élevée, facilitant leur application et leur maniement. Ils sont utilisés pour le jointoiment, le crépissage et l'enduit de surface.

1.5.6 Les mortiers maigres :

Les mortiers maigres sont des mélanges de sable, de ciment et d'eau avec une faible quantité de liant. Ils ont une consistance plus sèche et sont utilisés principalement pour la pose de briques et de parpaings, ainsi que pour les chapes et dalles. Ils offrent une meilleure résistance mécanique mais sont plus difficiles à travailler en raison de leur faible teneur en eau

1.6 EMPLOIS DES MORTIERS :

1.6.1 Les joints de maçonnerie :

La construction réalisée en éléments maçonnés (blocs de béton, pierre de taille, briques), nécessite leur assemblage avec un mortier qui doit présenter des caractéristiques mécaniques suffisantes pour assurer la transmission des charges et une compacité suffisante pour être étanche. On a généralement intérêt à utiliser des mortiers ne présentant pas un module d'élasticité trop élevé, de façon à pouvoir s'adapter aux variations dimensionnelles des éléments qu'il liaisonne sans fissurer. Les mortiers de joints constituent donc un maillon important de la maçonnerie, qui doit être bien étudié et bien mis en œuvre pour assurer la fonction qui lui est dévolue. C'est notamment le cas de la maçonnerie apparente. La norme XP P 10-202 - 1 (DTU 20) « Maçonnerie, béton armé, plâtre » fournit des indications sur les dosages préconisés pour les mortiers de jointoiment, ainsi que les préconisations pour leur mise en œuvre. [6]

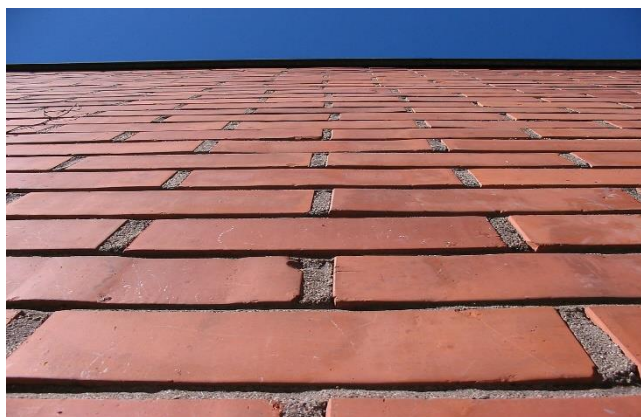


Figure 1. 10 : Joint (maçonnerie)

1.6.2 Les enduits :

Ce domaine d'application constitue l'un des plus vastes débouchés des mortiers. À côté des enduits traditionnels en trois couches décrits dans la norme NF P 15-201-1 et 2 (DTU 26.1), se développent aujourd'hui des enduits monocouches épais, ainsi que des enduits isolants. [6]



Figure 1. 11 : Enduit traditionnel.

1.6.3 Les chapes :

Les chapes sont des éléments importants dans la construction de bâtiments. Elles ont pour fonction d'assurer la mise à niveau du dallage et la régularité de sa surface. Les chapes peuvent constituer la finition ou le support d'un revêtement de sol. Elles doivent

présenter une résistance suffisante pour assurer la transmission des charges au support, et parfois résister à l'abrasion ou au poinçonnement (sols industriels). Adhérente ou flottante, la chape peut également avoir une fonction thermique ou acoustique. Les chapes peuvent être de différents types, tels que les chapes traditionnelles, les chapes fluides et les chapes de compression. Les chapes peuvent être renforcées par un treillis soudé en fonction du type et de la destination. Les chapes fluides sont une option économique par rapport aux chapes traditionnelles et sont autonivelantes, ce qui permet d'obtenir une surface parfaitement plane. Les chapes peuvent également servir d'isolation thermique et phonique ou pour isoler de l'humidité. Les chapes doivent être réalisées avec la plus grande attention en ce qui concerne la compatibilité avec le liant, les matières de charge et les autres composantes de la chape, ainsi qu'en ce qui concerne la compatibilité du support et les revêtements de sol prévus. Les chapes doivent être réalisées par un chapiste ou un chapeur qualifié pour garantir leur qualité et leur durabilité. La norme P 14-201 "DTU 26.2. Travaux de bâtiment. Chapes et dalles à base de liants hydrauliques" décrit ces ouvrages. [6]



Figure 1. 12 : Les chapes traditionnelles

1.6.4 Les scellements et les calages

La multiplicité des problèmes de scellement et de calage a conduit les producteurs de mortiers industriels à mettre au point des produits spécifiques adaptés aux travaux à réaliser : scellements d'éléments de couverture, d'éléments de second œuvre, de mobiliers urbains, de regards de visite et assemblage d'éléments préfabriqués... [6].



Figure 1. 13 : Scellement, calage de platine.

1.7 Résultats relatifs au mortier

Ici, dans ce paragraphe, nous allons mettre quelques essais précédemment étudiés sur le mortier

1.7.1 Par liège expansé

L'état frais :

- **La maniabilité :**

D'après R. Maanser [7] La maniabilité est une propriété intrinsèque du matériau frais. Elle détermine la facilité de sa mise en œuvre. Cette propriété peut affecter les caractéristiques mécaniques du matériau à l'état durci. Le besoin en eau du matériau frais, pour atteindre une maniabilité convenable, est très influencé par la texture superficielle, la porosité et la forme des granulats. Dans le cas des granulats légers notamment, la perte de maniabilité peut être due à une absorption plus ou moins importante d'eau en fonction de la porosité du granulat et de son degré de saturation.

Le liège expansé sont totalement perméables à l'eau donc elles absorbent. Ils ont présenté la rhéologie des mortiers à l'état frais qui a été mesurée par l'essai d'étalement pour les deux méthodes de formulation. Elle représente le premier indice obtenu lors des essais en laboratoire. Les résultats de l'essai de l'étalement sont rassemblés dans le tableau ci-dessous. [7]

MT : mortier de référence (temoin)

ML : mortier contenant liege expansé

Tableau 1. 1 : Valeur mesuré de l'etalement pour le mortier témoin et chargé

Type de mortier	E/C	L'eau (ml)	Ciment (g)	E étalement (%)
MT	0.5	225	450	26
ML (10%)	0.5	225	450	57
ML (20%)	0.5	225	450	46
ML (30%)	0.5	225	450	35

Tableau 1. 2 : Classification de mortier en fonction de leurs étalements

Ouvrabilité	Etalement à la table %
-très ferme.	10-30
-ferme.	30-60
-normal.	60-80
-mou.	80-100
-très mou à liquide	>100

Les chercheurs trouver que :

- La substitution d'une partie du sable par son équivalence en liège expansé et granulé conduit à une perte de maniabilité pour les mortiers chargés. Cela est traduit par une diminution de pourcentage d'étalement en fonction de l'augmentation du volume des granulats de liège expansé.

- Dans les mortiers légers si le pourcentage de liège expansé est élevé ; le pourcentage d'étalement est diminué et cela est dû aux propriétés physiques du liège expansé, comme il a été approuvé dans la bibliographie, sa capacité d'absorption de l'eau est élevée en raison de sa microstructure alvéolaire conduisant à une porosité importante.

[7]

L'état durci :**A. Résistance à la compression :**

Selon l'étude de R. Maanser,[7] La résistance à la compression du mortier est généralement considérée comme sa plus importante propriété, la résistance à la compression projette généralement une image globale de la qualité d'un mortier puisqu'elle est directement reliée à la structure de la pâte de ciment hydraté, elle est estimée soit à court terme ou à long terme. Les valeurs moyennes obtenues peuvent être enregistrées dans le tableau [7]

Selon l'étude de R . Maanser ils ont trouvé que :

-La substitution d'une partie de sable par son équivalence volumique en granulats de liège expansé conduit à une diminution de la résistance en compression pour toutes les échéances de mesures effectuées.

-l'augmentation du volume des granulats de liège expansé conduit à une diminution en plus de la résistance en compression du mortier chargé.

- La diminution de la résistance en compression du mortier en fonction du taux volumique de la substitution peut être attribué d'une part à la nature absorbante du liège et d'autre part à la mauvaise liaison pate de ciment-granat de liège expansée. [7]

B. Résistance à la Traction indirecte :

Les valeurs moyennes de la résistance en traction indirecte sont rassemblées dans le tableau

Tableau 1. 3 : évolution de la résistance à la flexion en fonction des taux de substitution

Type de Mortier	E/C	à Indirect (MPa)			
		Résistance 7 jours	à traction 15 jours	21 jours	28 jours
MT	0.5	4.91	5.23	5.88	6.55
ML (10%)	0.5	2.38	3.63	4.97	5.36
ML (20%)	0.5	2.30	3.30	4.08	5.02
ML (30%)	0.5	2.05	3.23	3.93	4.65

Comme il a été observé en compression, la substitution partielle des granulats du sable par son équivalence volumique en granulat de liège expansé conduit à une diminution de la résistance en flexion. Le même raisonnement proposé dans la compression reste valable dans le cas de la flexion (absorption de l'eau du liège expansé) mauvaise adhérence: pate de ciment - granulat de liège expansé. [7]

1.7.2 Par des déchets de polyamide

L'étude de Rodríguez A, Gutiérrez-González S et all [8], a pour objectif d'étudier l'incorporation de déchets de polyamide réduits en poudre dans des mortiers additifs avec un tensioactif non-ionique. Afin d'obtenir des matériaux plus légers, plusieurs échantillons ont été préparés en remplaçant des proportions grandissantes de sable par de la poudre de polyamide (0, 25, 50, 75 et 100% de substitution). Il a été constaté que la présence des déchets de poudre de polyamide influence les caractéristiques du mortier à l'état frais, tout comme à l'état durci

1.7.2.1 La rétention d'eau [8]

La rétention d'eau est utile pour s'assurer qu'un mortier retient une quantité suffisante d'eau pour son processus de durcissement lorsqu'une aspiration élevée est appliquée.

Tableau 1. 4 : Résultats de la rétention d'eau de l'ouvrabilité et de la densité pour les mortiers avec et sans agent de surface T03

Echantillon	Rétention d'eau (%)	Maniabilité	Densité avec T03 (kg/m ³)		Densité sans T03 à 28 jours (kg /m ³)	Diminution de la densité (%)
			7jours	28jours		
RTO3	91.0	254	2120	2048	2050	0
PA25TO3	89.9	321	1791	1764	1850	5
PA50TO3	87.6	310	1259	1259	1540	17
PA75TO3	89	600	908	908	1270	30

Les chercheurs trouvent que [8] :

- Une rétention d'eau faible pour dans les premiers temps y compris la dose de PA50TO3 à cause de capacité de rétention d'eau faible du Polyamide
- Les résultats sont inversé dans le cas de PA75TO3En raison de la porosité plus faible causée par l'agrégation des particules de polymère

- Il n'y avait pas de différence significative et l'additif peut être considéré comme conduisant à une performance similaire dans tous les mélanges en ce qui concerne la rétention d'eau, comme le montrent les valeurs numériques du tableau
- La durée de vie utile augmente considérablement de manière proportionnelle, c'est-à-dire qu'une période de temps plus longue est nécessaire pour atteindre l'état durci. Cette augmentation pourrait être due au fait qu'il y a de moins en moins de liant dans le mélange, ce qui ralentit le processus de prise [8].
- L'ajout des déchets de polyamides diminue la densité des mortiers
- La présence de polyamide augmente la maniabilité
- **PA75TO3 et PA100TO3** avaient une densité inférieure à 1300 kg/m³ et ces mortiers peuvent donc être considérés comme légers.

1.7.2.2 Perméabilité à la vapeur d'eau

Rodríguez A, Gutiérrez-González S et al [8], ont étudié aussi l'effet des déchets de polyamides sur la perméabilité à la vapeur d'eau

Tableau 1. 5: Résultats des essais de perméabilité à la vapeur d'eau 6 Résultats des essais de perméabilité à la vapeur

ECHANTILLON	PERMEANCE /M2 S PA)	PERMEABILITE
RTO3	3.57 ^E -10	5.35 ^E -12
PA25TO3	7.76 ^E -10	1.16 ^E -11
PA50TO3	2.71 ^E -9	4.07 ^E -11
PA75TO3	3.32 ^E -9	4.99 ^E -11
PA100TO3	3.85-9	5.08 ^E -10

- Une perméabilité élevée à la vapeur dans les mortiers PA50TO3, PA75TO3 et PA100TO3 (avec respectivement 50, 75 et 100 % de granulats) a une relation directe avec la réduction de la densité et donc avec l'augmentation de la porosité. Cette propriété rend ces mortiers adaptés au revêtement extérieur ainsi qu'à la remise à neuf des mortiers.

1.7.2.3 Adhérence : [8]

La force adhésive testé dans cette étude a été déterminée en mesurant la traction maximale supportée par le mortier précédemment appliqué sur le support.

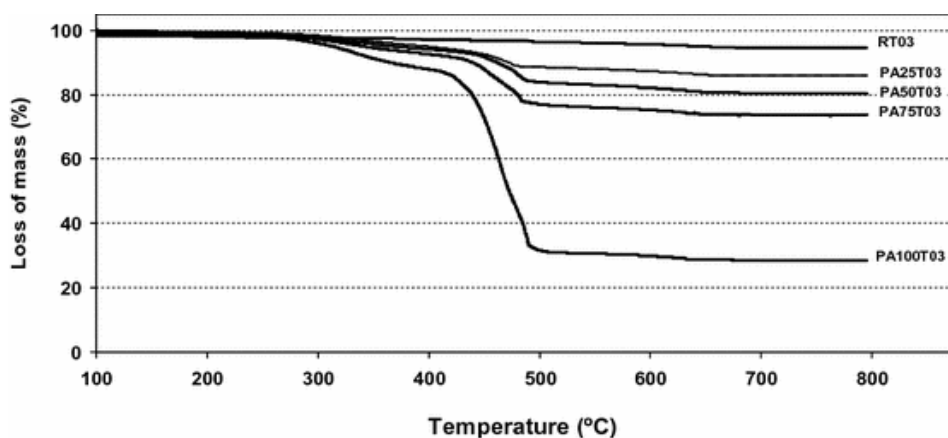
Tableau 1. 6 : Procédure et Résultats de l'essai d'adhérence

ECHANTILLON	ADHERANCE (MPA)
RTO3	0,35
PA25TO3	0,20
PA50TO3	0,16
PA75TO3	0,11
PA100TO3	0,08



- Dans tous les cas, la fracture a été classée comme une fracture de type adhésif. Dans ces cas, la norme indique que la valeur numérique de la force adhésive doit atteindre une valeur minimale requise de 0,1 MPa. Cette valeur est dépassée dans les mélanges dont la concentration en déchets peut atteindre 75 %

1.7.2.4 Thermogravimétrie :[8]



Sample	Ti (°C)	Tmax (°C)	Loss of mass at Tmax (%)
RT03	450	423	1.20
PA25T03	450	474	10.2
PA50T03	450	480	13.2
PA75T03	450	481	19.3
PA100T03	450	488	62.0

Les résultats obtenus dans cette étude ont indiqué qu'à mesure que de la matière organique était ajoutée, la perte de poids augmentait proportionnellement à la quantité de polymère.

1.7.2.5 Résistance au gel [8]

- L'échantillon précédemment saturé a subi 25 cycles de gel/dégel : 6 h de congélation de l'air saturé à -12 °C , suivies d'une période de décongélation de 18 heures immergée dans l'eau à 20 °C .



- Il n'y a pas eu de variations significatives, même dans le dosage le plus défavorable, PA100TO3, qui n'a pas d'amendes. Par conséquent, les mortiers contenant du polyamide recyclé peuvent généralement être considérés comme résistants au gel.

1.7.2.6 Choc thermique [8]

- Les changements de température provoquent une dilatation et un retrait en fonction du coefficient de dilatation thermique du matériau. Cela peut provoquer une rupture lors du retrait en raison de la rétention de la liaison entre la surface de finition et le support.
- Les mélanges PA100TO3 qui se sont rompus au cours des 2 ou 3 premiers cycles, indiquant que ces échantillons étaient incapables de résister aux changements de déformation ou de dimension résultant du choc thermique. **Tous les autres dosages résistent sans aucun problème.**



Thermal shock

1.7.2.7 Eau chaude salée [8]

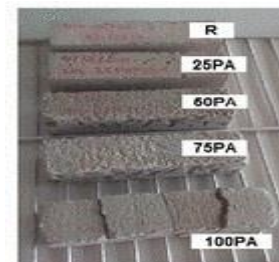
Les mélanges correspondant au remplacement à 100 % du sable par du polyamide se sont brisés en deux fragments ou plus, avant même la fin du cycle d'essai (14 jours). On peut donc conclure que l'échec du test pour ce dosage de PA100TO3 n'était pas dû à des problèmes de réactivité avec l'eau salée, mais aux problèmes rencontrés par cette composition avec choc thermique.



Hot salt water

1.7.2.8 Cristallisation du sel : [8]

- Le but de cet essai consiste à analyser le degré de résistance à la cristallisation du sel lorsque les mortiers sont exposés à 14 cycles de 4 h
- Immérgés dans de l'eau salée saturée avec $\text{Na}_2\text{AINSI}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$, après 2 h à température de l'air et enfin 18 h dans une étuve à 100 °C.

Salt crystallization
after 9 cycles

- La dégradation devient visible après quelques cycles de vieillissement pour toutes les doses. En fait, tous les échantillons de dosage PA100TO3 se brisent

Tableau 1. 7 : Perte de masse de chaque essai de durabilité

Echantillon	Résistance au gel	Choc thermique	Eau chaude	Cristallisation su sel
RTO3	-4.4	0.8	-4.4	0.6
PA25TO3	-5.8	0.5	-5.2	1.8
PA59TO3	-3.3	0.1	-4.7	-3
PA75TO3	-2.4	0.4	-4.2	-3.6
PA100TO3	1.4	0.3	-6	-3.8

1.7.2.9 Propriétés mécaniques :

D'après les résultats les chercheurs [8] ont trouvé que les mélanges conservent leur résistance à la compression plus ou moins dans tous les cas à l'exception de l'essai à l'eau salée où une diminution de la résistance mécanique à la compression n'est observée que dans les mélanges contenant des déchets de polyamide. Ceci est probablement dû à la plus grande quantité de polymère dans la matrice de mortier ainsi qu'à l'élimination progressive des agrégats, ce qui facilite l'attaque des sels dilués dans de l'eau chaude pendant l'essai et contribue peu à la résistance finale [9]

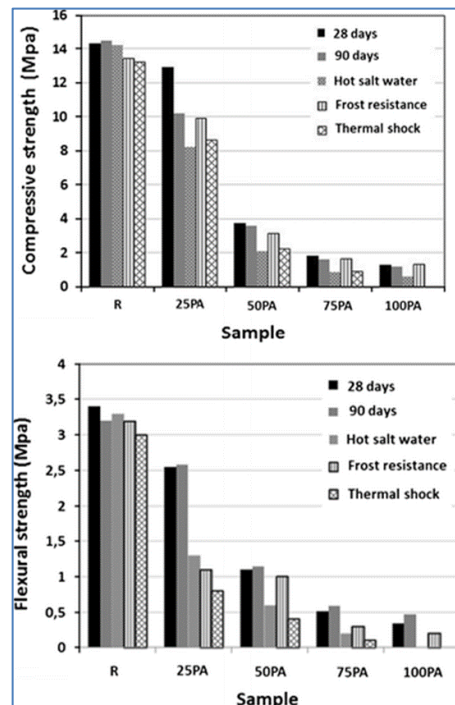


Figure 1. 14 : Résultats de résistance**1.8 Argile expansé**

L'argile expansée : un isolant thermique et phonique L'**argile expansée** (également connue sous les noms de « billes d'argile », « hydrocorns » ou encore « argile cuite de galets ») est un matériau granulaire léger utilisé dans le domaine de la construction mais aussi celui de la rénovation.

Concrètement, l'argile expansée est obtenue de manière industrielle à **partir d'argile brute naturelle** qui sera tour à tour élevée à très haute température, puis séchée, réduite en poudre, mélangée avec de l'eau puis remise à haute température dans des fours. Une fois ce processus terminé, l'argile expansée se présente sous la forme **soit de billes d'argiles, soit de blocs qui seront réalisés à base de billes d'argile** expansée qui seront cuites puis mélangées à du ciment. [10]

Dans la grande majorité des cas, l'argile expansée est utilisée, en raison de sa légèreté :

- Comme **granulat dans certains bétons** – notamment pour créer des chapes de béton allégées pour le sol.
- Comme matériau isolant dans des **mortiers légers**.
- Mais les blocs à base de billes d'argile expansée peuvent également être utilisés pour **construire des murs**. [10]

1.8.1 Les Propriétés et Les Avantages de l'Argile Expansée :

En ce qui concerne les avantages et les propriétés, l'Argile Expansée est un matériau unique aux applications polyvalentes car il possède et regroupe des caractéristiques normalement présentes dans des produits différents : sa force est d'avoir en même temps des avantages typiques des granulats – résistance mécanique, possibilité d'être gâché avec des liants pour réaliser des bétons et des mortiers, sa nature minérale, etc. – avec des propriétés qu'on retrouve typiquement dans les matériaux isolants – légèreté, qualités thermiques et phoniques, etc. , combinés avec une vaste gamme d'autres avantages très utiles dans beaucoup de secteurs. [11]

- Légèreté

- Résistance mécanique

Grâce à son écorce extérieure clinkerisée compacte et rigide, l'Argile Expansée Laterlite a une résistance mécanique idéale qui permet la réalisation de mortiers et de bétons (selon NF EN 13055-1), y compris bétons structurels à haute résistance (selon NF EN 206-1 et Eurocode 2).

- Isolation thermique

Grâce à un pourcentage élevé de vides d'air, l'Argile Expansée Laterlite a une valeur faible de conductibilité thermique Lambda (à partir de 0,09 W / mK). Elle est performante pour les applications d'isolation thermiques (selon NF EN 14063-1), idéale dans les cas d'isolation porteuse.

- Incombustibilité

L'Argile Expansée Laterlite est un produit minéral et incombustible, avec une réaction au feu Euroclasse A1 (selon NF EN 13501-1). Clinkerisée à 1200 °C, elle est indestructible même en cas d'incendie très grave. Elle ne fond ni ne se détériore, ne produit pas de fumées ou de gaz toxiques. Elle est généralement employée comme matière première de préfabriqués et de matériaux résistants au feu et réfractaires ou dans l'isolation haute température.

- Isolation phonique

Grâce à sa structure cellulaire et poreuse, l'Argile Expansée Laterlite garantit une bonne insonorisation. Elle est généralement utilisée pour la réalisation de produits manufacturés insonorisant et de barrières acoustiques.

- Durabilité

L'Argile Expansée Laterlite ne contient pas de matériaux d'origine organique. Elle n'est donc pas atteinte par des parasites et micro-organismes et ne se détériore pas dans le temps même dans des conditions difficiles de température ou d'humidité importantes. L'Argile Expansée Laterlite est un matériau inerte, clinkérisé et dimensionnellement stable qui ne présente pas de variations de volume au contact de l'eau.

Elle maintient ses caractéristiques intactes sous l'action d'acides ou solvants, elle n'est pas gélive. Il s'agit en effet, d'un matériau éternel.

- Respect de l'environnement pour la construction durable L'Argile Expansée Laterlite ne contient pas de silicium, matériaux fibreux, gaz radon ou d'autres composants nuisibles.

Elle est produite à partir d'une matière première qui se trouve en abondance sur la surface terrestre, l'argile, dont l'extraction est limitée au minimum grâce à son expansion importante dans les fours (jusqu'à 5 fois).

Les combustibles fossiles nécessaires pour la production sont remplacés par des biomasses et des produits recyclés afin de réduire les émissions de CO₂. Il s'agit d'un produit naturel et écologique perméabilité à la vapeur et drainante, certifié par l'Institut ANAB- ICEA, idéal pour la bio-construction.

- Testée et avec des propriétés harmonisées l'argile expansée est bien définie dans plusieurs normes européennes harmonisées spécifiques au produit, et toutes les déclarations sont effectuées conformément aux normes d'essai européennes approuvées. [11]

1.8.2 Les inconvénients de l'argile expansée

L'argile expansée :

L'**argile expansée** représente un produit de qualité, ce qui veut dire qu'elle coûte cher. Bien qu'elle soit très forte pour assurer une bonne isolation phonique, elle ne répond malheureusement pas à vos besoins en termes d'isolation thermique (résistance thermique entre 0,09 et 0,16 W/m.K). Aussi, sa fabrication requiert l'usage d'une importante quantité d'énergie grise, ce qui provoque des impacts sur l'environnement. [12]

1.8.3 Modes d'emploi de l'argile expansée

L'argile expansée peut s'utiliser de différentes manières. De par sa légèreté et ses propriétés isolantes, le matériau s'utilise à sec, étalé et nivelé dans l'épaisseur souhaitée. On peut laisser sa surface être libre ou recouverte avec d'autres éléments tels que les panneaux, le ciment, le bois, le dallage ou encore la chape.

Une autre utilisation à sec de l'argile expansée consiste à lier cette dernière avec un coulis de ciment afin d'obtenir une surface plus compacte, donc beaucoup

plus praticable. Le mélange argile expansée ciment s'avère également idéal pour effectuer des travaux de finitions. Pour ce procédé, veillez toutefois à bien doser l'eau : la consistance du mélange ne doit être ni trop visqueuse ni trop fluide.

Vous pouvez entre autres employer le **minéral** gâché avec du ciment. De cette façon, vous obtiendrez du béton caverneux à la fois léger et isolant. Il s'agit d'une démarche permettant d'atteindre des résistances mécaniques plus élevées que l'argile à sec.

Et enfin, le matériau affiche une compatibilité avec d'autres liants tels que la chaux hydraulique et autres types de résines. Pour son application, il faut effectuer une couche de régularisation et de répartition des charges. Ceci doit être fait avant l'ajout de revêtements sur la surface à traiter (murs, plancher, etc.). [12]

2 PARTIE 02 : PRESENTATION DE L'USINE ALGEEEXPANE

2.1 Présentation d 'usine ALGEEEXPANE :

L'usine de Bouinan, située dans la région de Blida en Algérie, est la seule usine en Algérie et en Afrique du Nord à produire des granulats légers manufacturés à partir d'argile expansée 100% algérienne.

L'usine se situe en hauteurs et détient un gisement d'argile à propriétés expansives les granulats produits présentent une harmonie entre résistance et légèreté, les granulats sont obtenus par transformation de l'argile en pierres poreuses et résistantes à l'aide d'un traitement thermique sans additifs.



Figure 1. 15 : L'usine de fabrication de l'argile expansée d'argile expansée

2.2 Les granulats d'argile expansée :

L'argile expansée est un matériau qui tire son origine des schistes et des verres expansés, connus pour leurs propriétés de légèreté et d'isolation. Les granulats légers d'argile expansée sont obtenus à partir de la cuisson de billes d'argile crue de diamètre variable. La structure externe dure, également appelée écorce, est formée par les silices présentes dans l'argile, tandis que les pores sont obtenus par l'expansion due à une température de cuisson adéquate. Ce matériau possède une densité nettement plus faible que les granulats ordinaires, pesant environ 40 à 75% moins, ce qui en fait un matériau adapté pour la fabrication de béton léger et isolant. Les granulats légers d'argile expansée offrent également une grande résistance mécanique, une faible densité et une grande

stabilité dimensionnelle, ce qui les rend adaptés à une variété d'applications dans le domaine de la construction. Ces granulats sont disponibles dans une variété de tailles, allant de 0/3 mm, 3/8 mm, 8/15mm à 15/25 mm, avec une forme généralement arrondie. Dans l'usine ALGEXPAN, ces granulométries sont disponibles sous forme nodulaire, ainsi que sous forme concassée. Processus de production des granulats d'argile expansée comprend plusieurs étapes, allant de l'extraction, le façonnage, la cuisson et le criblage. En plus de leur légèreté, ces granulats présentent des propriétés isolantes en matière thermique et acoustique, avec une capacité à absorber l'énergie acoustique et thermique, permettant ainsi de produire des bétons et mortiers de faible conductivité thermique.



Figure 1. 16 : Les différents fractions d'argile expansée

2.3 les différents fractions d'argile expansée

En somme, les granulats légers d'argile expansée sont un matériau de construction efficace et écologique qui offre de multiples avantages, tels que la légèreté, la résistance mécanique et la capacité isolante. L'usine ALGEXPAN produit des granulats d'argile expansée de hautes applications de construction.

2.4 Procédures de fabrication de l'argile expansée :

2.4.1 Extraction

Le processus de fabrication de granulats légers d'argile expansée se déroule en plusieurs étapes. Tout d'abord, l'argile et le schiste sont extraits dans des endroits où ils sont abondants et sont transportés vers un lieu de stockage à l'aide de différents moyens de transport. Ensuite, les granulats sont concassés et broyés pour obtenir une farine crue de petite taille. Cette farine est mélangée avec de l'eau pour obtenir une pâte homogène

qui est façonnée dans des moules spéciaux en forme de billes d'un diamètre de 10 à 20 mm Si nécessaire, la forme peut également être façonnée à la main pour atteindre le diamètre souhaité.



Figure 1. 17 : Extraction

2.4.2 Concassage, broyage et malaxage :

En utilisant un broyeur concasseur on diminue La taille des roches extraites jusqu'à 0,1 à 0,2 mm On rajoute de l'eau Pour Obtenir Une Pate



Figure 1. 18 : Dépôt après concassage

2.4.3 Le façonnage :

C'est la phase de la transformation de la pâte réceptionnée en petite pate de forme arrondi à l'aide d'un moule spécial de forme cylindrique



Figure 1. 19 : Le façonnage

2.4.4 La cuisson :

C'est la phase la plus importante de la fabrication des granulats légers d'argile expansée. Elle se déroule en deux phases distinctes. Tout d'abord, les billes d'argile crue sont préchauffées à 400°C pour leur donner leur propriété plastique. Ensuite, elles sont cuites à une température de 1200°C pendant 1h30 dans un four rotatif pour obtenir des billes d'argile expansée. Cette cuisson provoque une augmentation de volume des grains et une vitrification de la surface extérieure du matériau en raison de la cristallisation des silices et des alumines. Cette étape est cruciale pour la formation de la structure alvéolée des granulats.



Figure 1. 20 : Le four rotatif

2.4.5 Refroidissement et criblage :

Après la cuisson, les billes d'argile expansée sont refroidies pour durcir complètement le matériau et éviter qu'il ne fonde. Enfin, les granulats sont tamisés et criblés pour obtenir des classes de granulométrie différentes. Les granulats légers d'argile expansée ainsi obtenus ont des propriétés d'isolation thermique et acoustique remarquables, une faible densité et une grande stabilité dimensionnelle, ce qui les rend adaptés à une variété d'applications dans la construction.



Figure 1. 21 : Refroidissement et criblage

2.5 Les différents matériaux d'ALGEXPAN :

- Classe 0/3 mm (sable nodulaire).
- Classe 3/8 mm (petits granulats nodulaires).
- Classe 8/15 mm (granulats nodulaires).
- Classe 15/25 (granulats nodulaires).
- Classe 0/3mm (granulats concassés).
- Classe 3/8mm (granulats concassé) .

Conclusion

Selon les recherches menées, on peut conclure que les mortiers légers ont une densité plus faible que les mortiers conventionnels. Les mortiers légers sont obtenus en remplaçant les matériaux lourds par des matériaux plus légers, en éliminant les matériaux de fines granularités, ou en injectant de l'air ou des agents moussants. Ces méthodes permettent d'obtenir différents types de mortiers légers, classés en fonction de leurs masses volumiques qui est chacune ayant une utilisation spécifique. Il est important de noter que cette variation de masse volumique se traduit également par une variation de résistance d'un type de mortier léger à un autre.

Les résistances mécaniques enregistrées dans les essais sont suffisantes pour l'utilisation de ces matériaux comme mortiers de maçonnerie et de revêtement, les mortiers légers exigent un fort dosage en ciment pour de meilleurs résultats en termes de résistance.

L'incorporation de certaines matières tel que les déchets de polyamide peuvent améliorer la force adhésive

Les essais de durabilité ont montré que les performances en matière de vieillissement accéléré sont acceptables, sauf dans les éprouvettes avec un remplacement total des agrégats par des déchets, où la matrice n'a pas suffisamment de liaison interne pour résister à une exposition extérieure à long terme in situ des mortiers légers

Les mortiers légers présentent des avantages incontournables lorsqu'il s'agit de réduire le poids Des structures, mais bien d'autres avantages tel qu'une meilleure résistance au feu pour la majorité d'entre eux, une meilleure isolation thermique et acoustique.

Chapitre 2 :

Caractérisations et formulations

2. Introduction

Notre étude porte sur l'effet de l'argile expansé sur les caractéristiques des mortiers auto-plaçants. Les mortiers sont formulés selon la méthode d'excès de la pâte qui est basé sur la compacité et la porosité est confectionnés à base de ciment composé (CEMII/B-L 42,5 N) NA 442 LAFARGE. Nous avons défini l'importance des essais appliqués sur le sable, le ciment et le mortier dans toutes les étapes pour connaître l'effet de l'argile expansé sur les propriétés mécaniques et physiques, notamment l'isolation thermique et acoustique, ainsi que l'effet de la légèreté des mortiers. Des essais physiques, chimiques et mécaniques ont été effectués au sein du laboratoire de développement de construction Lafarge Rouïba. Le travail est divisé en trois parties :

- Caractérisation des matériaux utilisés
- Formulation des mortiers
- Caractérisation des mortiers à l'état frais et durcis.

Plusieurs études ont été menées sur les propriétés des mortiers de ciment, notamment sur l'influence des argiles

l'effet des granulats légers sur les propriétés rhéologiques physico-mécaniques et thermiques de mortier autoplaçant léger .

Le dosage en super plastifiant pour obtenir un mortier autoplaçant homogène et stable, le dosage en entraîneur d'air pour l'augmentation de la cohésion et de la thixotropie du mortier, ce qui facilite sa mise en œuvre et le fibre polypropylène qui un effet de renforcement et de réduction des fissures de retrait

2. 1 Caractérisation des matériaux utilisés

Il est indispensable d'avoir une compréhension précise des composants constituant les matériaux de construction afin de les caractériser. De plus, pour parvenir à déterminer les dosages optimaux et interpréter les résultats, il est essentiel de bien connaître les propriétés de chaque constituant.

2.1.1 Le ciment

Le ciment utilisé dans notre étude est un ciment portland au calcaire CEMII/B-L 42 ,5N selon la Norme NA442 [13], provenant de la cimenterie de M'sila.

2.1.1 Caractéristiques physiques

Tableau 2. 1 : Caractéristiques physique de ciment CEMII/B-L 42 ,5N

Essai	Masse volumique [14]	Refus par tamisage [15]	SSB [15]	Consistance [16]	Expansion [16]	Début de prise [17]	Fin de prise [17]
Unité	(kg/m ³)	%	(cm ² /g)	%	(mm)	min	Min
Norme	NF P15-435	NA 231	NA 231	NF EN 196-3	NF EN 196-3	NA 230	NA 230
Résultat	3050	10	4120	27	3	180	240

➤ **Chaleur d'hydratation — Méthode semi-adiabatique Norme**



➤ **d'essai NF EN 196-9 Décembre 2010 [18]**

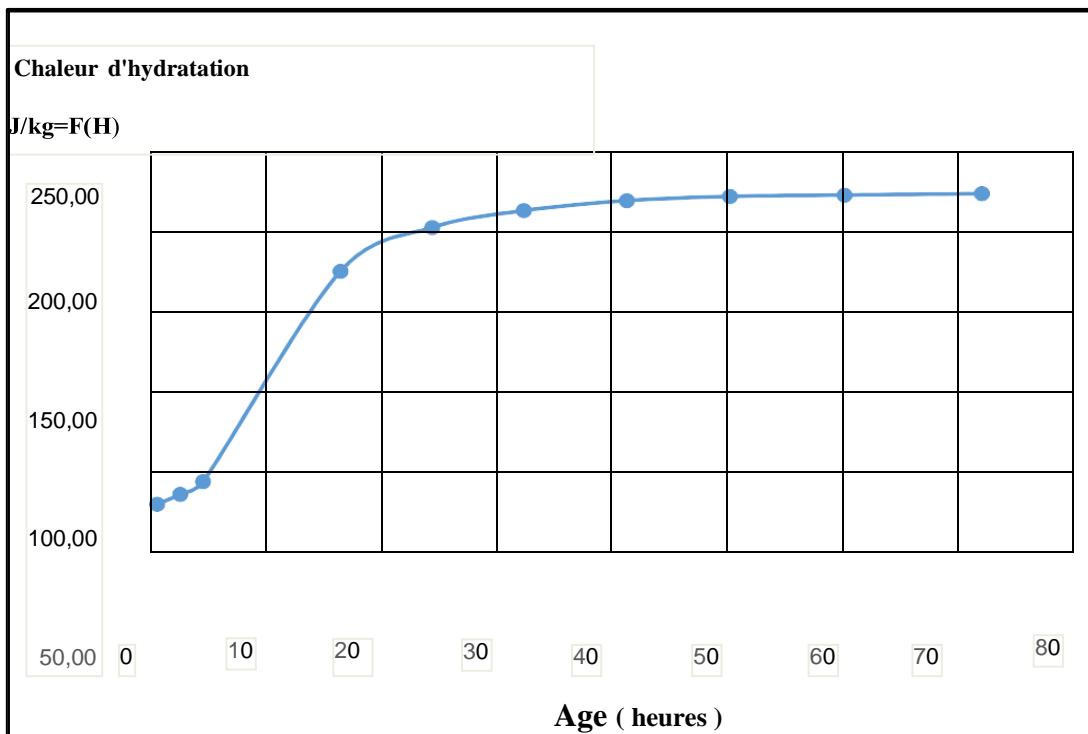


Figure 2. 1 : Courbe de chaleur d'hydratation du ciment

Chaleur d'hydratation : 215J/g

2.1.2 Caractéristiques mécaniques

Tableau 2. 2 : Caractéristiques mécaniques de ciment CEMII/B-L 42 ,5N

Ciment	Résistances(MPa)	Age (jours)		
		2jr	7jr	28jr
El Matine CEM II 42,5 M	Compression	21.75	36.81	45.14
	Flexion	4.19	5.46	7.81

2.1.3 Composition chimique

Tableau 2. 3 : Composition chimique de ciment CEMII/B-L 42 ,5N [19]

Perte au feu % (NA5042)	Teneur en sulfates (SO3) %	Teneur en oxyde de magnésium MgO %	Teneur en chlorures % (NA5042)
10.0±2	2.5±0.5	1.7±0.5	0.02-0.05

2.1.4 Composition Minéralogique

Tableau 2. 4 : Composition minéralogique du Clinker (bogue) [19]

	C3S %	C3A %
Valeur	60±3	7.5±1

2.2 Les granulats utilisés :

❖ Les sables

- sable classique
 - sable fin 0/1 en provenance de Boussaâda.
 - Sable grossier 0/4 en provenance de Caf azro
- sable léger
 - sable d'argile expansé 0/3 en provenance de l'usine d'ALGEXPAN a Bouinan Blida.

❖ Le gravier

- gravier léger

- gravier d'argile expansé 3/8 en provenance de l'usine d'ALGEXPAN a Bouinan Blida.

2.2.1 Analyse granulométrique EN NF 933-1 [20]

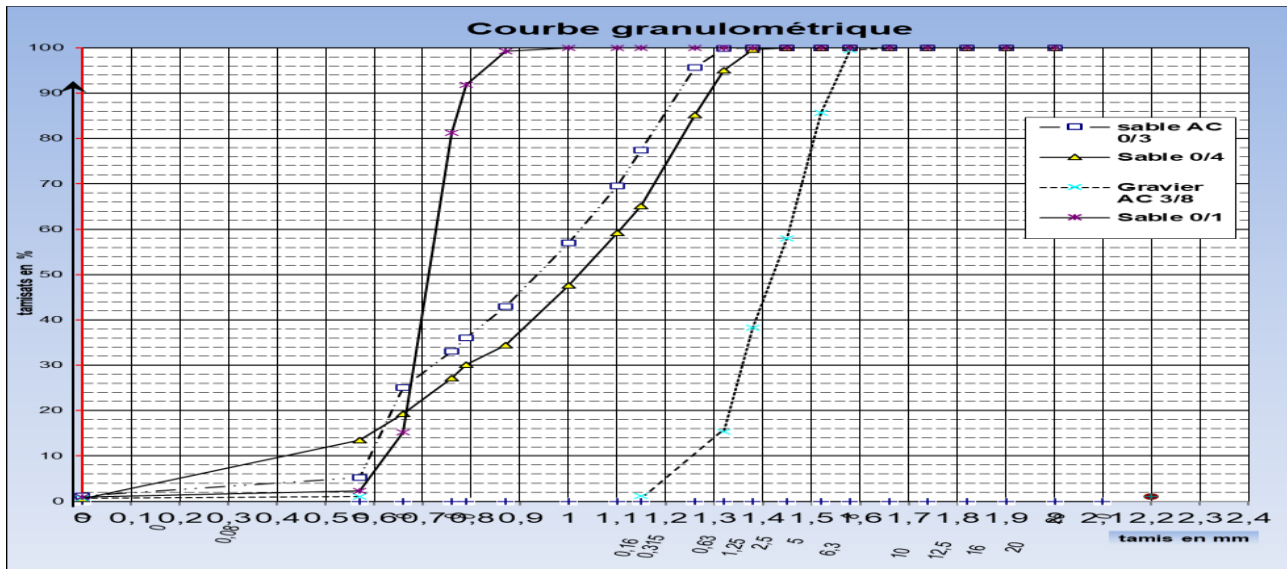


Figure 2. 2 : Analyse granulométrique de sable 0/1,0/3AC,0/4 et gravier 3/8AC

AC : argile expansée

2.2.2 Caractéristiques physiques

- caractéristiques physique de sable 0/1 Boussaâda.

Tableau 2. 5 : Caractéristiques physique de sable 0/1 Boussaâda.

Caractéristique physique	Résultats	Unités
Masse volumique apparente [21]	1.44	(g/cm ³)
Masse volumique absolue	2.69	(g/cm ³)
Coefficient d'absorption [22] d'eau	0,4	%
Valeur de bleu de méthylène [23]	2.16	%
ESP-piston [24]	70.88	%
Module de finesse	1.04	-
Compacité	0.535	
Porosité	0.465	

- caractéristiques physique de sable 0/4 Caf azro

Tableau 2. 6 : Caractéristiques physique de sable 0/4 Caf azro.

Caractéristique physique	Résultats	Unités
Masse volumique apparente	1.76	(g/cm ³)
Masse volumique absolue	2.68	(g/m ³)
Coefficient d'absorption d'eau	0.63	%
Valeur de bleu de méthylène	0.17	%
ESP-piston	1.56	%
Module de finesse	3.11	-
Compacité	0.65	
Porosité	0.35	

- caractéristiques physique de sable 0/3 AC Algéxpain

Tableau 2. 7 : Caractéristiques physique de sable 0/3 AC Algéxpain.

Caractéristique physique	Résultats	Unités
Masse volumique apparente	0.82	(g/cm ³)
Masse volumique absolue	0.88	(g/m ³)
Coefficient d'absorption d'eau	6.88	%
Valeur de bleu de méthylène	0.17	%
ESP-piston	92	%
Module de finesse	2.65	-
Compacité	0.52	
Porosité	0.48	

- caractéristiques physique de gravier 3/8 AC Algéxpain

Tableau 2. 8 : Caractéristiques physique de gravier 3/8 AC Algéxpain

Caractéristique physique	Résultats	Unités
Masse volumique apparente	1.39	(g/cm ³)
Masse volumique absolue	0.78	(g/m ³)
Coefficient d'absorption d'eau	20.5	%
Compacité	0.56	-
Porosité	0.44	-

coefficient d'aplatissement [25]	2.43	-
-------------------------------------	------	---

2.2.3 l'analyse chimique XRF :

Ces analyses sont spécifiques aux argiles expansées

Après la préparation des perles d'argile expansée, elles peuvent être utilisées pour l'analyse chimique par XRF. Les perles sont placées dans l'appareil XRF, excitées par un faisceau d'électrons et les rayons X émis sont détectés et analysés pour déterminer la composition chimique des granulats [26]

Tableau 2. 9 : Analyse chimique d'argile expansée XRF

Échantillon	PAF	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	Somme
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Argile avant cuisson	9.5	54.06	18.46	7.57	2.88	2.24	0.38	3.31	0.70	0.12	0.77	100
Argile expansée	0.41	59.73	20.51	8.23	3.04	2.50	0.38	3.48	0.72	0.14	0.86	100

2.3 L'eau de gâchage

Pour la fabrication de notre mortier, nous avons utilisé de l'eau potable provenant de la ville de Rouïba.

2.4 Les adjuvants et les additifs

2.4.1 Superplastifiant

MasterGlenium 26 Superplastifiant / Haut Réducteur d'eau pour béton à faible E/C, hautes performances et très long maintien d'ouvrabilité. [27]

Tableau 2. 10 : Caractéristiques de super plastifiant (MasterGlenium 26)

Fonction principale	Aspect physique	Densité (g/cm ³) à 24°C	pH	Extrait sec (%)	Teneur en chlorures (% Cl ⁻)	Teneur en Na ₂ O eq (%)
Superplastifiant / Haut	Liquide brun foncé	1,085 ± 0,01	6 ± 1,5	31 ± 2	< 0,1	< 2

Reducteur d'Eau						
-----------------	--	--	--	--	--	--

2.4.2 Entraîneur d'air

Pentamix AER 905 est un agent moussant liquide concentré utilisé en géotechnique et pour la préparation de ciments cellulaires et de mélanges cellulaires. Il est utilisé pour produire du béton cellulaire léger lorsqu'il est combiné avec une boue de ciment [28]

Tableau 2. 11 : Caractéristiques d'entraîneur d'air

Propriété	État	Couleur	Densité	Potentiel d'hydrogène (pH)	Solubilité dans l'eau
Valeur	Liquide	Jaune paille	1.021 ± 0.004 kg/dm ³	7.00 ± 1.00	Totalement soluble

2.4.3 Pentaflow

Pentaflow PC 11 F est un hyperplastifiant sous forme de poudre à base de polymères polycarboxylates de pointe. Il se distingue par sa solubilisation rapide et son développement instantané du flux. Ce produit est utilisé pour améliorer la fluidité du mortier et réduire la quantité d'eau nécessaire pour le mélange, ce qui permet de produire un mortier plus résistant et plus durable [29]

Tableau 2. 12 : Caractéristiques de pentaflow

Composition	État	Couleur	Densité	Granulométrie	Humidité	Solubilité dans l'eau
Polymère polycarboxylate	Poudre	Blanc - Beige	0.700 ± 0.100 kg/dm ³	Min. 70% < 0.300 mm	Max. 4.0%	Totalement soluble

2.4.4 Pentagel

Pentagel S2/M est un adjuvant en poudre qui, ajouté aux mélanges traditionnels de sables et ciment, permet d'obtenir des caractéristiques d'ouvrabilité excellentes. [30]

Tableau 2. 13 : Caractéristiques de pentagel

État	Couleur	Densité	Granulométrie	Humidité	Solubilité dans l'eau
Poudre	Blanc ivoire	0,800 ± 0,100 kg/dm ³	min 95% < 0,180 mm	Max. 4.0%	Partiellement soluble

2.5 La fibre utilisée

FIBERTEK PP 6 mm Fibres de **polypropylène** vierge monofilament pour le contrôle des fissures dans les conglomerats cimentaires dans la phase plastique et comme armature secondaire du béton. Fabriquée en polypropylène avec une ténacité élevée et une stabilité dimensionnelle élevée, cette fibre est spécialement conçue pour être utilisée dans le béton et les mortiers, car elle résiste aux alcalis, absolument non corrodable, résistante à l'abrasion, aux agents atmosphériques et chimiques, aux moisissures, aux micro-organismes et aux températures élevées. [31]



Figure 2. 3 : Polypropylène

Tableau 2. 14 : Caractéristiques de fibre polypropylène (FIBERTEK PP 6 mm)

Couleur	Longueur	Épaisseur	Densité	Point de fusion	Point d'allumage	Résistance à la traction
Bianco naturel	6 mm	18 µm	0,91 g/cm ³	> 160°C	590 °C	400 Nmm ²

Resistance à la rupture	Module de Young	Conductivité thermique coeff	Conductivité électrique coeff
> 20%	3700 MPa	0,12 Wm-1 k-1	10-18 Ω-4 cm

3. Les formulations des mortiers

Les formulations des mortiers utilisent la **méthode d'excès de la pâte**, avec les calculs réalisés à l'aide du logiciel AGILIA SOLC-LAFARGE.

Cette méthode, développée par D.A.Abrams en 1918 dans son document sur la conception des mélanges de béton, est basée sur le rapport eau/ciment et la proportion de gros granulats. En 1940, Kennedy a également proposé la théorie de la pâte en excès, qui est cruciale pour comprendre la maniabilité du béton frais. Selon cette théorie, il est essentiel d'avoir suffisamment de pâte de ciment pour recouvrir la surface des agrégats, réduisant ainsi la friction entre eux, ainsi qu'un excès de pâte pour améliorer sa fluidité. [32]

La figure (a) illustre le vide qui se forme entre les agrégats en contact. En ajoutant de la pâte de ciment, ces agrégats serrés sont ensuite séparés par une couche de pâte de ciment autour d'eux, comme le montre la figure (b). De plus, il a été observé que le vide est partiellement rempli par cette pâte de ciment

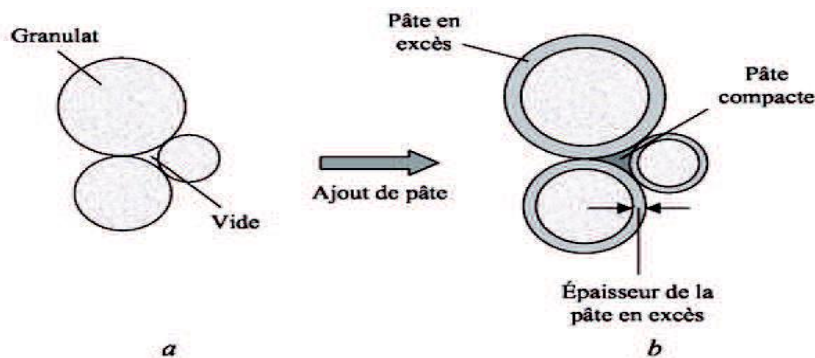


Figure 2. 4 : Illustration de la théorie de la pâte en excès.

- K_e visé $> 1,2$: pour un bon aspect et un bon étalement

$$K_e = C_m/P_m * (\text{Volume de pâte} / \text{Volume de Sable}) \dots\dots(1)$$

$$\text{Volume de pâte} = V_{\text{ciment}} + V_{\text{eau}} + V_{\text{sp}} + V_{\text{air}} \dots\dots(2)$$

Sachant que :

K_e : c'est un coefficient d'espacement de la pâte ;

C_m : compacité du mélange ;

P_m : Porosité du mélange ;

3.1 Les différentes formulations :



Figure 2.5 : Formulation de mortier

3.1.1 Mortier 1 :

- Compacité de sable 0/1 : 0,535

- Compacité de sable 0/4 : 0,65

Le mélange idéal est de 20% de sable 0/1 et 80% de sable 0/4 dont ;

-La compacité de mélange : 0,605

-La porosité de mélange : 0,395

$K_e = 1.2$

- Nous présentons dans le tableau ci dessous des formulations des mortiers (mélange de sable naturel 0/1 et 0/4) selon les différentes combinaisons de pourcentage d'air et fibre (fibre de polypropylène)

on utilise l'abréviation suivante :

- ✓ Mortier de référence (témoin) (100% sable naturel) : **MI(air5%)**
- ✓ Mortier de référence avec 10% d'air : **MI(air10%)**

- ✓ Mortier de référence avec 20% d'air : **MI(air20%)**
- ✓ Mortier de référence (témoin) et de fibre de polypropylène : **MI_f(air5%)**
- ✓ Mortier de référence avec 10% d'air et de fibre de polypropylène : **MI_f(air10%)**
- ✓ Mortier de référence avec 20% d'air et de fibre de polypropylène : **MI_f(air20%)**

Tableau 2. 15 : Formulation de mortier 1

Nomination		Ciment (g)	Sable (0/1) (g)	Sable (0/4) (g)	Sp (g)	EA (g)	Fibre (g)	Eau (g)	E/C	Ke
M1	M1 (air5%)	410	276.54	1106.16	4.4	0	0	235.02	0.57	1.2
	M1 (air10%)	410	245.34	981.38	4.9	4.1	0	205	0.5	1.2
	M1 (air20%)	380	252.26	1024.12	3.85	5.7	0	222.04	0.58	1.2
	M1 _f (air5%)	410	276.54	1106.16	4.4	0	0.6	235.02	0.57	1.2
	M1 _f (air10%)	410	245.34	981.38	4.9	4.1	0.6	205	0.5	1.2
	M1 _f (air20%)	380	252.26	1024.12	3.85	5.7	0.6	222.04	0.58	1.2

3.1.2 Mortier 2:

- Compacité de sable 0/1 : 0,535
- Compacité de sable 0/3 argile expansée : 0,522

Le mélange idéal est de 40% de sable 0/1 et 60% de sable 0/3 dont ;

- La compacité de mélange : 0,499
- La porosité de mélange : 0,501

Ke = 1.2

- Nous présentons dans le tableau ci dessous des formulations des mortiers (mélange de sable naturel 0/1 et de sable léger « sable 0/3 d'argile expansé ») selon les différentes combinaisons de pourcentage d'air et fibre (fibre de polypropylène)

on utilise l'abréviation suivante :

- ✓ Mortier (mélange de sable naturel et sable léger) : **M2(air5%)**
- ✓ Mortier M2 avec 10% d'air : **M2(air10%)**
- ✓ Mortier M2 avec 20% d'air : **M2(air20%)**
- ✓ Mortier M2 + fibre de polypropylène : **M2f(air5%)**
- ✓ Mortier M2 avec 10% d'air + fibre de polypropylène : **M2f(air10%)**
- ✓ Mortier M2 avec 20% d'air + fibre de polypropylène : **M2f(air20%)**

Tableau 2. 16 : Formulation de mortier 2

Nomination		Ciment (g)	Sable (0/1) (g)	Sable (0/3) (g)	Sp (g)	Ea (g)	Fibre (g)	Eau (g)	e/c	Ke
M2	M2 (air5%)	503	430.9 6	490.4 2	5	0	0	339	0.67	1.17 9
	M2 (air10%)	450	385	438.1 4	5	4	0	263.0 6	0.58	1.17 9
	M2 (air20%)	470	369.6 8	393.9 2	3.45	5.7	0	276.9 8	0.58	1.17 9
	M2f (air5%)	503	430.9 6	490.4 2	5	0	0.6	339	0.67	1.17 9
	M2f (air10%)	450	385	438.1 4	5	4	0.6	263.0 6	0.58	1.17 9
	M2f (air20%)	470	369.6 8	393.9 2	3.45	5.7	0.6	276.9 8	0.58	1.17 9

3.1.3 Mortier 3 :

- Compacité de sable 0/3 : 0,522
- Compacité de gravier 3/8 : 0,56

Le mélange idéal est de 85% de sable 0/3 et 15% de gravier 3/8

-La compacité de mélange : 0645

-La porosité de mélange : 0.455

- Nous présentons dans le tableau ci dessous des formulations des mortiers (mélange de sable léger 0/3 et gravier 3/8 « sable et gravier d'argile expansé ») selon les différentes combinaisons de pourcentage d'air et fibre (fibre de polypropylène)

on utilise l'abréviation suivante :

- ✓ Mortier 100% argile expansé : **M3'(air5%)** ; E/C ↗
- ✓ Mortier 100% argile expansé : **M3(air5%)**
- ✓ Mortier d'argile expansé avec 10% d'air : **M3(air10%)**
- ✓ Mortier d'argile expansé avec 20% d'air : **M3(air20%)**
- ✓ Mortier d'argile expansé + fibre de polypropylène : **M3f(air5%)**
- ✓ Mortier d'argile expansé avec 10% d'air + fibre de polypropylène : **M3f(air10%)**

Tableau 2. 17 : Formulation de mortier 3

Nomination		Ciment (g)	Sable (0/3) (g)	Gravi er (3/8) (g)	Sp (g)	Ea (g)	Fibre (g)	Eau (g)	e/c	Ke
M3	M3' (air5%)	365	680.1 6	112.6 4	2.92	0	0	319.3 2	0.87	1.21 5
	M3 (air5%)	503	614.8 4	101.8 2	5.88	0	0	311	0.61	1.54
	M3 (air10%)	420	570.6 4	94.5	4.2	3.36	0	299.9 2	0.71	1.61
	M3 (air20%)	360	521.9 6	86.44	4.2	4.2	0	287.6 6	0.79	1.51
	M3f (air5%)	503	614.8 4	101.8 2	5.88	0	0.6	311	0.61	1.54

	M3f (air10%)	450	571.4 2	94.64	4.5	3.6	0.6	299.9 2	0.71	1.6
--	-----------------	-----	------------	-------	-----	-----	-----	------------	------	-----

3.1.4 Mortier 4 :

- Compacité de sable 0/1 : 0,535
- Compacité de sable 0/3 : 0,522
- Compacité de gravier 3/8 : 0.56

Le mélange idéal est de 29.6% de sable 0/1 et 51.8% de sable 0/3 et 18.6% de gravier 3/8

-La compacité de mélange : 0.588

-La porosité de mélange : 0.412

- Nous présentons dans le tableau ci dessous des formulations des mortiers (mélange de sable naturel 0/1 et sable léger 0/3 et gravier léger 3/8 « sable et gravier d'argile expansé ») selon les différentes combinaisons de pourcentage d'air

on utilise l'abréviation suivante :

- ✓ Mortier mélange de sable naturel 0/1 et sable léger 0/3 et gravier léger 3/8 : **M4(air5%)**
- ✓ Mortier mélange 0/1 et 0/3 et 3/8 avec 10% d'air : **M4(air10%)**
- ✓ Mortier mélange 0/1 et 0/3 et 3/8 avec 20% d'air : **M4(air20%)**
- ✓ Mortier mélange 0/1 et 0/3 et 3/8 avec 10% d'air + entraîneur d'air en poudre (penta gel) : **M4+pg(air10%)**
- ✓ Mortier mélange 0/1 et 0/3 et 3/8 avec 20% d'air + entraîneur d'air en poudre (penta gel) : **M4+pg(air20%)**

Tableau 2. 18 : Formulation de mortier 4

Nomination		Ciment (g)	Sable (0/1) (g)	Sable (0/3) (g)	Sable (3/8) (g)	Sp (g)	Ea (g)	Penta gel (g)	Eau (g)	e/c	Ke
M4	M4 (air5%)	450	217.68	380.14	136.46	4.2	0	0	239.68	0.53	1.2

M4 (air10%)	450	195.66	341.68	122.66	5.3	3.6	0	227	0.5	1.3
M4 (ai20%)	450	152	265.54	95.32	4.5	4.5	0	255.7	0.56	1.7
M4+pg (air10%)	450	195.66	341.68	122.66	5.3	3.6	1.6	227	0.5	1.3
M4+pg (air20%)	450	152	265.54	95.32	4.5	4.5	1.6	255.7	0.56	1.7

3.1.5 Mortier 5 :

C'est un mortier prêt a gâché

- Compacité de sable 0/1 : 0,535
- Compacité de sable 0/4 : 0,65
- Compacité de gravier 3/8 : 0.56

Le mélange idéal est de 30.2% de sable 0/1 et 50.8% de sable 0/4 et 18.9% de gravier 3/8

-La compacité de mélange : 0.589

-La porosité de mélange : 0.411

- Nous présentons dans le tableau ci dessous des formulations des mortiers (mélange de sable naturel 0/1 et 0/4 et gravier léger 3/8 « gravier d'argile expansé ») selon les différentes combinaisons de pourcentage d'air
- Cette formulation se différencie des autres en remplaçant les adjuvants liquides (SP et EA) par des poudres (penta flow et penta gel) pour obtenir un mortier prêt a gâché

on utilise l'abréviation suivante :

- ✓ Mortier mélange de sable naturel 0/1 et 0/4 et gravier léger 3/8 : **M5p(air5%)**
- ✓ Mortier mélange 0/1 et 0/4 et 3/8 avec 10% d'air : **M5p(air10%)**
- ✓ Mortier mélange 0/1 et 0/4 et 3/8 avec 20% d'air : **M5p(air20%)**

Tableau 2. 19 : Formulation de mortier 5

Nomination		Ciment (g)	Sable (0/1) (g)	Sable (0/4) (g)	Sable (3/8) (g)	Penta a flow (g)	Penta gel (g)	Eau (g)	e/c	ke
M5	M5p (air5%)	400	239.7	402.48	150.26	0.8	0	205.7	0.51	1.3
	M5p (air10%)	400	217.94	365.94	136.62	0.8	0.64	249.22	0.62	1.5
	M5p (air20%)	400	174.38	292.82	109.32	0.8	1	270.7	0.67	1.8

3.2 Essais a l'état frais

3.2.1 Etalement

La détermination de l'étalement du mortier se fait à l'aide d'un cône d'étalement. Ce cône est positionné sur une plaque d'étalement propre et humidifiée, offrant une surface adéquate. Ensuite, le cône est rempli de mortier. En soulevant le cône, le mortier s'écoule et forme une galette qui se propage et s'élargit naturellement. La valeur d'étalement correspond au diamètre moyen de cette galette.

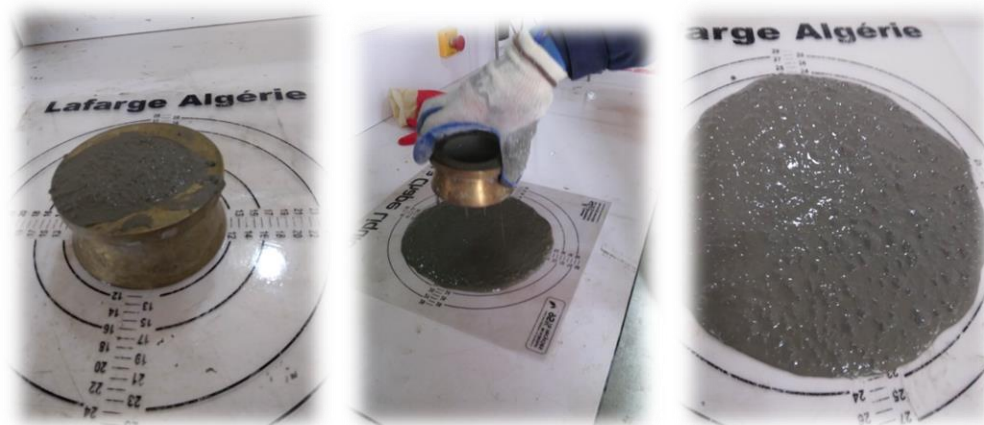


Figure 2. 6 : Essais d'étalement.

3.2.2 Densité

Selon la norme EN 1015-6, la densité d'un mortier frais peut être calculée en divisant sa masse par le volume qu'il occupe ou qu'il est introduit et compacté dans un récipient de mesure de capacité spécifiée. La densité est généralement exprimée en kilogrammes par mètre cube (kg/m³). [33]



Figure 2.7 : le moule de densité

3.2.3 La teneur en air

La norme BS EN 1015-7 décrit la méthode pour mesurer la teneur en air dans le mortier frais. Le test utilise un récipient d'un volume approximatif d'un litre, rempli en quatre couches, chaque couche étant compactée avec dix coups. Après avoir nettoyé le récipient avec un chiffon humide, l'eau est introduite par la vanne A jusqu'à ce qu'elle sorte de la vanne B. Les deux vannes sont ensuite fermées et l'air est pompé jusqu'à ce qu'une condition stabilisée soit atteinte, ce qui est égal au niveau déterminé lors de la procédure d'étalonnage. Lorsque l'équilibre est atteint, la teneur en air est lue sur le manomètre et la valeur de la teneur en air est exprimée en pourcentage (%) [34]



Figure 2. 7 : Aéromètre

3.3 Essais a l'état durci

3.3.1 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes utilisées ont une forme prismatique avec une section de 40 x 40 x 160 mm. Il est important de les mouler rapidement après la préparation du mortier. Le mortier est introduit dans un moule métallique comportant trois alvéoles, et étant un mortier autoplaçant (fluide), il ne nécessite pas de vibration sur une table à choc. Après cela, l'excédent de mortier est enlevé par arasage afin d'obtenir une surface lisse sur les éprouvettes.

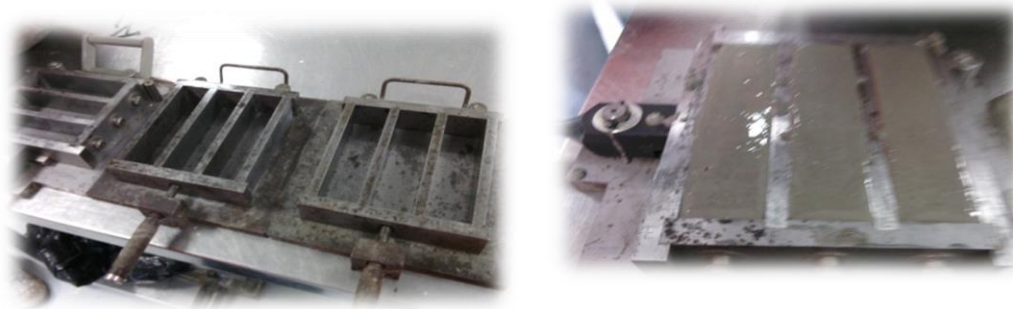


Figure 2. 8 : Moule des éprouvettes prismatiques (40x40x160 mm).

3.3.2 Conservation des éprouvettes

Une fois les éprouvettes prismatiques (40x40x160 mm) démoulées, elles sont placées dans un bassin rempli d'eau maintenue à une température de 20°C pour la conservation.

3.3.3 Essai de résistances mécanique

Les essais de résistance mécanique sur le mortier autonivelant peuvent inclure des essais de traction et de compression. Les essais de traction sont utilisés pour déterminer les qualités de résistance à la traction d'un mortier, tandis que les essais de compression sont utilisés pour déterminer la résistance à la compression d'un mortier. Les essais de résistance mécanique sont effectués conformément aux normes en vigueur pour garantir la précision des résultats. Les normes applicables incluent la norme NF EN 196-1 [35]

3.3.3.1 Essais de résistance a la flexion

Placez le prisme dans le dispositif de flexion de manière à ce qu'une de ses faces latérales de moulage repose sur les rouleaux d'appui, avec son axe longitudinal

perpendiculaire à ceux-ci. Appliquez une charge verticale sur la face latérale opposée du prisme en utilisant le rouleau de chargement, en augmentant progressivement la charge à un taux de $50 \text{ N/s} \pm 10 \text{ N/s}$ jusqu'à ce que le prisme se rompe.

La résistance en flexion R_f est calculée en utilisant la formule suivante :

$$R_f = \frac{1,5F_f}{b^3} \times l \quad \text{en (N/mm}^2\text{)}$$

où :

R_f : représente la résistance en flexion, exprimée en newton par millimètre carré ou en MPa.

b : est la dimension du côté de la section carrée du prisme, en millimètres.

F_f : est la charge appliquée au milieu du prisme lors de la rupture, en newton.

l : est la distance entre les appuis, en millimètres.

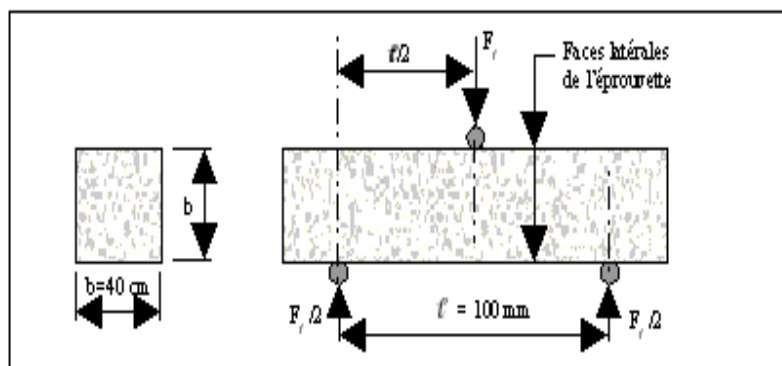


Figure 2. 9 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.

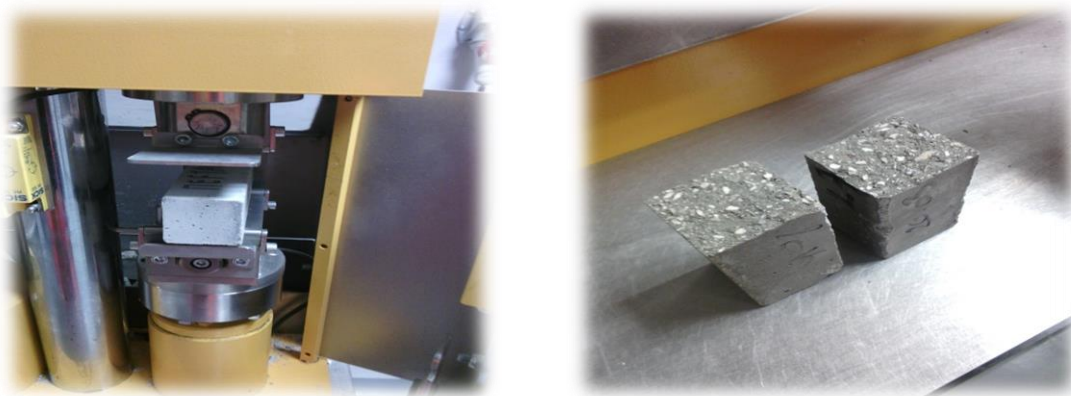


Figure 2. 10 : Essais de résistance à la traction.

3.3.3.2 Essais de la résistance a la compression

Positionner le demi-prisme obtenu sur le dispositif de compression de manière à ce que la charge appliquée soit sur une face plane de l'éprouvette et procéder à l'essai. La charge doit être appliquée sans choc et augmentée de manière continue jusqu'à la rupture. [36]

$$R_c = \frac{f_{max}}{S}$$

Avec :

f_{max} : la force maximale à la rupture (en N) ;

S : la surface latérale du demi-prisme (en mm²).

Les résultats de résistances à la flexion et à la compression sont donnés à 0,1 N/mm² (MPa) près.



Figure 2. 11 : Essais de la résistance à la compression.

3.3.4 Retrait

L'essai de retrait consiste à mesurer la variation de longueur d'une éprouvette prismatique de mortier en fonction du temps, conformément à la norme NF P15-433.

[37] Les éprouvettes sont pesées et marquées une fois démoulées, puis disposées de manière à ce qu'elles soient entourées d'air sur toutes leurs faces et distantes des voisines de moins de 1 cm. Les éprouvettes sont conservées dans une salle à une température de (20 ± 1) °C et une humidité relative de $(50\pm 1)\%$.

Il est recommandé que la vitesse de l'air au niveau des éprouvettes n'excède pas 0,5 m/s.

Pour chacune des trois éprouvettes, la variation de longueur relative est calculée par la différence entre la mesure initiale au démoulage et la mesure finale aux échéances spécifiques.

Cette variation de longueur relative est exprimée en micromètres par mètre et est définie par la formule suivante :

$$\frac{dl}{l} \times 100$$

où

dl est la variation de longueur exprimée en micromètres

l est la longueur de base prise égale à 160 mm.

Le retrait à l'âge déterminé est égal à la moyenne arithmétique, arrondie à la dizaine la plus proche, des valeurs mesurées sur chacune des trois éprouvettes.

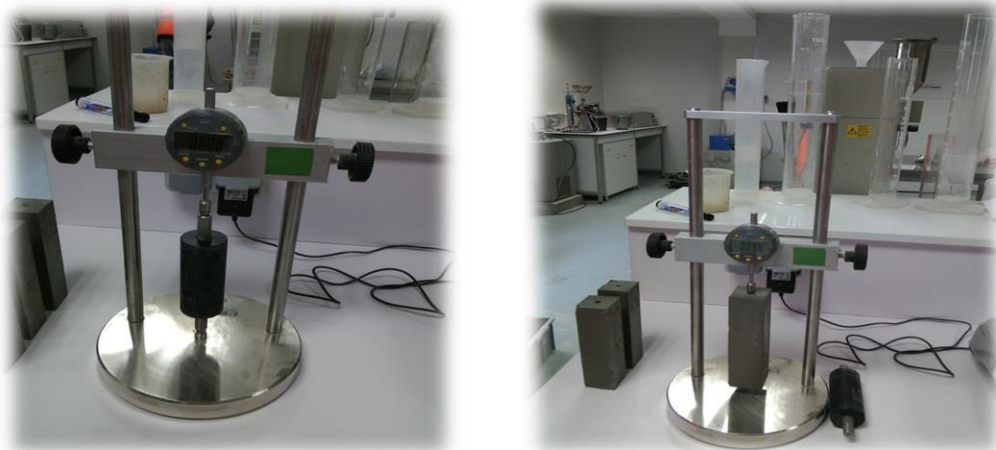


Figure 2. 12 : Essais de retrait.

3.3.5 Conductivité thermique

la norme NF EN 993-15 octobre 2005 [38] décrit une méthode de détermination de la conductivité thermique des produits réfractaires façonnés denses par la méthode du fil chaud (parallèle). Cette méthode consiste à mesurer la conductivité thermique d'un matériau en appliquant une source de chaleur à un fil chaud et en mesurant la température à deux points différents le long du fil. Les résultats des essais de conductivité thermique sont utilisés pour évaluer la qualité et la performance des produits réfractaires façonnés denses et s'assurer qu'ils sont adaptés à l'utilisation prévue.

Le Principe de la méthode du fil chauffant, fort connue et souvent utilisée [39]

W.Dietz, thèse de docteur –Ingénieur Université Paris 6 (1976)

D'autres normes applicables pour la détermination de la conductivité thermique incluent la norme NF ISO 16957 [40], qui décrit une méthode de mesure de la conductivité thermique apparente des matériaux de construction poreux humides, et la norme ISO 8894-2:2007[41], qui spécifie une méthode de détermination de la conductivité thermique des matériaux et produits réfractaires par la méthode du fil chaud (parallèle). Les résultats des essais de conductivité thermique sont utilisés pour évaluer la qualité et la performance des matériaux isolants et s'assurer qu'ils sont adaptés à l'utilisation prévue. Pour calculer la conductivité thermique, on peut utiliser la formule suivante :

$$\lambda = \frac{QL}{A \cdot \Delta T}$$

où

λ est la conductivité thermique,

Q est la quantité de chaleur transférée,

L est la longueur de la zone de transfert de chaleur,

A est la surface de la zone de transfert de chaleur

ΔT est la différence de température entre les deux points de mesure

4. Conclusion :

Les essais physiques et les analyses chimiques réalisés fournissent une vue d'ensemble des caractéristiques principales des matériaux utilisés dans la formulation des mortiers qui seront étudiés dans le prochain chapitre du point de vue mécanique, notamment la conductivité thermique et le retrait.

La connaissance de ces caractéristiques est d'une grande importance pour interpréter de manière significative les résultats des essais expérimentaux.

5. Résumé de les essais de caractéristiques des matériaux

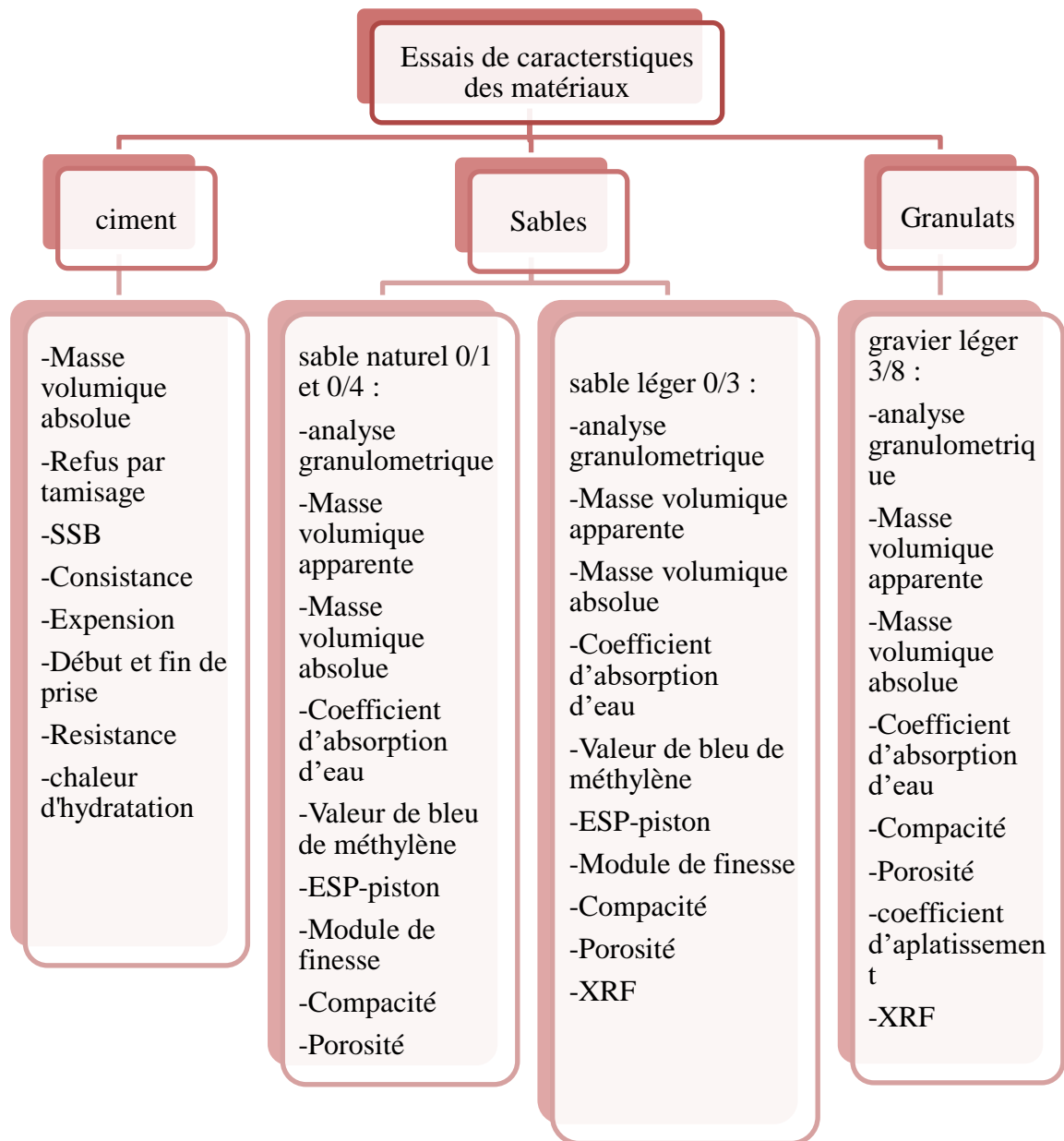


Figure 2. 13 : Résumé de les essais de caractéristiques des matériaux

6. Résumé de formulations du mortier

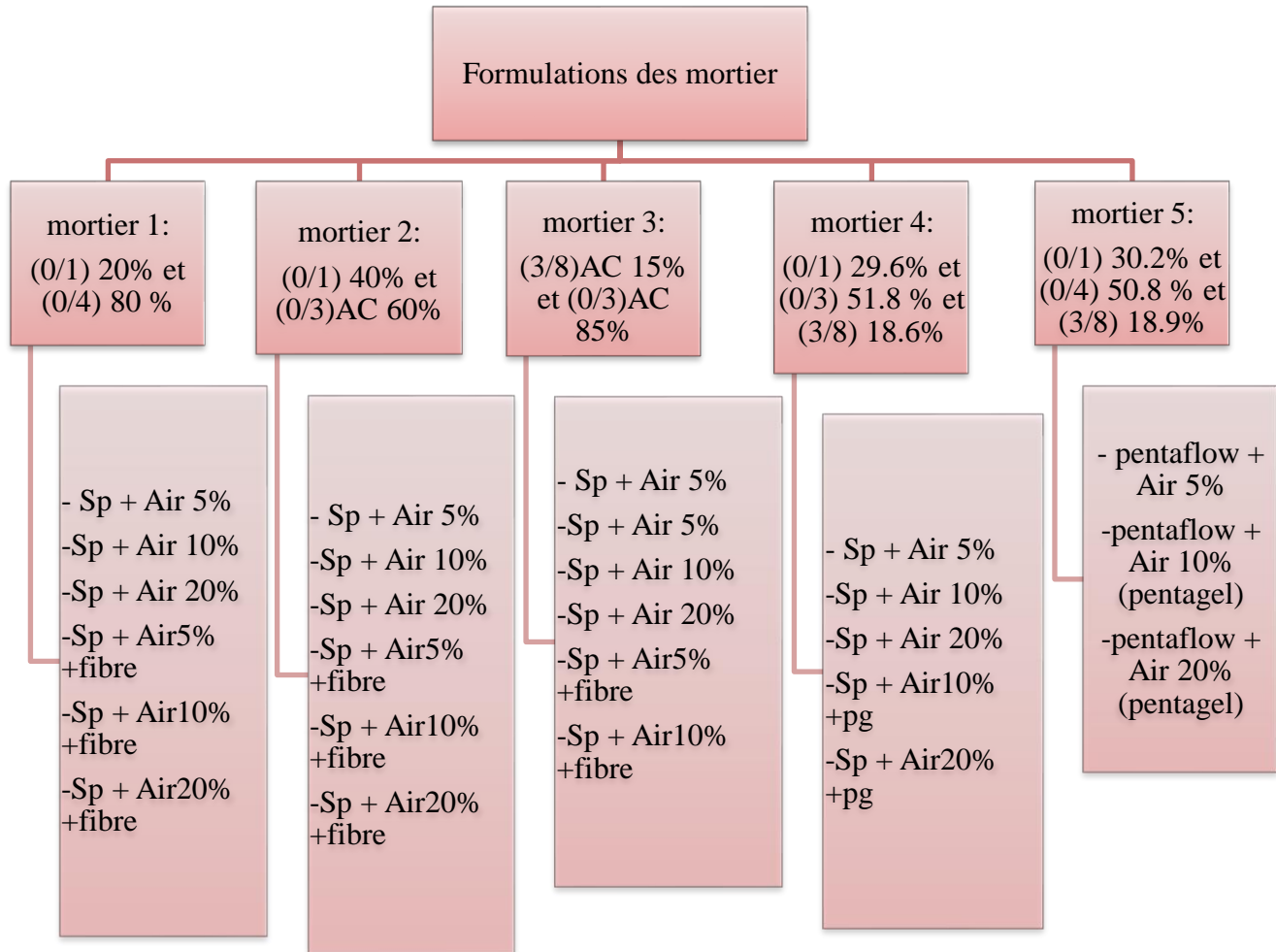


Figure 2. 14 : Résumé de formulation des mortiers

7. Résumé des essais sur les mortiers

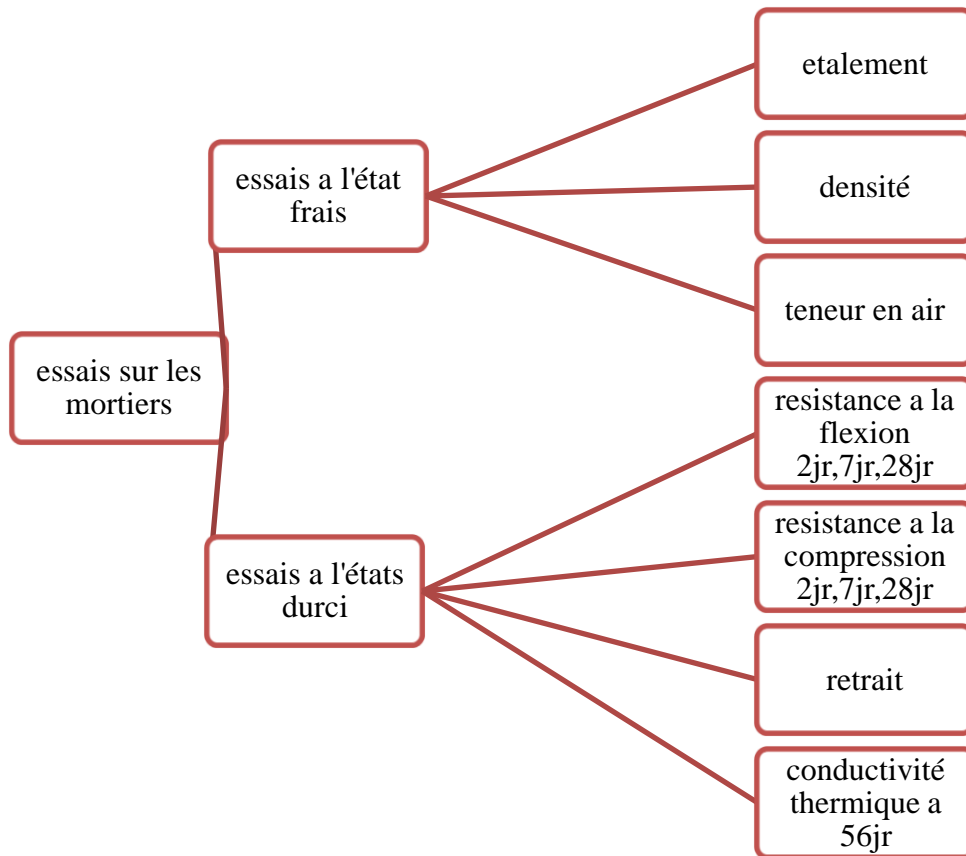


Figure 2. 15 : Résumé des essais sur les mortiers

Chapitre 3 :
Résultats et Discussions

1. Introduction

Nous avons mené une étude sur les mortiers de chape légère en effectuant différentes formulations, y compris des proportions différentes d'air, sable léger et de gravier léger, ainsi qu'une autre naturelle.

Nous avons également étudié l'effet des fibres sur le mortier léger. Dans ce chapitre, nous présenterons tous les résultats obtenus et en discuterons pour enfin déterminer le meilleur mortier léger en termes de légèreté, de densité, de conductivité thermique, en plus le facteur de résistance.

2. Etalement

Au cours de ce travail, nous avons défini l'étalement entre 21 et 26 pour toutes les formulations de mortier avec tout leur contenu et leurs différentes proportions. L'étalement est une mesure de la consistance du mortier, Cette mesure est importante pour évaluer l'ouvrabilité du mortier, c'est-à-dire sa capacité à être manipulé et placé sur le chantier.

Les résultats des essais d'étalement du mortier M (1, 2, 3, 4, et 5) ont été résumés dans les tableaux 3. (1, 2, 3, 4, et 5) et les figures 3. (1, 2, 3, 4, et 5).

2.1. Mortier 1

Tableau 3. 1 : Résultat d'étalement pour le mortier M1

Nomination		Etalement (cm)
M1	M1 (air5%)	25
	M1 (air10%)	25
	M1 (air20%)	24
	M1f (air5%)	23
	M1f (air10%)	21
	M1f (air20%)	22

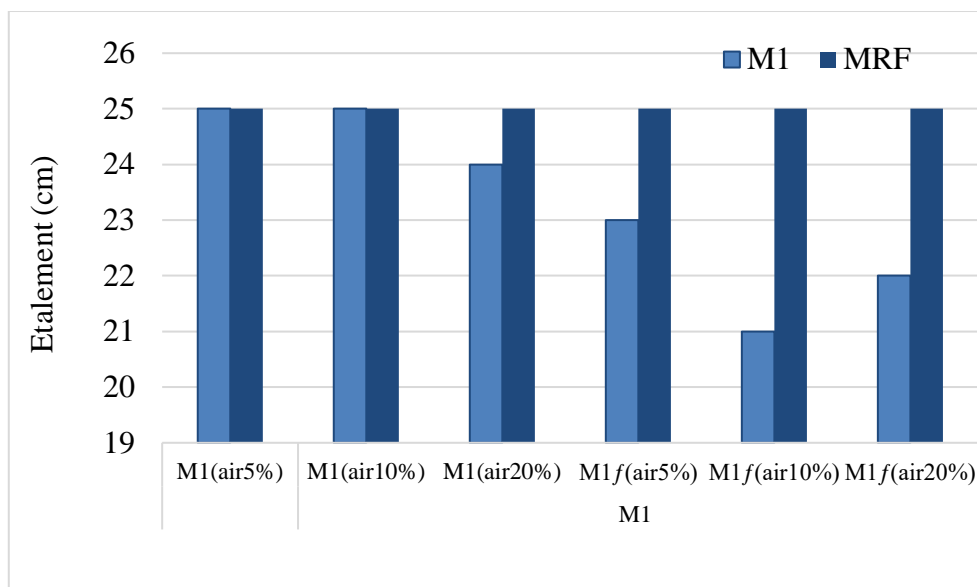


Figure 3. 1 : Résultat d'étalement pour le mortier M1

2.2. Mortier 2

Tableau 3. 2 : Résultat d'étalement pour le mortier M2

Nomination		Etagement (cm)
M2	M2 (air5%)	21
	M2 (air10%)	23
	M2 (air20%)	24
	M2f (air5%)	24
	M2f (air10%)	25
	M2f (air20%)	22

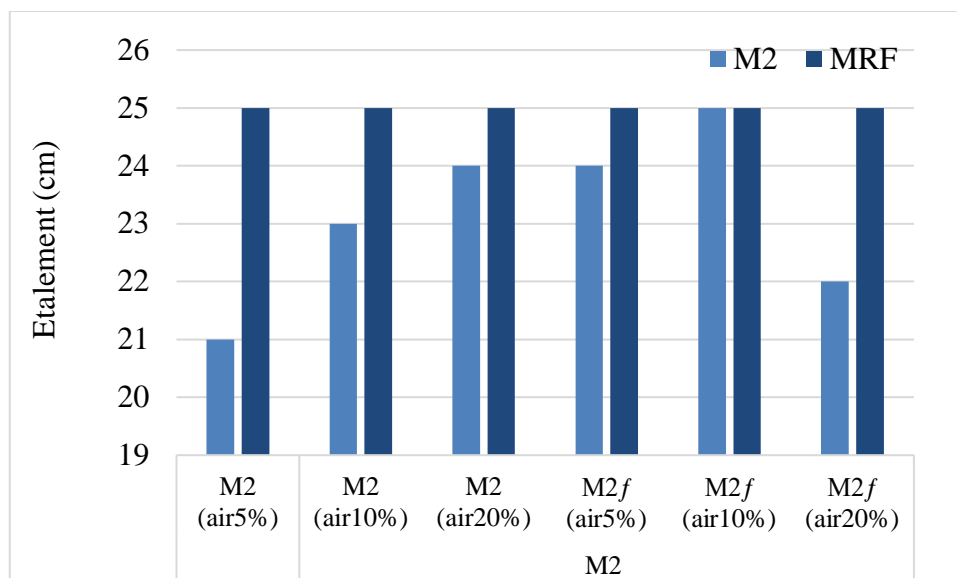


Figure 3. 2 : Résultat d'étalement pour le mortier M2

2.3. Mortier 3

Tableau 3. 3 : Résultat d'étalement pour le mortier M3

Nomination		Etalement (cm)
M3	M3 (air5%)	17
	M3 (air5%)	26
	M3 (air10%)	23
	M3 (air20%)	24
	M3f (air5%)	21
	M3f (air10%)	23

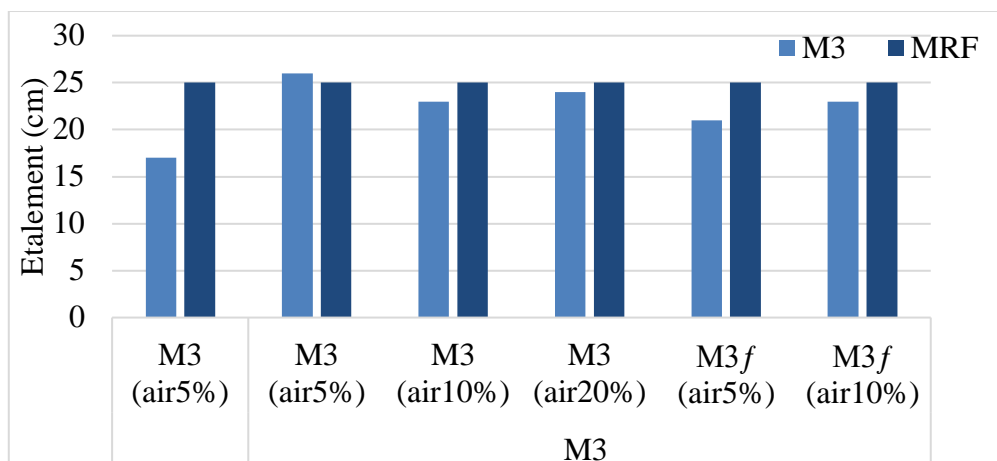


Figure 3.3 : Résultat d'étalement pour le mortier M3

2.4. Mortier 4

Tableau 3.4 : Résultat d'étalement pour le mortier M4

Nomination		Étalement (cm)
M4	M4 (air5%)	24
	M4 (air10%)	25
	M4 (air20%)	24
	M4+pg (air10%)	24
	M4+pg (air20%)	24

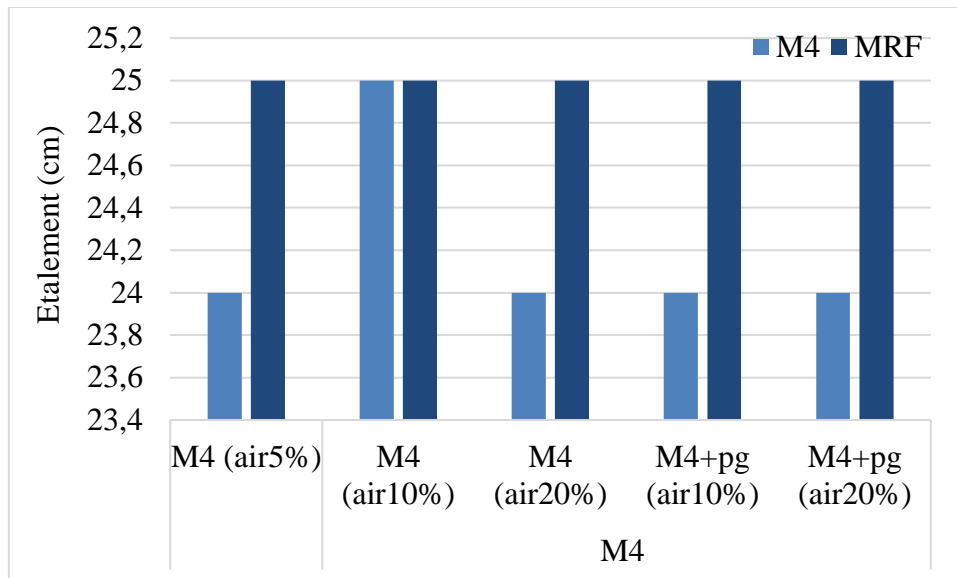


Figure 3. 4 : Résultat d'étalement pour le mortier M4

2.5. Mortier 5

Tableau 3. 5 : Résultat d'étalement du mortier 5

Nomination		Etalement (cm)
M5	M5p (air5%)	25
	M5p (air10%)	23
	M5p (air20%)	21

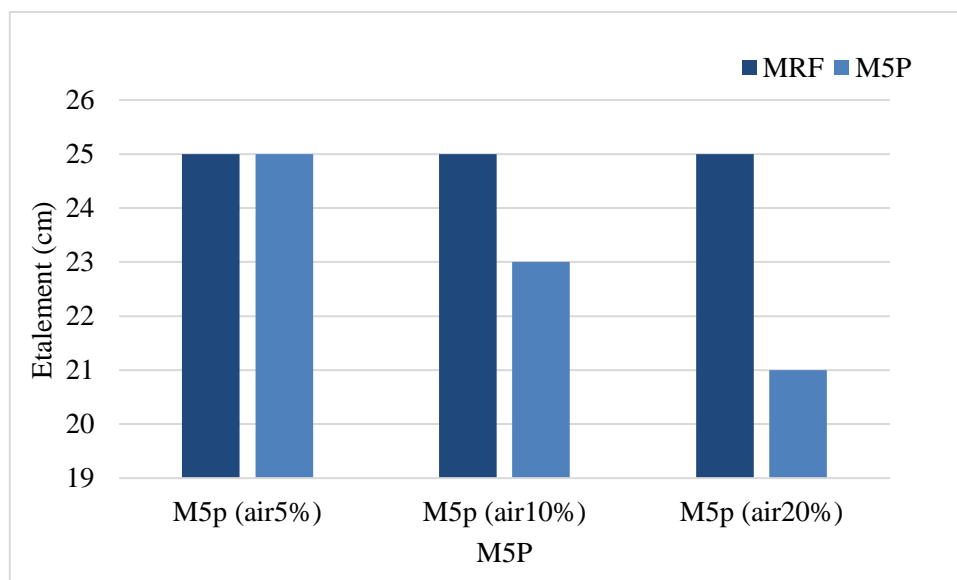


Figure 3. 5 : Résultat d'étalement pour le mortier M5**3. Densité**

Dans le cadre de notre étude, l'une de nos principales préoccupations était la légèreté du mortier ou de la chape que nous souhaitons obtenir à la fin.

Les résultats de la densité fraîche et durci sont présentés dans les tableaux 3 (6,7, 8,9 et 10)

3.1. Mortier 1**Tableau 3. 6** : Résultat de densité pour mortier M1

Nomination		Densité fraîche (g/cm ³)	Densité fraîche relative par rapport au mortier de référence (%)	Densité durci (g/cm ³)	Densité durci relative par rapport au mortier de référence (%)
M1	M1 (air5%)	2.2	100	2.14	100
	M1 (air10%)	2.01	91.36	1.97	92.05
	M1 (air20%)	1.78	80.9	1.68	78.5
	M1f (air5%)	2.2	100	1.8	84.11
	M1f (air10%)	1.95	88.63	1.78	83.17
	M1f (air20%)	1.94	88.18	1.84	85.98

Le mortier 1, qui ne contient que du sable naturel, a la densité fraîche la plus élevée, avec 2,2 g/cm³. Cependant, avec l'augmentation de la proportion d'air, la densité a diminué à 1,78 g/cm³

la densité durci la plus élevée, avec 2,14 g/cm³. Cependant, avec l'augmentation de la proportion d'air, la densité a diminué à 1,68 g/cm³

3.2. Mortier 2

Tableau 3. 7 : Résultat de densité pour mortier M2

Nomination		Densité fraîche (g/cm³)	Densité relative par rapport au mortier de référence (%)	Densité durci (g/cm³)	Densité relative par rapport au mortier de référence (%)
M2	M2 (air5%)	1.8	81.81	1.59	74.29
	M2 (air10%)	1.7	77.27	1.58	73.83
	M2 (air20%)	1.65	75	1.45	67.75
	M2f (air5%)	1.8	81.81	1.58	73.73
	M2f (air10%)	1.75	79.54	1.62	75.7
	M2f (air20%)	1.6	72.72	1.56	72.89

Le mortier 2, qui est un mélange de sable léger (sable d'argile expansé) et de sable naturel (une chape de minimum épaisseur 5cm), a une densité fraîche de 1,8g/cm³ et a une densité durci de 1.59 g/cm³, soit une diminution de 18,18% et 25.71% par rapport au mortier 1 qui ne contient que du sable naturel. Avec l'augmentation de la teneur en air, la densité a encore diminué à 1,6 g/cm³ et à 1.45 g/cm³. soit une diminution de 27.27% et de 32.25 % par rapport au mortier

3.3. Mortier 3

Tableau 3. 8 : Résultat de densité pour mortier M3

Nomination		Densité fraîche (g/cm³)	Densité relative par rapport au mortier de référence (%)	Densité durci (g/cm³)	Densité relative par rapport au mortier de référence (%)
M3	M3' (air5%)	1.57	71.36	1.17	54.67
	M3 (air5%)	1.53	69.54	1.09	50.93
	M3 (air10%)	1.52	69.09	1.05	49.06
	M3 (air20%)	1.5	68.18	1.02	47.66
	M3f (air5%)	1.59	72.27	1.11	51.86
	M3f (air10%)	1.6	72.72	1.07	50

Le mortier 3 est un mélange composé à 100% d'argile expansé (sable 0/3 et gravier 3/8 pour une chape de maximum épaisseur 10cm). Les essais ont montré que sa densité est la plus faible, avec une diminution de 30.46% et de 45.33% par rapport au mortier 1, avec une densité estimée à 1,53 g/cm³ et à 1.17 g/cm³.

Avec une augmentation du pourcentage d'air, la densité a encore diminué de 31,82% et de 52.34 % par rapport au mortier 1, avec une densité estimée à 1,5 g/cm³ et à 1.02 g/cm³.

Nous observons que l'ajout d'argile expansé et d'air peut réduire la densité et augmenter la légèreté du mortier.

La formulation du mortier 3 à base d'argile expansé à 100% était la plus difficile par rapport les autres mélanges, car il a été constaté que le mortier manquait de pâte. Cela est dû au fait que l'argile expansé n'a pas de fines, ce qui a entraîné un problème d'écoulement dans le mélange M3' avec 5% air, figure 4.3 (Annexe 2). Pour résoudre ce problème, il a été nécessaire d'ajouter plus de ciment. Cependant, malgré l'augmentation du ciment dans les mélanges M3 avec (10 et 20% air) figure 4.5 (Annexe 2), une ségrégation apparente a été observée après le démoulage des éprouvettes.

3.4. Mortier 4

Tableau 3. 9 : Résultat de densité pour mortier M4

Nomination		Densité fraîche (g/cm ³)	Densité fraîche relative par rapport au mortier de référence (%)	Densité durci (g/cm ³)	Densité durci relative par rapport au mortier de référence (%)
M4	M4 (air5%)	1.8	81.81	1.51	70.56
	M4 (air10%)	1.7	77.27	1.49	69.62
	M4 (air20%)	1.7	77.27	1.48	69.15
	M4+pg (air10%)	1.56	70.9	1.45	67.75
	M4+pg (air20%)	1.48	67.27	1.44	67.28

Le mortier 4, qui est un mélange de sable et gravier d'argile expansé et de sable naturel (une chape de maximum épaisseur 10cm), a une densité de 1,8 g/cm³ et de 1.51 g/cm³, soit une diminution de 18,18% et de 29.44% par rapport au mortier 1 qui ne contient que du sable naturel. Avec l'augmentation de la teneur en air, la densité a encore diminué à 1,48 g/cm³ et à 1.44 g/cm³. soit une diminution de 32.73% par rapport au mortier 1

3.5. Mortier 5

Tableau 3. 10 : Résultats de Densité pour le mortier M5

Nomination		Densité fraîche (g/cm ³)	Densité fraîche relative par rapport au mortier de référence (%)	Densité durci (g/cm ³)	Densité durci relative par rapport au mortier de référence (%)
M5	M5p (air5%)	1.92	87.27	1.62	75.7
	M5p (air10%)	1.8	81.81	1.607	75.09
	M5p (air20%)	1.7	77.27	1.609	75.18

Le mortier 5, c'est un mortier prêt à gâcher qui est un mélange de gravier d'argile expansé et de sable naturel (une chape de maximum épaisseur 10cm), a une densité de 1,92 g/cm³ et de 1.62 g/cm³, soit une diminution de 12.73% et de 24.3% par rapport au mortier 1 qui ne contient que du sable naturel. Avec l'augmentation de la teneur en air, la densité a encore diminué à 1,7 g/cm³ et à 1.6 g/cm³. Soit une diminution de 22.73% et 25% par rapport au mortier 1

Le facteur de la densité et la légèreté sont liées, car plus la densité est faible, plus la légèreté est élevée, et c'est exactement ce que nous recherchions.

Grâce à nos nombreux essais, nous avons constaté que chaque fois que l'augmentation du taux d'argile expansée, la légèreté augmentait, et c'était notre facteur principal. Nous avons également ajouté proportionnellement de l'air, et le résultat montre que l'air

diminuait également la densité. Ainsi, nous avons remarqué que le mélange qui contient à la fois de l'argile expansé et un fort pourcentage d'air est le moins dense et le plus léger. Après le durcissement et le processus de l'hydratation et l'évaporation d'eau, la densité diminue plus

Selon H. Bensaci et al. [42], l'utilisation de granulats légers (en caoutchouc) a été constatée pour réduire la densité. La densité varie de 2,14 à 1,98 lorsque le mélange est préparé avec une proportion de caoutchouc allant de 0 % à 30 %.

4. Teneur en air

L'essai de teneur en air a pour but de mesurer la quantité d'air emprisonné dans le mortier frais. Cette mesure est importante car elle peut affecter l'ouvrabilité du mortier. L'augmentation de la teneur en air peut améliorer l'ouvrabilité du mortier en le rendant plus facile à travailler et à étaler

Nous avons atteint les résultats souhaités comme indiqué dans les tableaux ci-dessous.

4.1. Mortier 1

Tableau 3. 11 : Résultat de teneur en air du mortier M1

Nomination		Teneur en air %
M1	M1 (air5%)	6
	M1 (air10%)	11.5
	M1 (air20%)	23
	M1f (air5%)	5
	M1f (air10%)	13
	M1f (air20%)	18

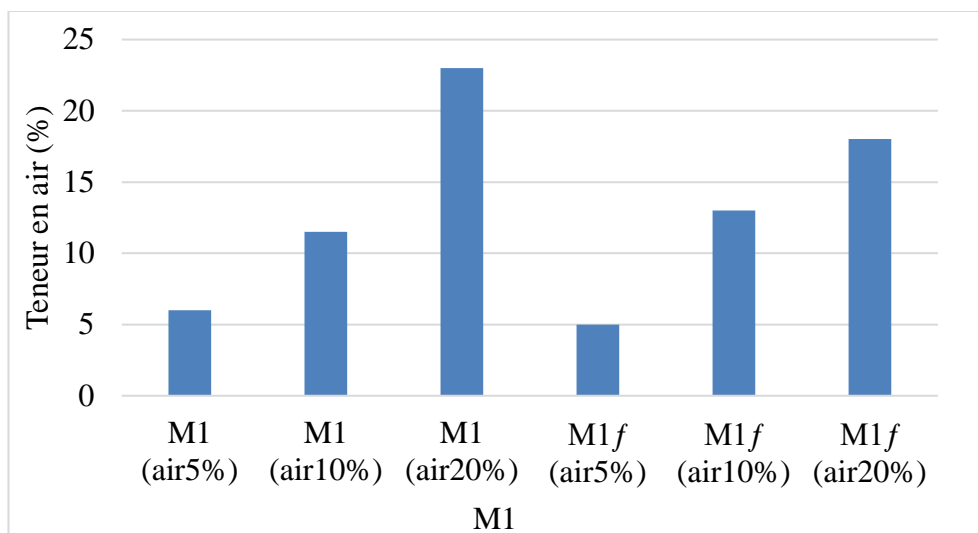


Figure 3.6 : Résultats de teneur en air pour le mortier M1

4.2. Mortier 2

Tableau 3.12: Résultats de teneur en air pour le mortier M1

Nomination		Teneur en air %
M2	M2 (air5%)	6
	M2 (air10%)	11.5
	M2 (air20%)	16
	M2f (air5%)	7
	M2f (air10%)	10
	M2f (air20%)	18

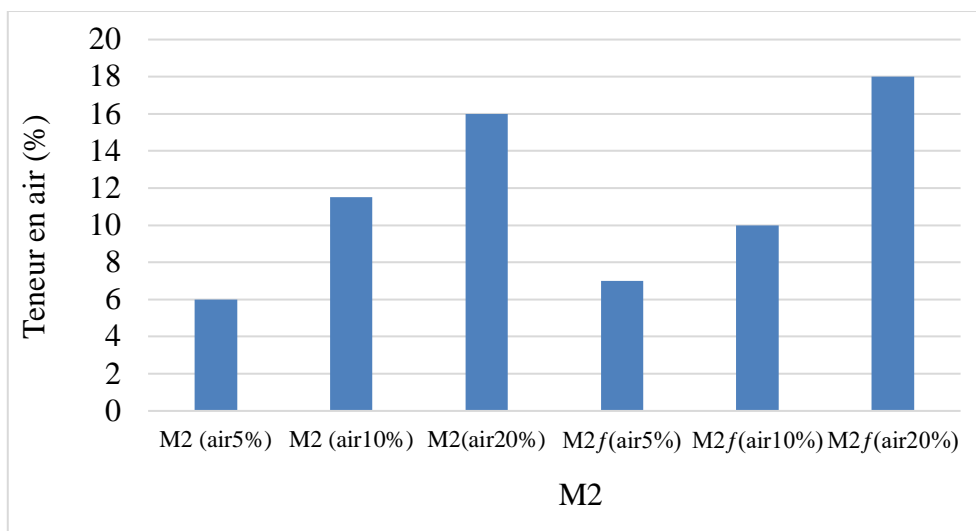


Figure 3. 7 : Résultats de teneur en air pour le mortier M2

4.3. Mortier 3

Tableau 3.13 : Résultats de teneur en air pour le mortier M3

Nomination		Teneur en air %
M3	M3 (air5%)	4
	M3 (air5%)	5
	M3 (air10%)	8.9
	M3 (air20%)	16
	M3f (air5%)	7
	M3f (air10%)	10

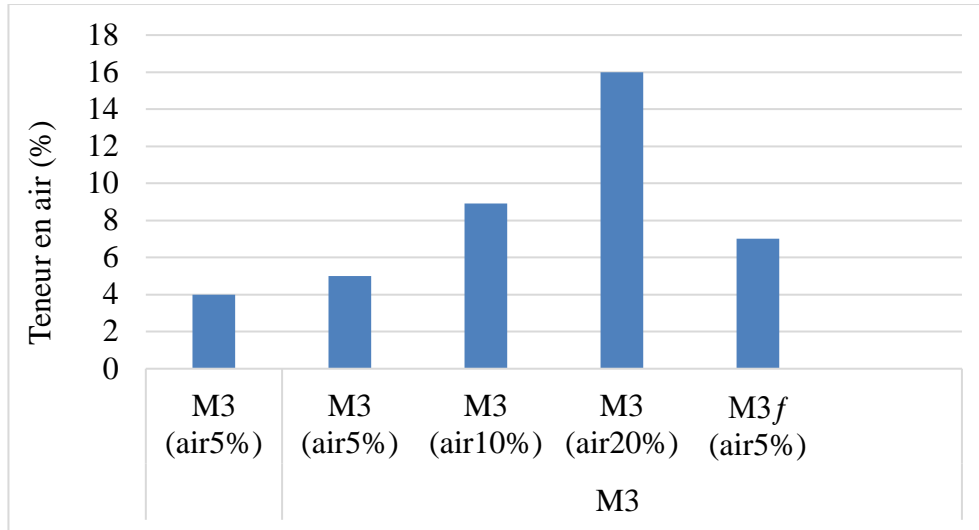


Figure 3. 8 : Résultats de teneur en air pour le mortier M3

4.4. Mortier 4

Les formulations M4 (air10%) et M4 (air20%) ont présenté des ratios d'air incorrects lors de la mesure avec le manomètre. Pour corriger ces ratios, nous avons ajouté du pentagel (une poudre destinée à augmenter la teneur en air) à chacune de ces formulations, créant ainsi les mélanges M4+pg (air10%) et M4+pg (air20%).

Ces ajouts de pentagel ont permis de rectifier les ratios d'air et d'obtenir les valeurs d'air requises

Tableau 3.14 : Résultats de teneur en air pour le mortier M4

Nomination		Teneur en air %
M4	M4 (air5%)	4
	M4 (air10%)	6
	M4 (air20%)	14
	M4+pg (air10%)	14
	M4+pg (air20%)	20

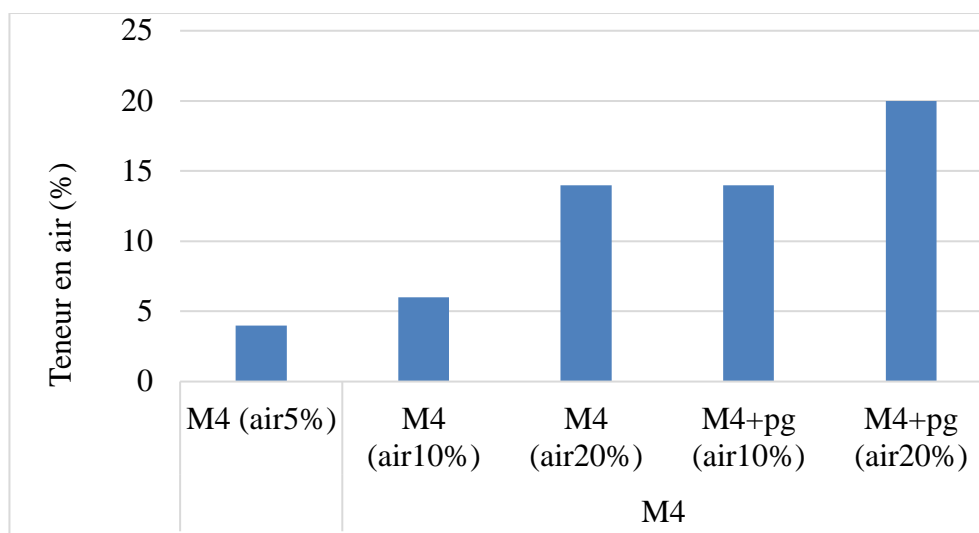


Figure 3. 9 : Résultats de teneur en air pour le mortier M4

4.5. Mortier 5

Tableau 3.15 : Résultats de teneur en air pour le mortier M5

Nomination		Teneur en air %
M5	M5p (air5%)	5
	M5p (air10%)	12
	M5p (air20%)	18

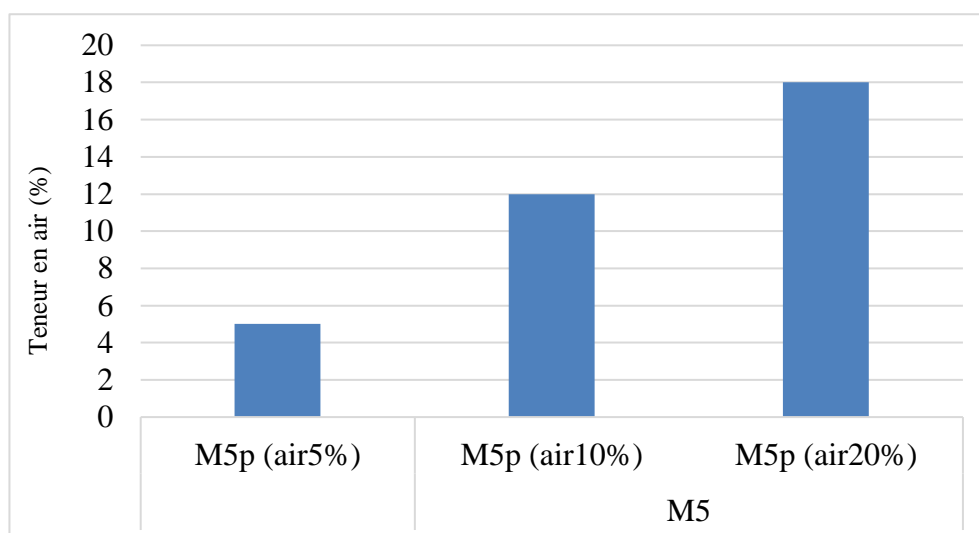


Figure 3. 10 : Résultats de teneur en air pour le mortier M5

5. Les essais de résistance

Après avoir effectué les essais de résistance en flexion et en compression à 2 jours, 7 jours et 28 jours pour chaque mortier, la résistance à 28 jours a été examinée plus en détail pour clarifier sa relation avec le premier mélange de référence et discuter de chacun séparément. À la fin, le meilleur mortier sera choisi en fonction des données obtenues

5.1.Mortier 1

Tableau 3.16 : Résultat de résistance pour le mortier M1

Nomination		Resistance a 2jr		Resistance a 7jr		Resistance a 28jr	
		R_f (MPa)	R_C (MPa)	R_f (MPa)	R_C (MPa)	R_f (MPa)	R_C (MPa)
M1	M1 (air5%)	5.18	22.66	6.25	32.97	8.61	41.74
	M1 (air10%)	4.33	18.27	5.35	24.21	6.4	30.66
	M1 (air20%)	2.3	8.72	6.41	11.67	3.68	14.06
	M1f (air5%)	4.29	18.16	6.51	29.17	7.65	39.74
	M1f (air10%)	2.75	9.31	4.18	16.33	5.01	20.67
	M1f (air20%)	2.56	8.59	4.21	16.73	4.7	19.45

Tableau 3.17 : Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M1

	Résistance a la flexion à 28jr (MPa)	R_f relative par rapport au mortier de référence (%)	Résistance a la compression à 28jr (MPa)	R_C relative par rapport au mortier de référence (%)
M1 (air5%)	8.61	100	41.74	100
M1 (air10%)	6.4	74.33	30.66	73.45
M1 (air20%)	3.68	42.74	14.06	33.68
M1f (air5%)	7.65	88.85	39.74	95.2
M1f (air10%)	5.01	58.18	20.67	49.52
M1f (air20%)	4.7	54.58	19.45	46.59

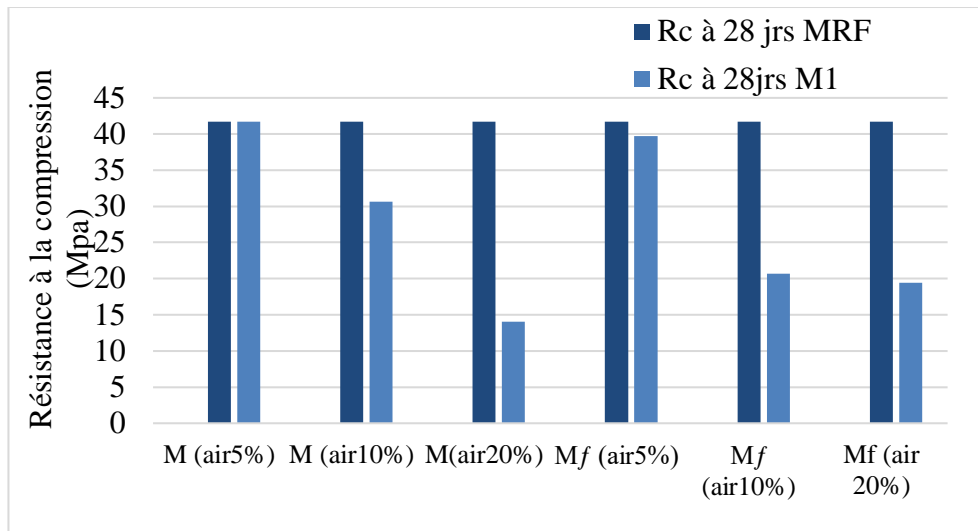


Figure 3. 11 : Comparaison de la résistance à la compression du M1 à 28 jours par rapport au mortier de référence

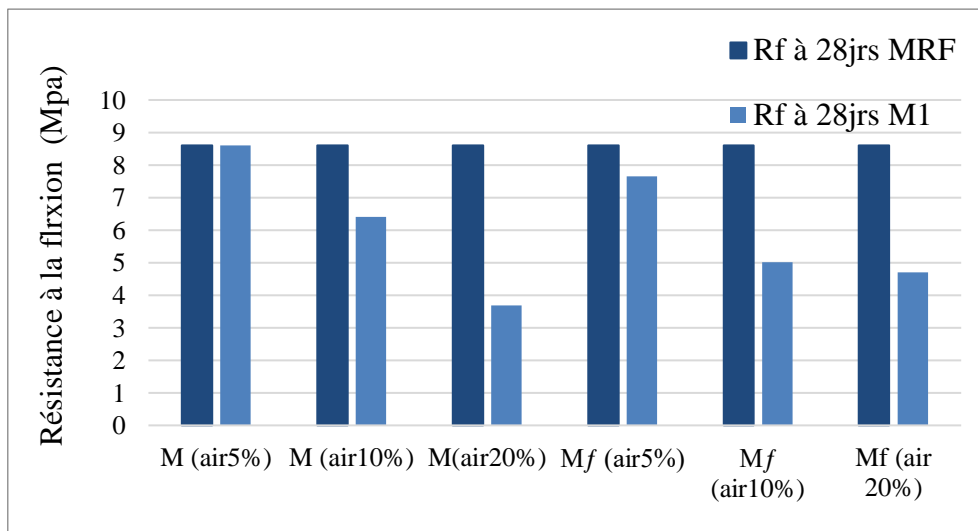


Figure 3. 12 : Comparaison de la résistance à la flexion du M1 à 28 jours par rapport au mortier de référence

Les résultats des essais ont montré que plus le pourcentage d'air est élevé, plus la résistance du mortier est faible.

L'ajout de fibres de polypropylène dans le mélange contenant un pourcentage élevé d'air (air = 20%) a clairement amélioré la résistance du mortier. Nous avons observé qu'avant l'ajout des fibres, la résistance était de 14,06 MPa, mais après leur incorporation, elle est passée à 19,45 MPa.

Cela démontre l'effet bénéfique des fibres de polypropylène sur la résistance du mortier dans ce cas spécifique. Les fibres ont agi comme des renforts structurels, renforçant la matrice du mortier et augmentant sa capacité à résister aux contraintes. Cette

amélioration de la résistance peut être attribuée à la capacité des fibres à répartir les charges appliquées de manière plus uniforme, à réduire les fissures et à augmenter la ténacité du matériau.

5.2.Mortier 2

Tableau 3.18: Résultat de résistance pour le mortier M2

Nomination		Résistance à 2jr		Résistance à 7jr		Résistance à 28jr	
		R_f (MPa)	R_c (MPa)	R_f (MPa)	R_c (MPa)	R_f (MPa)	R_c (MPa)
M2	M2 (air5%)	3.66	15.58	4.49	23.63	5.76	32.94
	M2 (air10%)	3.21	14.14	4.05	19.58	5.17	23.89
	M2 (air20%)	2.93	12.65	4.81	22.87	6.22	27.68
	M2f (air5%)	3.29	13.68	4.5	22.46	6.38	31.94
	M2f (air10%)	2.38	11.22	3.8	15.7	5.17	23.25
	M2f (air20%)	2.31	7.75	3.49	14.22	4.49	19.85

Tableau 3.19: Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M2

	Résistance a la flexion à 28jr (MPa)	R_f relative par rapport au mortier de référence (%)	Résistance a la compression à 28jr (MPa)	R_c relative par rapport au mortier de référence (%)
M2 (air5%)	5.76	66.89	32.94	78.91
M2 (air10%)	5.17	60.04	23.89	57.23
M2 (air20%)	6.22	72.24	27.68	66.31
M2f (air5%)	6.38	74.09	31.94	76.52
M2f (air10%)	5.17	60.04	23.25	55.7
M2f (air20%)	4.49	52.14	19.85	47.55

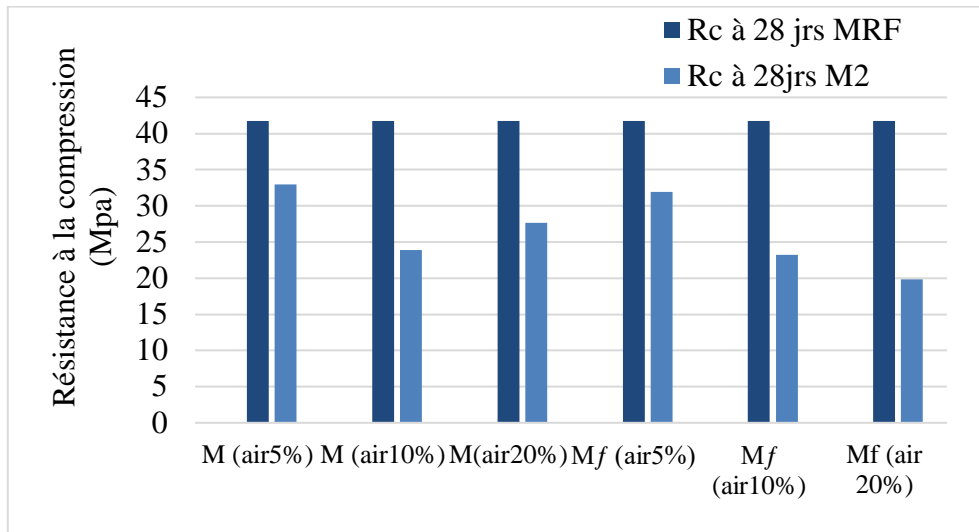


Figure 3. 13 : Comparaison de la résistance à la compression du M2 à 28 jours par rapport au mortier de référence

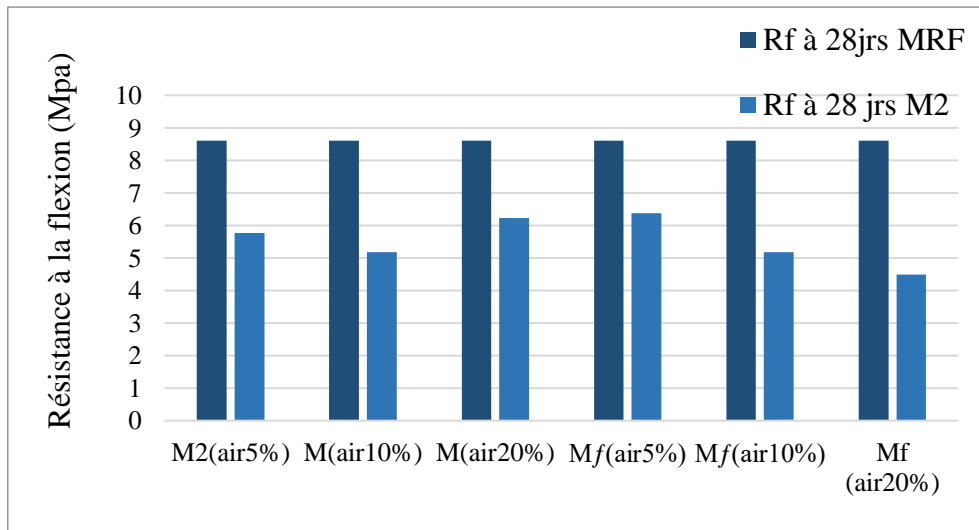


Figure 3. 14 : Comparaison de la résistance à la flexion du M2 à 28 jours par rapport au mortier de référence

Dans ce mélange contenant un pourcentage de sable léger, nous avons observé une diminution de la résistance. Ainsi, plus le pourcentage de sable léger est élevé, plus la résistance est faible. De même, plus le pourcentage d'air est élevé, plus la résistance est faible. Les vides créés par l'air occlus peuvent réduire la résistance à la compression du mortier.

5.3. Mortier 3

Tableau 3.20: Résultat de résistance pour le mortier M3

Nomination		Resistance a 7jr		Resistance a 28jr	
		R_f (MPa)	R_C (MPa)	R_f (MPa)	R_C (MPa)
M3	M3 (air5%)	3.18	13.32	4.31	16.53
	M3 (air5%)	3.15	12.75	4.23	18.77
	M3 (air10%)	3.17	11.18	4.4	21.39
	M3 (air20%)	2.33	10.7	4.3	22.34
	M3f (air5%)	3.08	12.72	5.79	27.63
	M3f (air10%)	2.27	10.17	4.99	24.52

Tableau 3.21 : Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M3

	Resistance a la flexion à 28jr (MPa)	R_f relative par rapport au mortier de référence (%)	Resistance a la compression à 28jr (MPa)	R_C relative par rapport au mortier de référence (%)
M3' (air5%)	4.31	50.05	16.53	39.6
M3 (air5%)	4.23	49.12	18.77	44.96
M3 (air10%)	4.4	51.1	21.39	51.24
M3 (air20%)	4.3	49.94	22.34	53.52
M3f (air5%)	5.79	67.24	27.63	66.19
M3f (air10%)	4.99	57.95	24.52	58.74

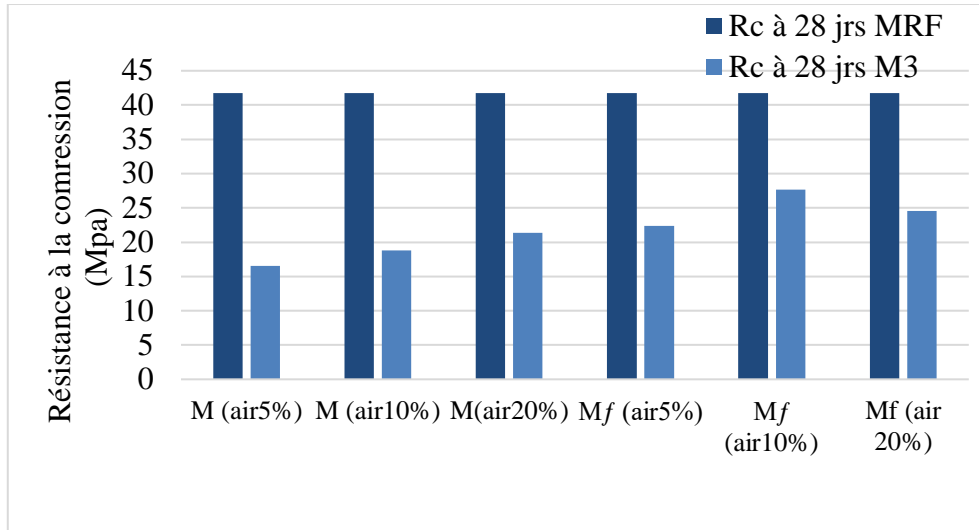


Figure 3. 15 : Comparaison de la résistance à la compression du M3 à 28 jours par rapport au mortier de référence

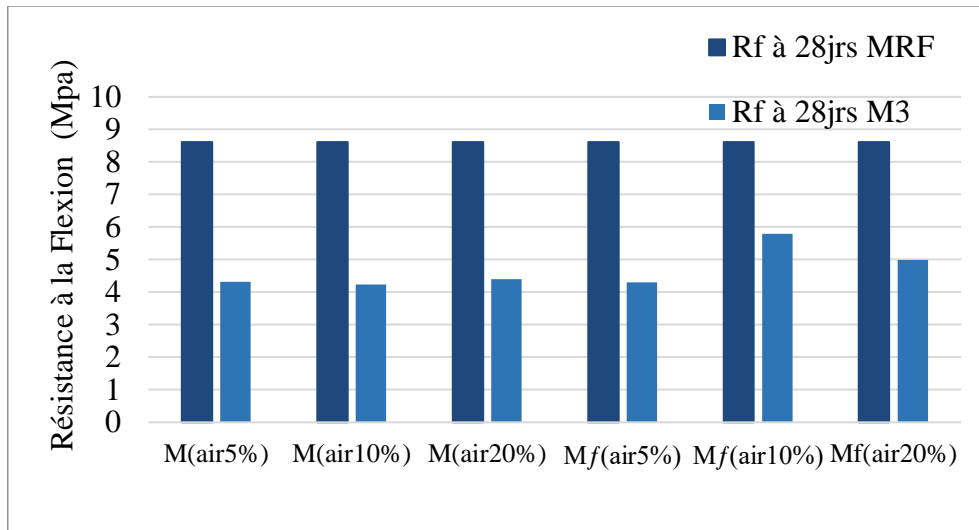


Figure 3. 16 : Comparaison de la résistance à la flexion du M3 à 28 jours par rapport au mortier de référence

Dans cette formulation de mortier contenant 100 % de sable et gravier léger, nous avons observé qu'elle présente la résistance la plus faible parmi tous les mélanges.

Les formulations de mortier contenant des fibres ont démontré une résistance supérieure à celles sans fibres. Cette observation indique clairement l'effet positif des fibres sur la résistance du mortier léger.

5.4.Mortier 4

Tableau 3. 22 : Résultat de résistance pour le mortier M4

Nomination		Resistance a 2jr		Resistance a 7jr		Resistance a 28jr	
		R_f (MPa)	R_c (MPa)	R_f (MPa)	R_c (MPa)	R_f (MPa)	R_c (MPa)
M4	M4 (air5%)	2.34	11.89	3.82	17.5	4.1	24.51
	M4 (air10%)	2.4	15.08	4.28	23.76	6.26	32.48
	M4 (air20%)	3.66	19.62	5.65	32.06	6.17	36.19
	M4+pg (air10%)	1.75	3.86	2.07	7.36	3.13	11.99
	M4+pg (air20%)	1.99	7.40	2.78	10.45	3.6	13.82

Tableau 3. 23: Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M4

	Resistance a la flexion à 28jr (MPa)	R_f relative par rapport au mortier de référence (%)	Resistance a la compression à 28jr (MPa)	R_c relative par rapport au mortier de référence (%)
M4 (air5%)	4.1	47.61	24.51	58.72
M4 (air10%)	6.26	72.7	32.48	77.81
M4 (air20%)	6.17	71.66	36.19	86.7
M4+pg (air10%)	3.13	36.35	11.99	28.72
M4+pg (air20%)	3.6	41.81	13.82	33.10

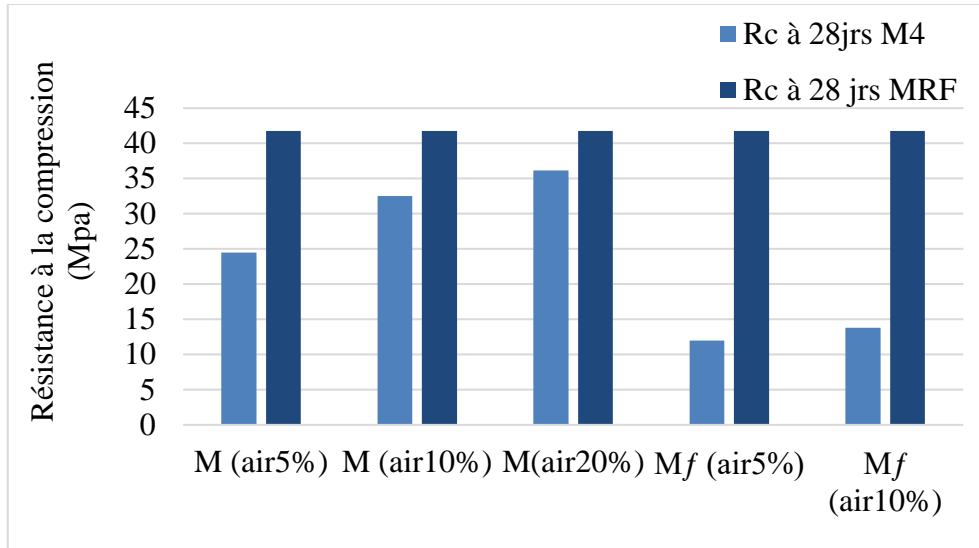


Figure 3. 24: Comparaison de la résistance à la compression du Mortier M4 à 28 jours par rapport au mortier de référence

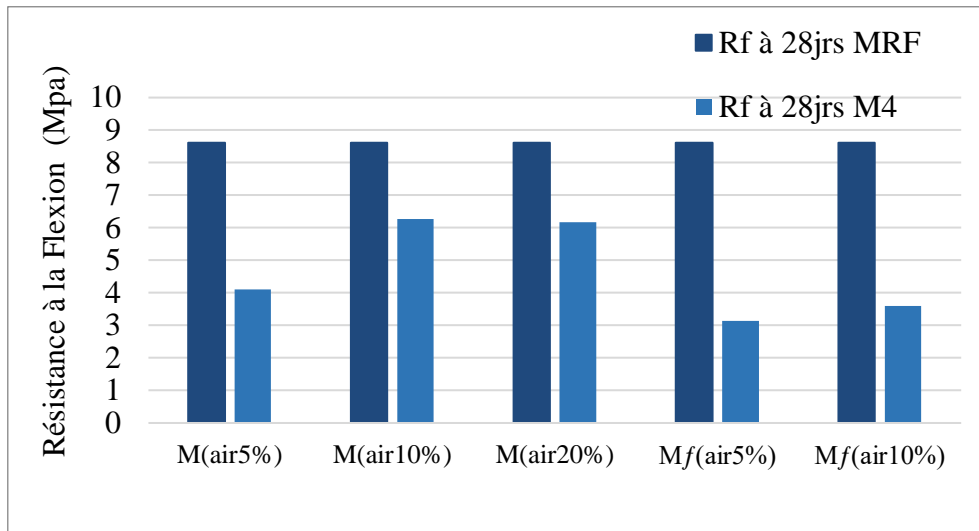


Figure 3. 18 : Comparaison de la résistance à la flexion du Mortier M4 à 28 jours par rapport au mortier de référence

Le mortier 4 contient 70 % de gravier et de sable léger et 30 % de sable naturel, ce qui signifie que la nature du mortier est dominée par la légèreté. Contrairement à d'autres mortiers, Nous avons observé que plus le débit d'air est élevé, plus la résistance du mortier est élevée.

La résistance de ce mortier est estimée à 86.7 % par rapport au mortier de référence

Dans les formulations M4 (air10%) et M4 (air20%), le rapport d'air n'était pas correct lors de la mesure avec le manomètre, donc de la teneur en air en poudre (pentagel) a été ajoutée à chacun d'eux M4+pg (air10%) et M4+pg (air20%) pour corriger le ratio d'air.

Cependant, cela a entraîné une forte diminution de la résistance, ce qui n'avait pas été observé auparavant. Malgré cela, la valeur de la résistance obtenue est considérée comme acceptable car le mortier doit être léger

5.5. Mortier 5

Le mortier 5 contient 81 % de sable naturel et 19 % de gravier léger.

Pour rendre le mortier prêt à gâcher, le superplastifiant a été remplacé par le pentaflow et l'entraîneur d'air par le pentagel.

Tableau 3.24: Résultat de résistance pour le mortier M5

Nomination		Resistance a 2jr		Resistance a 7jr		Resistance a 28jr	
		R_f (MPa)	R_C (MPa)	R_f (MPa)	R_C (MPa)	R_f (MPa)	R_C (MPa)
M5	M5+p (air5%)	3.36	15.54	4.98	26.38	5.33	32.8
	M5+p (air10%)	1.7	4.81	2.47	8.16	3.26	12.2
	M5+p (air20%)	1.42	4.21	2.72	9.42	3.75	14.13

Tableau 3.25: Résultats de Résistance Relatif par rapport au mortier de référence pour le Mortier M5

	Resistance a la flexion à 28jr (MPa)	R_f relative par rapport au mortier de référence (%)	Resistance a la compression à 28jr (MPa)	R_C relative par rapport au mortier de référence (%)
M5+p (air5%)	5.33	61.90	32.8	78.58
M5+p (air10%)	3.26	37.86	12.2	29.22
M5+p (air20%)	3.75	43.55	14.13	33.85

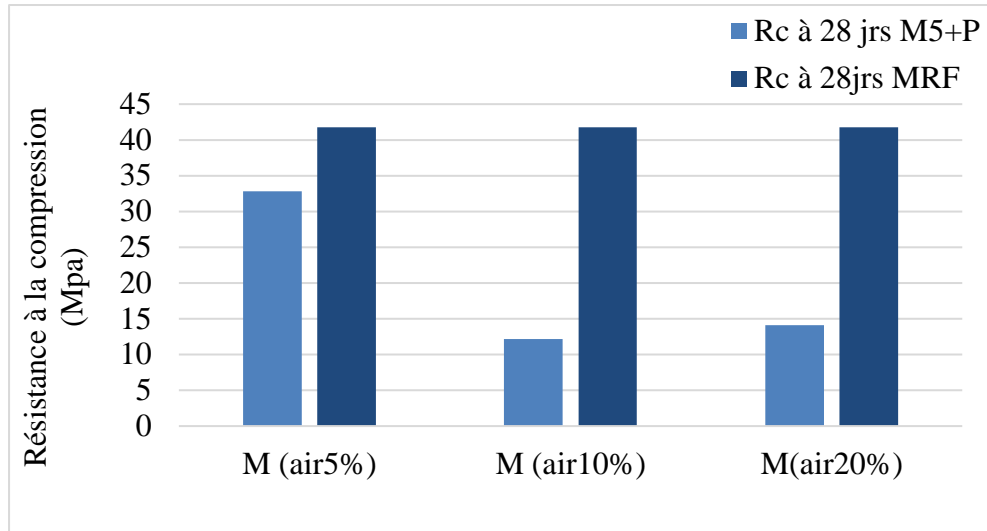


Figure 3. 19 : Comparaison de la résistance à la compression du Mortier M5 à 28 jours par rapport au mortier de référence

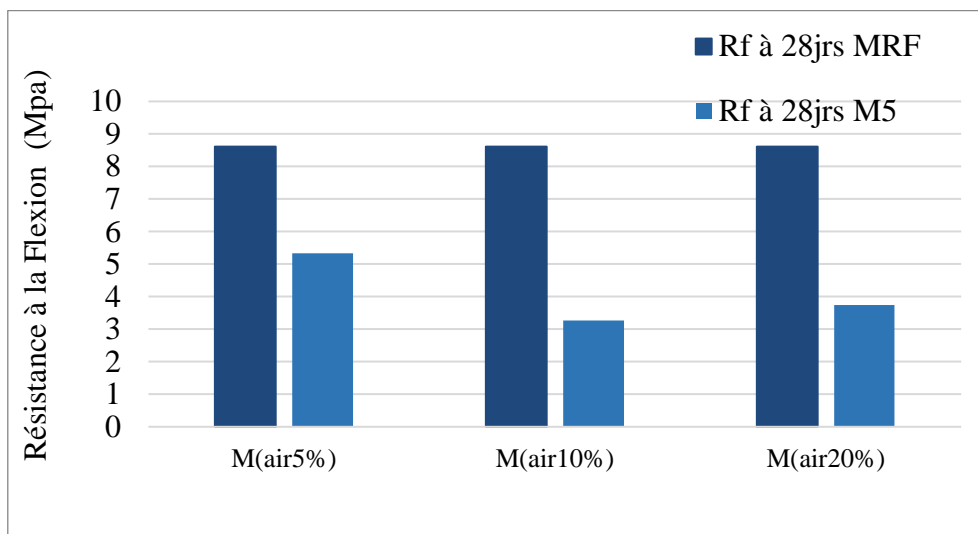


Figure 3. 20: Comparaison de la résistance à la flexion du Mortier M5 à 28 jours par rapport au mortier de référence

Les résultats obtenus ont montré des résistances relativement faibles par rapport aux formulations précédentes.

Cependant, des valeurs sont acceptables tant que le mortier est destiné à être utilisé pour une chape légère.

Selon la norme NF EN 13813[43], la résistance minimale d'une chape légère dépend de sa catégorie de résistance à la compression. Cette norme définit plusieurs catégories de

résistance à la compression pour les mortiers de chape, allant de CT-C5 à CT-C30. La catégorie de résistance minimale pour une chape légère est CT-C5, qui correspond à une résistance minimale à la compression de 5 MPa. Cependant, la résistance minimale peut varier en fonction du type de chape utilisé et de son utilisation spécifique.

Des résultats comparables ont été trouvés par d'autres chercheurs.

R . Maanser [7], ils ont trouver que l'augmentation du volume des granulats de liège expansé conduit à une diminution en plus de la résistance en compression du mortier chargé.

Arvialogan [44], a rapporté que les résistances à la compression étaient de 28,56 N/mm², 26,40 N/mm² et que la réduction de la résistance était de 17,36% et 23,69% pour le mortier qui contient 40% et 60% d'argile expansé.

Akçaozoglul et al. [45], ont rapporté que la résistance à la compression du mélange produit par des agrégats naturels était de 58,5 MPa et que la résistance à la compression du mélange produit par des agrégats léger était de 31,1 et 28,8 MPa.

Effectivement, si tous les mortiers que nous avons testés ont atteint la résistance requise, nous pouvons orienter notre choix en nous basant sur d'autres critères tels que la densité, la légèreté et la conductivité thermique.

6. Le Retrait totale :

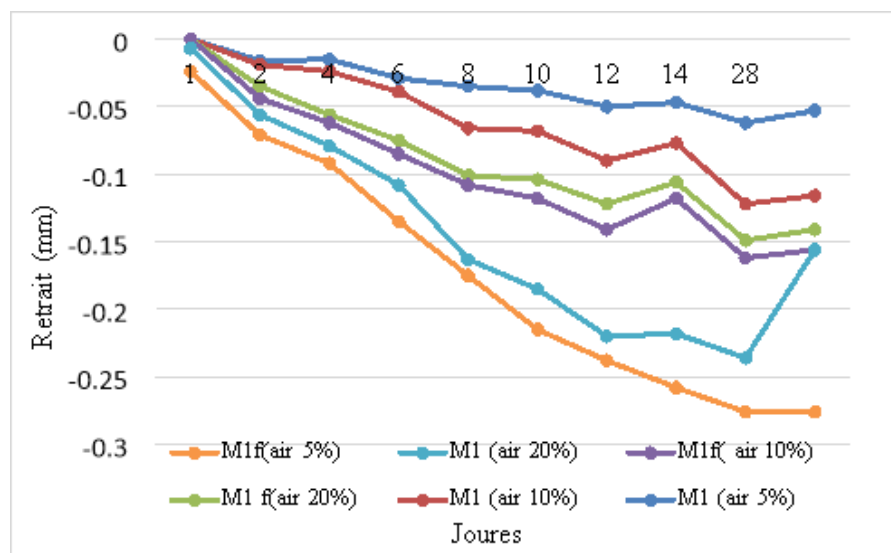


Figure 3. 21 : Résultat de retrait pour le Mortier M1

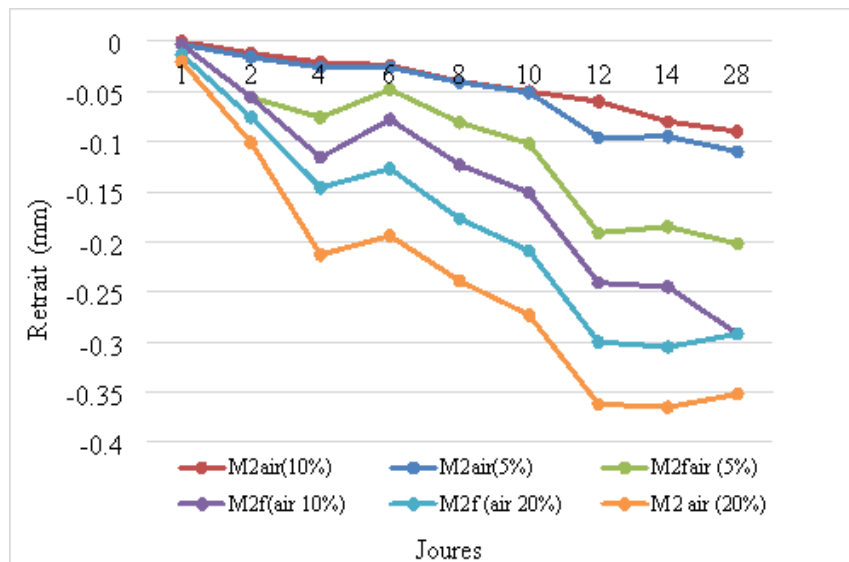


Figure 3.22 : Résultats de retrait pour le Mortier M2

Les résultats du retrait du mortier du notre chape sont illustrés dans la Figure 3(21 et 22) On constate que le mortier léger présente un retrait plus important par rapport au mortier utilisant un agrégat normal.

En conséquence, le retrait plus élevé du mortier léger s'explique par sa moindre résistance à la déformation par rapport aux agrégats naturels, La présence de fibres dans notre mortier diminue le retrait en renforçant la structure, en absorbant l'eau et en restreignant les mouvements internes, ce qui réduit les déformations et les risques de fissuration.

7. Conductivité thermique :

Les caractéristiques les plus importantes que nous visons à obtenir à travers cette étude sont la conductivité thermique, l'isolation thermique et acoustique.

À travers les tableaux ci-dessous, nous présentons les résultats que nous avons obtenus :

7.1. Mortier 1

Tableau 3.26: Résultats de conductivité thermique pour le mortier M1

Formulation		Densité durci (g/cm ³)	Conductivité thermique (W/mK)
Mortier 1	M1 (air5%)	2.14	0.77
	M1 (air10%)	1.97	0.83
	M1 (air20%)	1.71	0.54
	M1f (air5%)	1.8	0.69
	M1f (air10%)	1.78	0.59
	M1f (air20%)	1.84	0.51

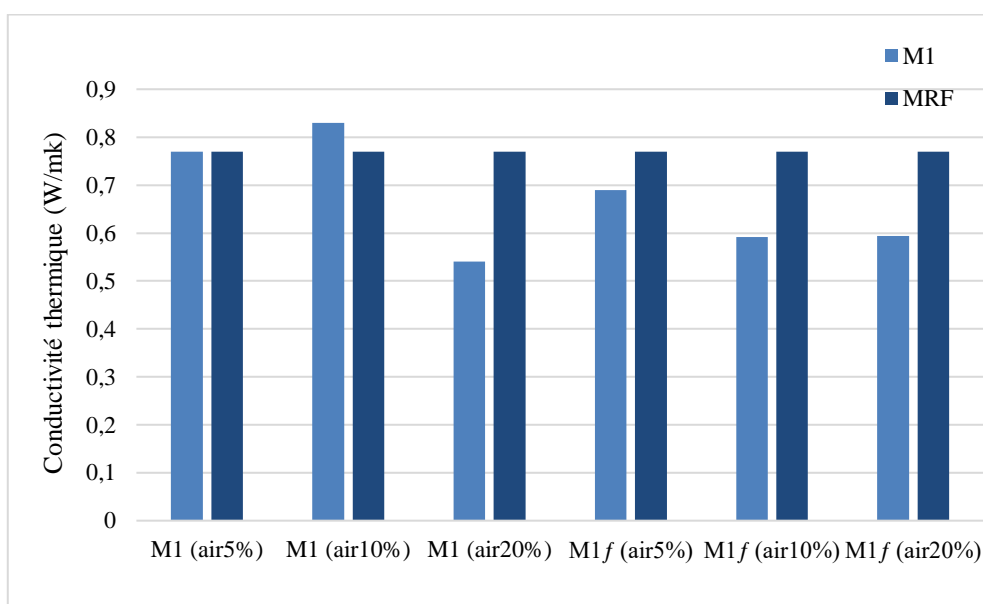


Figure 3. 6 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M1

7.2.Mortier 2

Tableau 3.27: Résultats de conductivité thermique pour le mortier M2

Formulation		Densité (g/cm ³)	Conductivité thermique (W/mK)
Mortier 2	M2 (air5%)	1.59	0.36
	M2 (air10%)	1.58	0.34
	M2 (air20%)	1.45	0.27
	M2f (air5%)	1.58	0.4
	M2f (air10%)	1.62	0.45
	M2f (air20%)	1.56	0.48

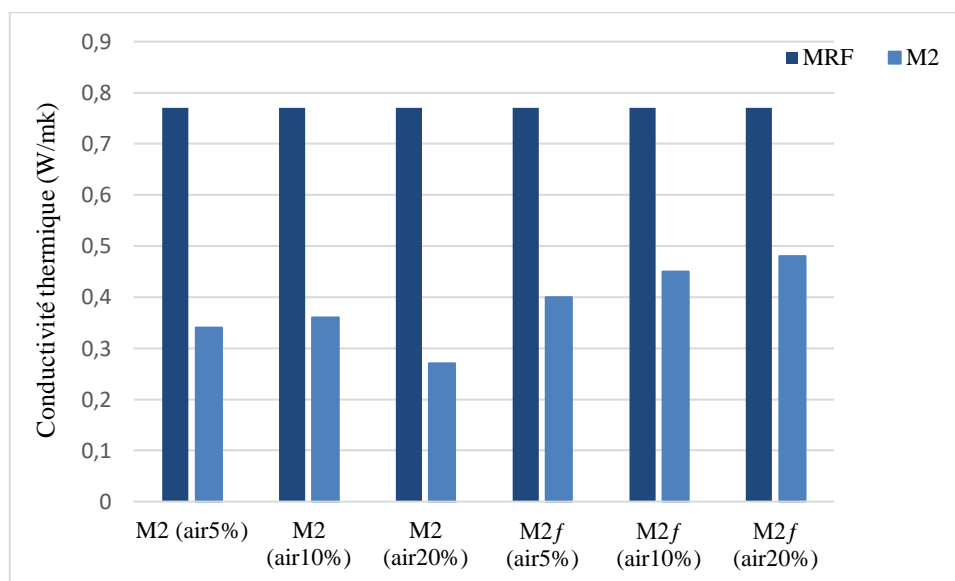


Figure 3. 7 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M2

7.3.Mortier 3

Tableau 3.28: Résultats de conductivité thermique pour le mortier M3

Formulation		Densité (g/cm ³)	Conductivité thermique (W/mK)
Mortier 3	M3' (air5%)	1.17	0.26
	M3 (air5%)	1.09	0.39
	M3 (air10%)	1.05	0.44
	M3 (air20%)	1.02	0.31
	M3f (air5%)	1.11	0.42
	M3f (air10%)	1.07	0.5

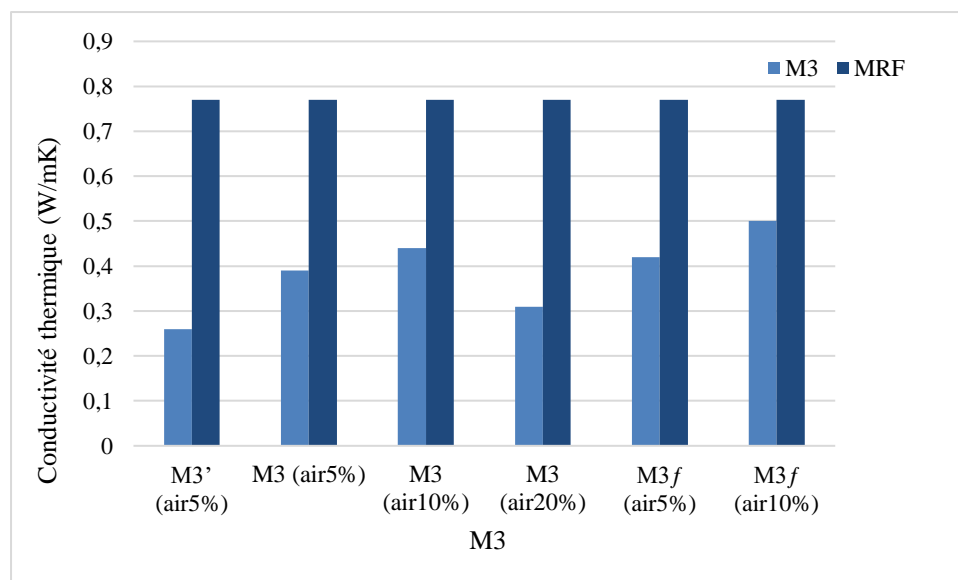


Figure 3. 8 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M3

7.4. Mortier 4

Tableau 3.29: Résultats de conductivité thermique pour le mortier M4

Formulation		Densité (g/cm³)	Conductivité thermique (W/mK)
Mortier 4	M4 (air5%)	1.51	0.32
	M4 (air10%)	1.49	0.6
	M4 (air20%)	1.48	0.68
	M4+pg (air10%)	1.45	0.1
	M4+pg (air20%)	1.44	0.2

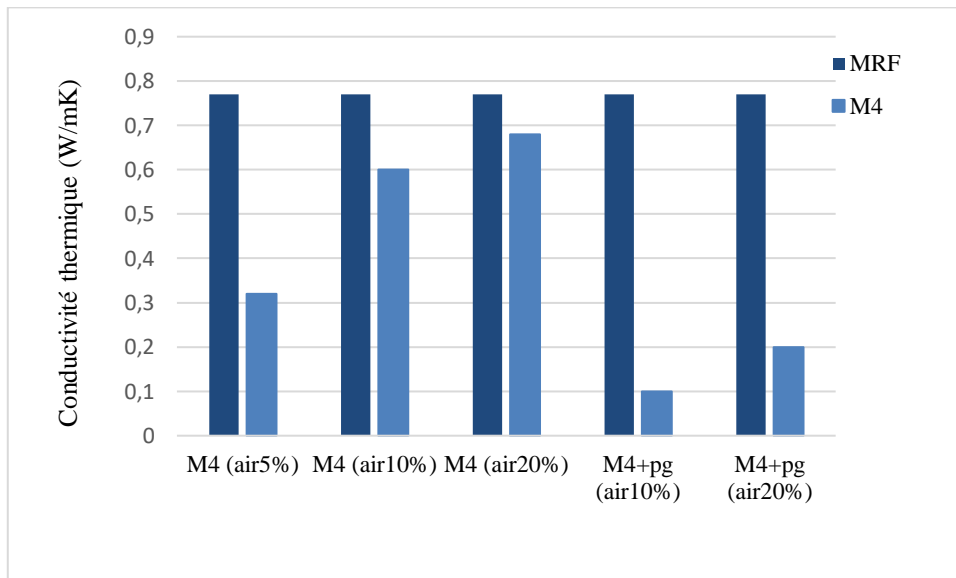


Figure 3. 9 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M4

7.5. Mortier 5

Tableau 3.30 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M5

Formulation		Densité (g/cm ³)	Conductivité thermique (W/mK)
Mortier 5	M5p (air5%)	1.62	0.45
	M5p (air10%)	1.607	0.605
	M5p (air20%)	1.609	0.73

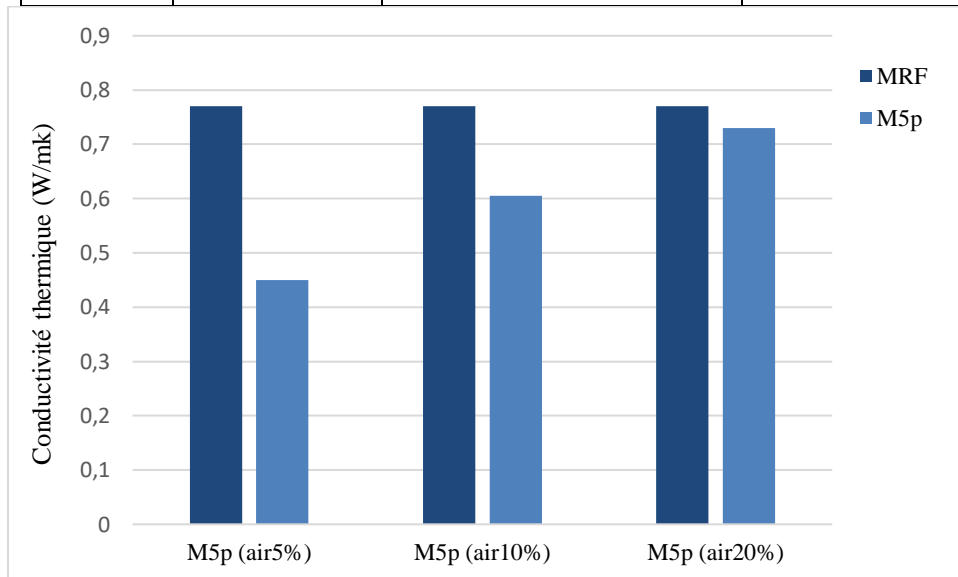


Figure 3. 10 : Résultats de conductivité thermique pour le mortier M5

Nous constatons une relation claire entre le taux d'argile expansé et le rapport d'air, la densité et la conductivité thermique.

En effet, lorsque le pourcentage de granulats léger et d'air augmente, la densité diminue, ce qui entraîne une diminution de la conductivité thermique. Cette relation s'explique par le fait que l'air est un mauvais conducteur de chaleur, et donc une augmentation de sa proportion dans le mélange conduit à une diminution de la conductivité thermique globale.

De plus, cette diminution de la conductivité thermique entraîne une amélioration de l'isolation thermique. L'isolation thermique est une mesure de la capacité d'un matériau

à résister au transfert de chaleur, et une conductivité thermique plus faible indique une meilleure capacité d'isolation thermique.

De Chetouani et al [46], ils ont trouvé que plus ils augmentent le pourcentage d'argile expansé plus la conductivité diminue, 0.84, 0.71, 0.62, 0.44(W/mK) pour 0, 25, 50, 75%

Nous sommes satisfaits de constater que nos résultats confirment nos attentes initiales. En effet, en visant une diminution de la densité et de la conductivité thermique, nous obtenons une meilleure isolation thermique, ce qui correspond à nos objectifs.

En conclusion, nous avons réussi à démontrer une relation entre le rapport d'air, la densité, la conductivité thermique et l'isolation thermique. Ces résultats confirment l'importance de l'ajustement du pourcentage d'air dans les mélanges pour obtenir les propriétés d'isolation thermique souhaitées.

Les fibres de polypropylène ont un impact mineur sur la conductivité thermique des matériaux. Elles peuvent réduire la conductivité thermique par conduction à travers le matériau, mais elles peuvent également interférer avec la convection thermique dans le matériau en perturbant le flux d'air ou de fluide à travers les pores ou les canaux. Cela peut entraîner une augmentation de la conductivité thermique par convection, bien que cet effet soit généralement mineur. En résumé, les fibres de polypropylène n'ont pas d'impact significatif sur la conductivité thermique des matériaux. Leur rôle principal est d'améliorer les propriétés mécaniques des matériaux de construction, en particulier leur résistance à la traction et à la fissuration

Et maintenant, après avoir examiné tous les résultats de nos expériences précédentes, nous avons sélectionné le meilleur mortier de chaque tableau en fonction de sa densité, de sa légèreté, de sa résistance et de sa conductivité thermique, qui se présentent comme suit :

Tableau 3.31: Résultat des meilleures formulations

Nomination	Densité (g/cm ³)	Resistance a 28 jr		Conductivité thermique (W/mK)
		R_f (MPa)	R_c (MPa)	
M1 (air5%) témoin	2.14	8.61	41.74	0.77
M1 (air20%)	1.68	3.68	14.06	0.54
M2 (air20%)	1.45	6.22	27.68	0.27
M3 (air20%)	1.02	4.3	22.34	0.31
M4+pg (air10%)	1.45	3.13	11.99	0.1
M5p (air5%)	1.62	5.33	32.8	0.45

8. Etude Economique

L'étude économique est une étape importante de l'étude sur les mortiers de chape légère. Elle consiste à examiner la différence de coût entre le mortier de référence et le meilleur mortier pour chaque formulation. Cette étude permettra de déterminer si cette méthode peut être appliquée sur le terrain

Tableau 3.32: Etude Economique pour les meilleurs mortiers

Nomination	Compositions	Le Cout (DA)	La somme (DA)
	pour 1m3 (kg)		
M1 (air5%) témoin	C=410 S (0/1) = 276.54 S (0/4)= 1106.16 Sp = 4.4	2665 304.194 1216.776 880	5065.97
M1 (air20%)	C = 380 S (0/1) = 252.26 S (0/4) = 1024.12 Sp = 3.85 Ea =5.7	2470 277.486 1126.53 770 2280	6924.01
M2 (air20%)	C = 470 S (0/1) =369.68 S (0/3) =393.92 Sp =3.45 Ea =5.7	3055 406.648 2401.95 690 2280	8833.59
M3 (air20%)	C= 360 S (0/3) =521.96 Gr (3/8)=86.44 Sp =4.2 Ea =4.2	2340 3182.68 310.93 840 1680	8353.61
M4+pg (air10%)	C=450 S (0/1)=195.66 S (0/3)=341.68 Gr (3/8)=122.66 Sp =5.3 Ea = 3.6 Pg =1.6	2925 215.226 2083.41 441.22 1060 1440 1280	9444.85
M5p (air5%)	C =400 S (0/1)=239.7 S (0/4)=402.48 Gr (3/8)=150.26 Pf =0.8	2600 263.67 442.724 540.50 680	4526.89

Cette étude sur les mortiers de chape légère manque encore d'informations sur le coût du travail et du profit. Cependant, nous pouvons examiner la différence de coût entre les différents mortiers et nous faire une idée

Tableau 3.33: Résultats de densité, résistance, conductivité et le cout pour les meilleurs mortiers

Nomination	Densité (g/cm³)	Resistance a 28 jr		Conductivité thermique (W/mK)	Le cout (DA)
		R_f (MPa)	R_c (MPa)		
M1 (air5%) témoin	2.14	8.61	41.74	0.77	5065.97
M1 (air20%)	1.68	3.68	14.06	0.54	6924.01
M2 (air20%)	1.45	6.22	27.68	0.27	8833.59
M3 (air20%)	1.02	4.3	22.34	0.31	8353.61
M4+pg (air10%)	1.45	3.13	11.99	0.1	9444.85
M5p (air5%)	1.62	5.33	32.8	0.45	4526.89

On constate généralement que plus la conductivité d'un matériau est élevée, plus son coût est élevé.

Tableau 3.34 : l'épaisseur et l'observation de chaque mortier

Nomination	Composition	L'épaisseur de la chape	Observation
M1(air5%) témoin	C'est le mortier de référence qui ne contient que des sables naturel	5 cm	Ce mortier obtient une résistance, une densité et une conductivité plus élevées, et est souvent moins coûteux.

M1 (air20%)	C'est le mortier de référence qui ne contient du sable naturel qu'en y ajoutant 20 % d'air	5 cm	La densité a diminué de 21,49 %, la résistance à la flexion de 57,25 %, la résistance à la compression de 66,29 % et la conductivité thermique de 29,87 %. En ce qui concerne le coût, il a augmenté de 36.68 % par rapport au mortier de référence
M2 (air20%)	Un mélange de sable naturel et de sable léger avec un rapport d'air de 20%	5 cm	La densité a diminué de 32,24 %, la résistance à la flexion de 27.75 %, la résistance à la compression de 33.68 % et la conductivité thermique de 64.93 %. En ce qui concerne le coût, il a augmenté de 74.38 % par rapport au mortier de référence
M3 (air20%)	Un mélange de sable léger et de gravier léger avec un rapport d'air de 20%	10 cm	La densité a diminué de 52,33 %, la résistance à la flexion de 50.05 %, la résistance à la compression de 46,47 % et la conductivité thermique de 59,74 %. En ce qui concerne le coût, il a augmenté de 64.9 % par rapport au mortier de référence
M4+pg (air10%)	Un mélange de sable naturel et de sable léger et de gravier léger avec un rapport d'air de 10%	10 cm	<p>La densité a diminué de 32,24 %, la résistance à la flexion de 63.64 %, la résistance à la compression de 71.27 % et la conductivité thermique de 87.01 %. En ce qui concerne le coût, il a augmenté de 86.44 % par rapport au mortier de référence</p> <p>- Lors de la formulation initiale, nous n'avons pas obtenu la teneur en air requise grâce au manomètre. Pour cette raison, nous avons ajouté un pentagel, ce qui a entraîné une conductivité thermique plus faible mais également une augmentation du coût du mortier. Nous avons donc envisagé de remplacer le sp par le pentaflow et de n'utiliser que du pentagel comme mortier prêt à l'emploi. Cette solution permettrait de réduire le coût à 6856.85 da, soit une</p>

			augmentation de 35.35% par rapport au mortier de référence, et non de 86,43% comme précédemment estimé
M5p (air5%)	Un mélange prêt a l'emploi de sable naturel et de et de gravier léger avec un rapport d'air de 5%	10 cm	La densité a diminué de 24.29 %, la résistance à la flexion de 38.09 %, la résistance à la compression de 21.41 % et la conductivité thermique de 41,55 %. En ce qui concerne le coût, il a diminué de 10.63 % par rapport au mortier de référence

✓ En terme des propriétés technique :

Le meilleur mélange c'est

- M2 (air20%) pour une chape de minimum épaisseur (5cm)
- M4+pg (air10%) pour une chape de maximum épaisseur (10cm)
- M3 (air20%) pour une chape de maximum épaisseur (10cm), la réalisation de cette chape n'est pas faisable à cause de la perte d'ouvrabilité (n'est pas maniable)

✓ En terme des propriétés économique :

Le meilleur mélange c'est

- M2 (air5%) pour une chape de minimum épaisseur (5cm)

Plus le pourcentage d'air est faible, plus le coût est faible

- M5p (air5%) pour une chape de maximum épaisseur (10cm)

chape léger, la densité est 1.62 g/cm³ la résistance a la compression est 32.8MPa, la conductivité thermique est 0.45 w/m.k et Et son coût est inférieur de 10.63% au mortier de référence

9. Conclusion

La chape traditionnelle est composée de sable, de ciment, d'eau et d'adjuvants. Cependant, cette méthode de construction présente des inconvénients pour l'environnement, notamment en raison de l'utilisation de matériaux lourds qui nécessitent une grande quantité d'énergie pour leur production et leur transport. De plus, la chape traditionnelle est souvent épaisse, ce qui peut réduire la hauteur sous plafond et augmenter le poids total de la structure.

La chape légère à base d'argile expansée étendue est une alternative plus écologique et plus légère. Elle est composée d'argile expansée, d'eau et de liants. Cette méthode de construction présente plusieurs avantages pour les bâtiments, notamment une meilleure isolation thermique et acoustique, une réduction de la charge sur la structure, une diminution de la hauteur sous plafond et une réduction des coûts de construction. De plus, la chape légère est plus facile à poser et à niveler, ce qui réduit le temps de travail et les coûts de main-d'œuvre.

Conclusion générale

- ✓ La densité d'un mortier de chape légère dépend du pourcentage d'air qu'il contient. Plus le pourcentage d'air est élevé, plus la densité est faible. Chacun des sables ou graviers légers atteint une densité plus faible en raison de la présence d'air
 - La densité fraîche et durci de la chape de référence 0% argile expansé : 2.2 et 2.14 g/cm³
 - La densité fraîche et durci de la chape léger varie de 1.48 à 1.8 g/cm³ et de 1.02 à 1.59 g/cm³
- ✓ La résistance d'un mortier de chape légère dépend du pourcentage d'air, de sable et de gravier léger qu'il contient. Plus ce pourcentage est élevé, plus la résistance est faible
 - La résistance a la compression et a la flexion de la chape de référence 0% argile expansé : 41.74 MPa et 8.61 MPa
 - La résistance a la compression et a la flexion de la chape léger varie de 11.99 à 32.94 MPa et de 3.13 à 6.38 MPa
- ✓ Les fibres ajoutées au mortier de chape légère ont un effet protecteur contre les fissures. Elles n'affectent pas beaucoup la densité et la conductivité thermique, mais elles protègent contre le retrait
- ✓ L'objectif principal de cette étude sur les mortiers de chape légère est d'améliorer l'isolation thermique et acoustique. Nous avons conclu que le sable et le gravier léger ont une faible conductivité thermique. Autrement dit, plus il y a de sable et de gravier léger, plus la conductivité thermique est élevée
- ✓ Le coût de la chape augmente directement avec l'augmentation du pourcentage de sable et de gravier léger et l'air
- ✓ Quantité de sable et gravier léger ↗ Pourcentage d'air ↗ Densité ↘ légèreté ↗ résistance ↘ conductivité thermique ↘ isolation ↗ coût ↗

Recommandations et perspectives

Pour les recherches à venir, nous recommandons de mettre l'accent sur les formules prêtes à être gâchées et d'étudier attentivement le phénomène de retrait pour différentes proportions d'argile. Il serait également intéressant d'évaluer l'effet des fibres dans ces formules. En ce qui concerne les chapes composées à 100% d'argile expansée, nous suggérons d'améliorer la consistance du mélange en optimisant la pâte de ciment, ce qui permettrait d'homogénéiser le mélange et d'améliorer les propriétés du matériau. De plus, afin de réaliser une étude économique plus complète, il serait pertinent d'inclure les coûts de la main-d'œuvre et de prendre en compte les bénéfices associés.

Les Références

- [1] L . Imbert , le mortier de ciment , 2018
- [2] Cédric Béal , la petite histoire du mortier , 2018
- [3]Ooreka Maison (<https://construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/602953/mortier.>)
- [4] PGV maison , Système D n°924,traveaux,maçonnerie et façades ,les constituants du béton et du mortier
- [5] M.SHINK , Compatibilité élastique, Comportement mécanique et optimisation Des bétons de granulats légers, Université Laval Québec, 2003
- [6]Siba Sylvain Beavogui , les mortiers ([https://www.academia.edu/33383678/LES_mortiers.](https://www.academia.edu/33383678/LES_mortiers) Travaux de bâtiment - Chapes et dalles à base de liants hydrauliques - Partie 1-1 : cahier des clauses techniques - Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux - Partie 2 : cahier des clauses administratives spéciales types - Référence commerciale des parties P1-1, P1-2 et P2 du DTU 26.2 d'avril 2008
- [7] R . Maanser , La valorisation du liege expansé dans la composition des mortiers , université Mohamed Khidher Biskra , 2019
- [8]Rodríguez A, Gutiérrez-González S, Horgnies M, Calderón V (2013) Design et propriétés des mortiers de plâtre fabriqués avec des scories de four poche. Mater des 52:987-994. doi:10.1016/j.matdes.2013.06.041
- [9] Junco C, Gadea J, Rodríguez A, Gutiérrez-González S, Calderón V (2012) Durabilité des mortiers de maçonnerie légers fabriqués avec de la mousse de polyuréthane blanche recyclée. Cem Concr Compos 34:1174-1179. doi:10.1016/j.cemconcomp.2012.07.006
- [10] Déco.fr , travaux , isolation , Qu'est-ce que l'argile expansé , 2012
- [11]<https://www.laterlite.fr/qui-sommes-nous/granulats-legers-argile-expandee/proprietes/>
- [12] <https://isolation-thermique.org/choisir-isolant-thermique/argile-expandee/>

[13] La norme NA 442, CIMENT COMPOSITION, SPÉCIFICATIONS ET CRITÈRES DE CONFORMITÉ DES CIMENTS COURANTS (2005)

[14] La norme NF P15-435, Méthodes d'essais des ciments - Détermination de la masse volumique. (octobre 2021)

[15] La norme NA 231, Méthodes d'essais des ciments - Détermination de la finesse (2006)

[16] La norme NF EN 196-3, Méthodes d'essai des ciments - Partie 3 : détermination du temps de prise et de la stabilité (septembre 2017)

[17] La norme NA 230, Ciments : détermination du temps de prise (1999)

[18] La norme NF EN 196-9, Méthodes d'essai des ciments - Partie 9 : chaleur d'hydratation - Méthode semi-adiabatique (décembre 2010)

[19] Lafarge. MATINE : ciment portland au calcaire [fiche technique].Algérie : lafargrholcim

[20] La norme NF EN 933-1, Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats, partie 1 : détermination de la granularité- analyse granulométrique par tamisage décembre(1997).

[21] La norme NF EN 1097-6, 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 (juin 2021).

[22] La norme NF P 18-555, Granulats. Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables,(avril 1980)

[23] La norme NA 1948, Essais pour déterminer, essais pour déterminer les caractéristiques géométriques de granulats, Qualification des fines, Essai au bleu de méthylène,Ed2(2006).

[24] La norme P 18-598, Granulats, Equivalent de sable,(octobre1991).

[25] La norme NA 5125, Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats, détermination de la forme des granulats-coefficient d'aplatissement (2009)

[26] La norme NF EN 1744-3, Essais pour déterminer les propriétés chimiques des granulats - Partie 3 : préparation d'éluats par lixiviation des granulats (novembre 2002)

- [27] MASTER BUILDERS SOLUTIONS MAROC (2021). MasterGlenium 26 : Superplastifiant / Haut Réducteur d'eau pour béton à faible E/C, hautes performances et très long maintien d'ouvrabilité [fiche technique]. Casablanca, Maroc: Mbcc group.
- [28] Pentachem (2015). Pentamix Aer 905: Concentrated air entraining agent for geotechnics and cellular cement [fiche technique].Italy: Pentachem
- [29] Pentachem (2022). Pentaflow pc 11 f: Polycarboxylate superplasticizer in powder form for premixed mortars [fiche technique].Italy: Pentachem
- [30] Pentachem (2022). Pentagel S2/M: Additive for mortars and plasters [fiche technique].Italy: Pentachem
- [31] Teknachem .FIBERTEK PP 6 mm : Microfibre en monofilament de polypropylène vierge verser mortiers et bétons [fiche technique].Algérie : Teknachem
- [32] M. K. GUELLIL, F. GHOMARI, S. M. B. HACENE et O. TALEB, «Etude et analyse de la formulation des bétons auto-plaçants par la méthode de la pate en exés, » Nature et technologie, 2013.
- [33] La norme NF EN 1015-6, Méthodes d'essai des mortiers pour maçonnerie - Partie 6 : Détermination de la masse volumique apparente du mortier frais (octobre 1999)
- [34] La norme NF EN 1015-7, Méthodes d'essai des mortiers pour maçonnerie - Partie 7 : détermination de la teneur en air du mortier frais (octobre 1999)**
- [35] La norme NF EN 196-1, Méthodes d'essais des ciments - Partie 1 : détermination des résistances (septembre 2016)**
- [36] CHAPES FLUIDES Document technique 99046-01 rev 01 – page 21/31
- [37] La norme NF P 15-433, Méthodes d'essais des ciments - Détermination du retrait et du gonflement (février 1994)**
- [38] La norme NF EN 993-15, Méthodes d'essai pour produits réfractaires façonnés denses - Partie 15 : détermination de la conductivité thermique par la méthode du fil chaud (parallèle). (octobre 2005)**
- [39] W.Dietz, thèse de docteur –Ingénieur Université Paris 6 (1976)
- [40] La norme NF ISO 16957, Détermination de la conductivité thermique apparente des matériaux de construction poreux et mouillés par une méthode périodique (décembre 2018)

- [41] **La norme ISO 8894-2 :2007, Matériaux réfractaires - Détermination de la conductivité thermique - Partie 2 : méthode du fil chaud (parallèle). (décembre 2007)**
- [42] **H. Bensaci, “Performance Des Bétons Autoplaçants À Base Des Déchets Des Pneus En Caoutchouc Et Ajouts Minéraux ” 2019**
- [43] **la norme NF EN 13813, Matériaux de chape et chapes - Matériaux de chapes - Propriétés et exigences. (juin 2003)**
- [44] S. Arvivalagan, “Experimental analysis on light weight,” *Exp. Anal. Light Weight Concr.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [45] S. Akçaözoğlu, “The effect of elevated temperature on the lightweight concrete containing waste PET aggregate” 2017.
- [46] S Cheouani, I Meghnoudji, *Mémoire de master : Performance of mortar based on lightweight expanded clay aggregates* , Université Saad dahleb BLIDA (2022)

Les Annexes

- **Annexe 01**

Analyse chimique XRF

- a. Détermination de la perte au feu :

Appareillage :

- Balance de précision de 0.1mg.
- Verre de montre.
- Dessiccateur.
- Four à moufle $975^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$.
- Granulats d'argile expansée séchée à 105°C (Argile avant cuisson et argile expansée).
- Creuset.
- Broyeur.

Mode opératoire :

- Broyer les échantillons, une partie pour déterminer PAF et l'autre pour l'analyse chimique XRF.
- Peser le creuset à utiliser soit m1.
- Ajouté 1 ± 0.05 g d'argile expansée.
- Peser le creuset et son contenu soit m2.
- Porter le creuset avec le couvercle et le contenu dans un four à moufle à $975^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ pendant 5 minutes.
- Retirer le couvercle et le laisser le creuset encore 15 min dans le four.
- Après écoulement des 20min ; sortir le creuset du four.
- Mettre le creuset dans un dessiccateur jusqu'à stabilisation a la température ambiante.
- Peser m3.



Figure 4.1 : Détermination de la perte au feu.

b. Analyse chimique XRF :

Appareillage :

- Creuset en platine (perleuse).
- Moniteur de fusion (Fluxana).
- Spectromètre XRF.
- Logiciel d'analyse.

Mode opératoire :

- Broyez soigneusement l'argile expansée pour obtenir des particules fines.
- Mélanger de l'échantillon de l'argile expansée avec un liant approprié qui permet de lier les particules fines d'argile expansée ensemble, formant ainsi une perle solide et cohésive. Cela facilite la manipulation de l'échantillon et évite la dispersion des particules pendant l'analyse.

- Placez le mélange d'échantillon et de liant dans un creuset approprié en platine.
- Appliquez une pression sur le mélange à l'aide d'une presse hydraulique pour former des perles solides. La pression doit être suffisamment élevée pour assurer une cohésion adéquate du mélange.
- Calcination des perles formées à une température appropriée pour favoriser la fusion et la solidification du liant. 1050C pendant 1h.
- Laissez les perles refroidir et durcir à température ambiante.
- Le temps et les conditions du refroidissement doivent être constants ; risque de cristallisation (CaO si plus de 50%).
- Une fois les perles d'argile expansée préparées, elles peuvent être utilisées pour l'analyse chimique par XRF. Les perles sont placées dans l'appareil XRF, excitées par un faisceau d'électrons et les rayons X émis sont détectés et analysés pour déterminer la composition chimique des granulats.
- Les résultats apparaissent sous forme de tableau.



Figure 4. 2 : Essai XRF pour l'argile expansée.

- Annexe 02

Problème de cisaillement

Dans la formulation des mortiers contenant 100% de sable et de gravillons légers, nous avons noté ce qui suit



Figure 4.3 : problème d'écoulement (manque de pâte)

C'est ce qu'on appelle le cisaillement, c'est-à-dire le manque de pâte



Figure 4.4 : ségrégation apparente après démoulage

• Annexe 03

Fiche technique du ciment



**ماتين
MATINE**

50kg

ALGÉRIE



APPLICATIONS RECOMMANDÉES ✓

- Construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments
- Préfabrication légère
- Béton de haute performance





Ciment portland au Calcaire
NA442 CEM II/B-L 42,5 N

Matine Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné à la construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments

Matine
NA442 CEM II/B-L 42,5 N

Matine est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 - 2013) et Européenne (EN 197-1)

FORMULATION CONSEILLÉE 💡

	Ciment	Sable	Gravillons (sec)	Eau
	(sec)	(sec)	(sec)	(lres)
Dosage pour béton C25/30	X 1	+	+	+
	50kg	100kg	100kg	25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

AVANTAGES PRODUIT 😊

- Une résistance initiale élevée pour vos ouvrages nécessitant un décoffrage rapide
- Favorise la maniabilité du béton et le maintien de sa rhéologie
- Une Classe Vraie qui offre une haute performance au béton.
- Meilleure durabilité du béton.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES 🔍

• Analyses chimiques		• Temps de prise à 20° (NA 230)	
	Valeur		Valeur
Perte au feu (%) (NA2042)	10,0±2	Début de prise (min)	150±30
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2,5±0,5	Fin de prise (min)	230±50
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1,7±0,5		
Teneur en Chlorure (NA5042) (%)	0,02-0,05		

• Composition minéralogique du Clinker (Bogue)		• Résistance à la compression	
	Valeur		Valeur
C3S (%)	60±3	2 jours (MPa)	≥ 10,0
C2S (%)	7,5±1	28 jours (MPa)	≥ 42,5

• Propriétés physiques		Valeur
Consistance Normale (%)		26,5±2,0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)		3.700 - 5.200
Retrait à 28 jours (µmm)		< 1.000
Expansion (mm)		< 3,0

CONSIGNES DE SÉCURITÉ ⚠️

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

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



Conditionnement: Sac et vrac

LAFARGE ALGÉRIE

Bureau n°02, Téléma étage, Tour Geneva,
les Pins maritimes, Mohammadia, Alger


tel + 213 (0) 21 98 54 54
fax + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
ds.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
tel: 021 98 55 55



Figure 4. 5 : Fiche technique de ciment

- Annexe 04

Fiche technique du masterglenium 26



MasterGlenium 26

Superplastifiant / Haut Réducteur d'eau pour béton à faible E/C, hautes performances et très long maintien d'ouvrabilité.

Description

Le **MasterGlenium 26** est un adjuvant liquide non chloré d'une nouvelle génération chimique à base d'éther polycarboxylique modifié. Cet adjuvant a été développé pour l'utilisation dans l'industrie du béton où haute qualité, durabilité, performance et très longue ouvrabilité sont requises.

La nouvelle chimie de la gamme **MasterGlenium** :
Le **MasterGlenium** se différencie des superplastifiants traditionnels par son action nouvelle et originale qui améliore de façon très significative le pouvoir dispersant sur le ciment. Cette nouvelle structure chimique agit sur le grain de ciment par répulsion électrostatique et effet stérique, c'est à dire en créant un obstacle physique au rapprochement des particules de ciment. L'état dispersé est ainsi amélioré. De plus, cette réaction est la combinaison de deux actions successives. Dès l'incorporation du **MasterGlenium** dans le mélange cimentaire, une première partie active agit immédiatement et la seconde est présente mais inactive. L'hydratation du ciment, qui se déroule normalement, fait évoluer le pH du mélange vers la basicité, ce qui provoque la libération progressive des molécules complémentaires. Ces-ci travaillent de la même manière que les premières et prolongent donc l'état de dispersion évitant ainsi la floculation et donc le raidissement précoce du mélange.

Domaine d'application

Le **MasterGlenium 26** est particulièrement recommandé pour la fabrication de bétons à faible E/C, à très long maintien d'ouvrabilité et aux performances mécaniques élevées à jeune âge. Le **MasterGlenium 26** est donc adapté à l'industrie du

béton prêt à l'emploi et aux chantiers de Génie Civil
Il sera particulièrement recommandé pour les usages suivants :

- ✓ Béton à très long maintien d'ouvrabilité.
- ✓ Fondations profondes (parois moules, pieux...)
- ✓ Pompages longues distances.
- ✓ Bétons de bâtiment.
- ✓ BAP/BAN.
- ✓ Bétons de Génie-Civil (ouvrages d'art, tunnels).
- ✓ Bétons à faible E/C et long maintien d'ouvrabilité.

Propriétés

Le **MasterGlenium 26** se différencie des autres adjuvants à base d'éthers polycarboxyliques, par sa structure spécifique qui lui confère un fonctionnement particulier avec le ciment. La cinétique d'adsorption sur les grains de ciment est différente, permettant ainsi un meilleur déroulement des premières réactions d'hydratation (dissolution, formation d'ettringite, dispersion). Il est donc possible de défloculer fortement les grains de ciment, de maintenir cet état dispersé afin d'obtenir une maniabilité très plastique ou fluide pendant plus de 2 heures avec un faible rapport E/C et sans effet de retard de prise.


Compatibilité

Le **MasterGlenium 26** est compatible avec la majorité des ciments. Le **MasterGlenium 26** n'est pas compatible avec certains plastifiants et super plastifiants.
Consulter votre représentant local MBS Maroc pour toute synergie.

Normes

Le **MasterGlenium 26** est conforme aux normes :

Edition 2021 1 Abroni of MBCC GROUP



MasterGlenium 26

Superplastifiant / Haut Réducteur d'eau pour béton à faible E/C, hautes performances et très long maintien d'ouvrabilité.

- ASTM C-494 Type F&G
- BS EN 934-2
- NF EN 934-2+A1

Dosage

0,3 à 2,0 % du poids du ciment, soit 0,28 à 1,90 litres pour 100 kg de ciment.
Pour d'autres utilisations, consulter votre représentant local MBS Maroc.

Mode d'emploi

Le **MasterGlenium 26** est un adjuvant pour béton qui doit être incorporé isolément.
L'effet optimal est obtenu par incorporation du **MasterGlenium 26** dans le béton en différé, c'est-à-dire après l'addition de 70% de l'eau de gâchage dans le malaxeur. Toutefois, il est possible

d'incorporer le **MasterGlenium 26** dans l'eau de gâchage. Eviter de l'ajouter sur les granulats.

Durée de vie

Jusqu'à 12 mois si stocké selon les instructions reprises ci-dessus

Stockage

Stocker dans son emballage initial, hors de la lumière du soleil directe et protéger contre des extrémités de la température.
Ne pas se conformer aux conditions de stockages recommandés peut avoir comme conséquence la détérioration prématurée du produit ou de l'emballage.
Pour le conseil spécifique de stockage, consultez le service technique de MBS Maroc.

CARACTERISTIQUES	
Fonction principal	Superplastifiant / Haut Reducteur d'Eau
Aspect physique	Liquide brun foncé
Densité (g/cm ³) à 24°C	1,085 ± 0,01
pH	6 ± 1,5
Extrait sec (%)	31 ± 2
Teneur en chlorures (% Cl ⁻)	< 0,1
Teneur en Na ₂ O eq (%)	< 2
Conditionnement	<ul style="list-style-type: none"> ○ Jerricans 25L ○ Futs 200 L ○ IBC 1000L

Note :
Les informations données sont réelles, elles représentent notre savoir actuel et sont basées non seulement sur des essais en laboratoire mais également sur les expériences du terrain. Cependant, du fait de nombreux facteurs affectant les résultats, nous offrons ces informations sans garantie et aucune responsabilité ne pourra nous être imputée.
Pour plus d'informations ou de questions, contacter votre représentant local.


MASTER BUILDERS SOLUTIONS MAROC S.A.R.L.
7, Rue des Crochables, 20250, An Sebba - Casablanca, Maroc
Phone: +212 522 35 08 17
www.master-builders-solutions.maroc.ma

Edition 2021 2 Abroni of MBCC GROUP

Figure 4. 6 : Fiche technique du masterglenium 26

• Annexe 05

Fiche technique du pentamix AER 905



PENTAMIX AER 905

Concentrated air entraining agent for geotechnics and cellular cement

Technical Data Sheet November 2015

Pentamix AER 905 / 2 Technical data sheet November 2015

DESCRIPTION Pentamix AER 905 is a concentrated liquid foaming agent for use in geotechnics and for the preparation of cellular cements and cellular mixtures.

FEATURES Thanks to its peculiar composition, its specific density, and its easiness of solubilisation, Pentamix AER 905 allows obtaining very homogeneous mixtures, with no segregation for a long time after the mixing. Its high concentration in active matter and its fast solubilisation in water allow obtaining micro bubbles of air with high stability. Pentamix AER 905, with specific machines, is also suitable for the preparation of foams used to make cellular cements and mortars sprayable and self-levelling. Unlike other foaming agents of animal origin, all other conditions being equal, Pentamix AER 905 has no retarding effect on the setting times of the cement. This feature allows rapidly stabilising the structure of the cementitious foam, with a lower volumetric shrinkage. Moreover, the wetting capacity of Pentamix AER 905 improves the use of other eventual additives present in the formulation of the finished product.

USE Pentamix AER 905 is used as an air entraining agent for the preparation of screeds, cementitious light mortars and concretes, and conglomerates based on gypsum and anhydrite. The product is normally added to the mixing water before the binder and the other solid components. The creation of the foam depends on the composition of the mixtures and on the duration of the mixing too. When using the peculiar machines for the preparation of the cementitious foam, it is necessary to adjust the amount of Pentamix AER 905 and water by controlling the density of the foam.

DOSAGE **In mortars and concretes.**
The dosage of Pentamix AER 905 ranges between 0.02 and 0.1 % on the weight of the cement, depending on the desired results.
In foams of cellular cement.
Normally, 1 litre of Pentamix AER 905 produces 1 m³ of cellular cement, with a density of 450-500 kg/m³. However, it is suggested to perform preliminary tests, since the density of the foam strongly depends on the features of the utilised machine and on the kind and quality of the cement too.

STORAGE AND VALIDITY If it is stored in a dry place, far from cold and from the direct rays of the sun, and in the original containers kept perfectly closed, Pentamix AER 905 has a 12 months validity starting from the date on the delivery note. It is also suggested to close carefully the containers after each collection, and to avoid the mixing of the product with other additives and with non-drinkable water.

PRECAUTIONS Pentamix AER 905 is harmless for both the mucous membranes and the eyes. Normally, it does not affect the skin, and it can be removed from it with water and soap. Its inhalation can cause an irritation of the first part of the respiratory tract. This trouble disappears immediately once its handling stops. In case of accidental loss, it must be picked up with an absorbent material, absolutely avoiding the use of water, since it makes the surfaces slippery.


PACKAGING 25 kg plastic cans. 1000 kg IBC.

	Data	Method
TECHNICAL DATA State:	Liquid	Visual
Colour:	Straw-yellow	Visual
Density:	1.021 ± 0.004 kg/dm ³	IST. 10.06
Potential of hydrogen (pH):	7.00 ± 1.00	IST. 10.05
Water solubility:	Totally soluble	IST. 10.21

The specifications stated in this report have been got either through standardized tests and rules or their modifications following Pentachem systems. The methods applied can be requested to our technical service.

All the data stated in this technical sheet are based on our knowledge and experience. However, before using the item differently from indicated, it is advisable to carry out preventive tests. In any case, PENTACHEM does not assume any responsibility for any damage or defect caused by the use of our products, as the employment conditions are not under our control. We also inform that our technical service is at our customers' disposal for any information concerning the correct employment of our products.

Pentachem SpA Via Salaria, 2 - Zona Ind. Casilina-47122 S. Cesarea (RN) Italy Tel. 39.2347.88920 - Fax +39.0441.88987 - info@pentachem.it - pentachem@pentachem.it




COMPANY WITH
QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV GL
• ISO 9001 •

Figure 4. 7 : Fiche technique de pentamix

- Annexe 06


Fiche technique du pentaflow pc 11



PENTAFLOW PC 11 F
Polycarboxylate superplasticizer in powder form for premixed mortars
Technical Sheet August 2022

DESCRIPTION	Pentaflow PC 11 F is a hyperplasticizer in powder form based on state-of-the-art polycarboxylate polymers. It stands out for its quick solubilisation and its instant development of the flow.																																					
USE	Pentaflow PC 11 F is perfect for mixing by machine cement-based fluid mortars and low, medium, and high thickness self-levelling products.																																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 25%;">Data</th> <th style="width: 25%;">Method</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Composition:</td> <td>Polycarboxylate polymer</td> <td></td> </tr> <tr> <td>State:</td> <td>Powder</td> <td>Visual</td> </tr> <tr> <td>Colour:</td> <td>White - Beige</td> <td>Visual</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="vertical-align: top;">TECHNICAL DATA</td> <td>Density:</td> <td>0.700 ± 0.100 kg/dm³</td> <td>IST. 10.06</td> </tr> <tr> <td>Granulometry:</td> <td>Min. 70% < 0.300 mm</td> <td>IST. 10.09</td> </tr> <tr> <td>Humidity:</td> <td>Max. 4.0%</td> <td>IST. 10.04</td> </tr> <tr> <td>Water solubility:</td> <td>Totally soluble</td> <td>IST 10.34</td> </tr> <tr> <td>DOSAGE</td> <td colspan="2">In the premixed dry mortars, the dosage of Pentaflow PC 11 F is normally 0.05 – 0.30% on the total weight of the admixture depending on the desired flow. We suggest performing specific tests to match the dosage with their needs.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">STORAGE AND VALIDITY</td> <td colspan="2">If it is stored in a dry and cool place in its bags kept perfectly closed, Pentaflow PC 11 F has a validity of 12 months from the day on the delivery note. We suggest closing the bags after each collection.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">PRECAUTIONS</td> <td colspan="2">Before its use, please check the Information Data Sheet.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">PACKAGING</td> <td colspan="2">25 kg paper bag.</td> </tr> </tbody></table>		Data	Method	Composition:	Polycarboxylate polymer		State:	Powder	Visual	Colour:	White - Beige	Visual	TECHNICAL DATA	Density:	0.700 ± 0.100 kg/dm ³	IST. 10.06	Granulometry:	Min. 70% < 0.300 mm	IST. 10.09	Humidity:	Max. 4.0%	IST. 10.04	Water solubility:	Totally soluble	IST 10.34	DOSAGE	In the premixed dry mortars, the dosage of Pentaflow PC 11 F is normally 0.05 – 0.30% on the total weight of the admixture depending on the desired flow. We suggest performing specific tests to match the dosage with their needs.		STORAGE AND VALIDITY	If it is stored in a dry and cool place in its bags kept perfectly closed, Pentaflow PC 11 F has a validity of 12 months from the day on the delivery note. We suggest closing the bags after each collection.		PRECAUTIONS	Before its use, please check the Information Data Sheet.		PACKAGING	25 kg paper bag.	
	Data	Method																																				
Composition:	Polycarboxylate polymer																																					
State:	Powder	Visual																																				
Colour:	White - Beige	Visual																																				
TECHNICAL DATA	Density:	0.700 ± 0.100 kg/dm ³	IST. 10.06																																			
	Granulometry:	Min. 70% < 0.300 mm	IST. 10.09																																			
	Humidity:	Max. 4.0%	IST. 10.04																																			
	Water solubility:	Totally soluble	IST 10.34																																			
	DOSAGE	In the premixed dry mortars, the dosage of Pentaflow PC 11 F is normally 0.05 – 0.30% on the total weight of the admixture depending on the desired flow. We suggest performing specific tests to match the dosage with their needs.																																				
STORAGE AND VALIDITY	If it is stored in a dry and cool place in its bags kept perfectly closed, Pentaflow PC 11 F has a validity of 12 months from the day on the delivery note. We suggest closing the bags after each collection.																																					
PRECAUTIONS	Before its use, please check the Information Data Sheet.																																					
PACKAGING	25 kg paper bag.																																					

All the data stated in this technical sheet are based on the best of our knowledge and experience. It is advisable to carry out preventive tests. In any case, PENTACHEM does not assume any responsibility for any damage or defect caused by the use of our products, as the employment conditions are not under our control. We also inform that our technical service is at our customers' disposal for any information concerning the correct employment of our products.




Pentachem Srl - Via Galvani, 3 - Zona Ind. Casavola - 07100 S. Clemente (RN) Italy
Tel. +39 0541 889029 - Fax +39 0541 889007 - info@pentachem.it - www.pentachem.it

COMPANY WITH
QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV GL

Figure 4. 8 : Fiche technique de pentaflow

- Annexe 07

Fiche technique du pentagel S2/M



PENTAGEL S2 / M

Adjuvant pour mortiers et enduits

Fiche Technique Août 2015

PRÉSENTATION Pentagel S2/M est un adjuvant en poudre qui, ajouté aux mélanges traditionnels de sables et ciment, permet d'obtenir des caractéristiques d'ouvrabilité excellentes. Pentagel S2/M est produit dans la version en granulés aussi (S2/MG) avec les mêmes caractéristiques applicatives de la version standard.

CARACTERISTIQUES Grâce à sa composition particulière Pentagel S2/M modifie fondamentalement le comportement des mortiers traditionnels en améliorant leur plasticité, en prolongeant les temps d'ouvrabilité et en facilitant leur application même dans des conditions malaisées. Il permet l'élimination de la chaux hydratée et/ou de la chaux hydraulique dormant aux mortiers une excellente plasticité et fluidité. On peut appliquer les mortiers à enduit sur des surfaces plus étendues sans le risque d'un durcissement précoce dû à la perte d'eau; cela permet d'obtenir des surfaces fines meilleures, plus plates et exemptes de fissurations. De plus, puisque Pentagel S2/M donne aux mortiers une adhésivité à humide meilleure, il permet une application plus facile des enduits et la réduction des déchets dans toutes les conditions applicatives et en particulier au plafond. En cas d'élevation de maçonneries en briques, les mortiers contenant Pentagel S2/M, qui ont un temps ouvert plus long, permettent d'obtenir des parois plus droites, mieux liées et plus rigides à la fin du durcissement. De plus, la viscosité supérieure réduit le gaspillage de mortier et améliore l'économie de gestion.

EMPLOI Pentagel S2/M et sa version en granulés sont normalement employés dans la cimenterie pour la production de chaux hydrauliques aux performances élevées. Au cas où le Pentagel S2/M serait utilisé pour la préparation de produits pré-mélangés secs, il est à ajouter dans le mélangeur et mélangé avec les autres composants jusqu'à une homogénéisation totale. L'emploi du Pentagel S2/M sur le chantier est extrêmement simple: il est ajouté dans la bétonnière avec le ciment à raison de 0,2 % sur le poids du liant total. Pour obtenir les résultats les meilleurs, il faut mélanger le mortier pour 5 minutes au moins après son addition prêtant attention à ne pas excéder avec l'eau. Le rapport conseillé entre sable et ciment (préférentiellement ciment type portland 42,5 R) est respectivement de 4:1 dans le cas d'enduits extérieurs et de maçonneries et de 5:1 pour les enduits intérieurs. De norme, les mortiers produits avec Pentagel S2/M sont appliqués à la main, mais on peut aussi les pulvériser avec tout type de machine sans aucun problème.

Pentagel S2/M / 2 Fiche Technique Août 2015

	Données	Méthode	
DONNÉES TECHNIQUES	État:	Poudre	Visuel
	Couleur:	Blanc ivoire	Visuel
	Densité:	0,800 ± 0,100 kg/dm ³	IST, 10.07
	Granulométrie:	min 90% < 0,180 mm	IST, 10.09
	Humidité :	Max. 4.0%	IST, 10.04
	Solubilité dans l'eau:	Partiellement soluble	IST, 10.21

DOSAGE Le dosage conseillé du Pentagel S2/M est de 0,1- 0,2 % sur le liant, on peut utiliser des dosages différents de l'usuel en fonction des résultats désirés, après l'effectuation d'essais d'orientation.

STOCKAGE ET VALIDITÉ S'il est stocké dans un lieu sec et dans les sacs originaux parfaitement fermés, Pentagel S2/M a une validité de 12 mois de la date du document de transport. L'humidité éventuellement absorbée par le produit n'en compromet pas l'efficacité, mais cela rend son dosage difficile et imprécis outre à une distribution non homogène dans le mélange fini. On conseille donc de fermer soigneusement les sacs après chaque prélèvement.

RECOMMANDATION Pentagel S2/M est inoffensif soit au contact soit à l'ingestion. On l'importe aisément avec de l'eau et du savon de toute surface. Son inhalation peut causer une légère irritation des premières voies respiratoires; on conseille donc l'emploi d'un masque antipoussière. En cas de perte accidentelle il faut le recueillir à l'état sec et l'écouler dans une décharge autorisée. Ne jamais utiliser d'eau: elle rend les surfaces glissantes et dangereuses.

EMBALLAGE Sacs en papier de 25 kg.


Les données techniques indiquées dans cette fiche ont été enregistrées au respect d'essais et de règles standardisées ou leurs modifications, selon les normes Pentachem. Les résultats applicatifs peuvent être demandés à notre service technique. Ce qui est indiqué dans cette fiche technique représente le niveau de nos connaissances et de nos expériences. Ce texte figure en conseil d'efficacité des essais techniques préventifs pour des emplois différents de ceux décrits. En tout cas, PENTACHEM S.p.A. assume aucune responsabilité pour des dégâts ou défauts causés par l'emploi de ses produits, les conditions d'emploi n'étant pas sous son contrôle. PENTACHEM S.p.A. informe aussi que cet service technique est à la disposition de la clientèle pour tout renseignement relatif à l'emploi correct de ses produits.

Pentachem S.p.A. - Via Salaria 3 - 00198 Roma - Direzione P&M, Italy Tel. 06 201 88000 - Fax 06 547 89957 - info@pentachem.it - www.pentachem.it

Figure 4. 9 : Fiche technique de pentagel

• Annexe 08

Fiche technique du FIBERTEK PP 6mm



FIBERTEK PP 6-12-18 mm
Microfibre en monofilament de polypropylène vierge versermortiers et bétons

DESCRIPTION
Fibres de polypropylène vierge monofilament pour le contrôle des fissures dans les conglomerats cimentaires dans la phase plastique et comme armature secondaire du béton. Fabriquée en polypropylène avec une ténacité élevée et une stabilité dimensionnelle élevée, cette fibre est spécialement conçue pour être utilisée dans le béton et les mortiers, car elle résiste aux alcalis, absolument non corrodable, résistante à l'abrasion, aux agents atmosphériques et chimiques, aux moisissures, aux micro-organismes et aux températures élevées.
Les FIBERTEK PP 6-12-18mm sont destinés à être incorporés dans la matrice de ciment (béton, mortier, etc.) afin de constituer un matériau homogène capable de contrôler le retrait du plastique. Ils permettent au béton de développer, avec le même degré de maturité, une plus grande résistance à la traction que celle du béton sans fibre correspondant et donc, de plus grandes ressources pour faire face aux contraintes induites par le retrait. À l'état durci, c'est-à-dire après maturation, la présence de fibres FIBERTEK PP contribue à améliorer les propriétés du béton; en particulier, ils augmentent sa ténacité, c'est-à-dire la résistance résiduelle post-fissure, une ressource importante pour contrôler la propagation des fissures, en particulier dans des conditions dynamiques. Cette contribution ne permet cependant pas une reprise structurelle en termes d'augmentation de la ductilité apparente, car en raison du faible module d'élasticité du polypropylène, cette contribution se développe face à des déformations importantes.
Les fibres FIBERTEK PP, d'autre part, apportent une contribution importante également dans le domaine structural si elles sont combinées avec des fibres métalliques (Fig. 1). En fait, ils améliorent les performances des fibres d'acier dans le post-craquage immédiat et augmentent l'absorption résiduelle d'énergie pour les grandes déformations, ou augmentent la ductilité globale du composite.

COMPORTEMENTO ALLA FLESSIONE SU SOLLECITAZIONE



PROPRIÉTÉ
FIBERTEK PP 6-12-18mm, étant mono-filament, se dispersent facilement dans la matrice dans toutes les directions de manière à avoir une distribution homogène de la fibre dans la pâte et une matrice renforcée qui permet de contrôler le retrait du plastique, d'augmenter la compacité et de contrôler le microcraquage.
FIBERTEK PP est pour l'instant de protection passive contre l'incendie en béton.
FIBERTEK PP 6-12-18mm:
• minimise la formation de macro-fissures et réduit les microfissures;
• réduit le retrait plastique et hydraulique du béton pendant la préhension;
• améliore l'élasticité et la résistance à la traction;
• augmente la résistance aux chocs et à l'abrasion;
• résiste à l'acide et aux agents basiques;
• ne se déforment pas;
• excellentes qualités de dispersion;
• haute efficacité et rentabilité (dosage approximatif 0,9/1 kg par mètre cube de béton)

SPÉCIFICATIONS
Matériau/rés polypropylène
Couleur Bianco naturale
Longueur nominale/12/18 mm Section circulaire C
Épaisseur 16-32 microns
Densité 0,91 g/cm³
Point de fusion 160°C
Point d'allumage 590 °C
Résistance à la traction 400 N/mm² pour 6 mm
Allongement à la rupture 20% pour le 6 mm
Young 1700 MPa Module
Épaisseur nominale 18 µm pour 6mm
Haute résistance aux alcalis
Haute résistance aux acides
Résistance à Sulfure/Na
Absorption d'eau sans un
Conductivité thermique COEFF. 0,12 Wm-1 k-1
Conductivité électrique coeff. 10-18 D-4 cm

DOMAINES D'APPLICATION
Contrôle des fissures de retrait pour les bétons et les mortiers.
FIBERTEK PP 6-12-18mm conviennent pour:
• Revêtement de sol sur arpenté
• Revêtements de sol industriels et ciels
• Parkings, pistes d'aéroport, routes et trottoirs
• Éléments préfabriqués à désarmement rapide: puits, tuyaux, regards, vases, etc.
• Panneaux préfabriqués, panneaux de remplissage, clôtures, barrières routières
• Travaux de béton pompé ou coulé
• Fibres, restaurations de bâtiments

LÉGISLATION DE RÉFÉRENCE
• UNE EN 14845-3- Méthodes d'essai des fibres pour le béton - partie 2: Effets sur le béton

FIG. 1

FEUILLE

1.

TEKNA CHEM S.p.A.
Viale Ravate (MI) - Via Sforza, s.l. 23888 - Téléphone +39 0362.81.81.11
Web: www.teknachemicalgroup.com - Courriel: info@teknachemicalgroup.com - Télexcopie: +39 0362.81.81.96

FEUILLE


2.

TEKNA CHEM S.p.A.
Viale Ravate (MI) - Via Sforza, s.l. 23888 - Téléphone +39 0362.81.81.11
Web: www.teknachemicalgroup.com - Courriel: info@teknachemicalgroup.com - Télexcopie: +39 0362.81.81.96

FEUILLE

2.

TEKNA CHEM S.p.A.
Viale Ravate (MI) - Via Sforza, s.l. 23888 - Téléphone +39 0362.81.81.11
Web: www.teknachemicalgroup.com - Courriel: info@teknachemicalgroup.com - Télexcopie: +39 0362.81.81.96

FIBERTEK PP 6-12-18 mm 

- EN 14889-2 - Méthodes d'essai des fibres pour le béton - Partie 2: Fibres polymères - définitions, applications et conformité
- CNR - DF 204 - Instructions pour la conception, l'exécution et le contrôle des structures en béton armé de fibres.
- ISO 834 - Essais de résistance au feu - Éléments de construction de bâtiments (FIBERTEK PP 6mm)

DOSAGE
D'excellents résultats peuvent être obtenus en utilisant un dosage compris entre 0,9 et 1,0 kg / m³ de béton, compte tenu également du fait que 1 kg de FIBERTEK PP contient plus de 100 millions de microfibrilles.
FIBERTEK PP est parfaitement compatible avec tous les additifs pour béton produits par TEKNA CREMA.

PROCÉDURE DE MÉLANGE
Les fibres sont insérées directement dans la bétonnière avec les agrégats et autres composants: elles nécessitent un mélange supplémentaire de quelques minutes jusqu'à leur distribution complète.

EMBALLAGE
FIBERTEK PP 6mm
20 sacs biodégradables de 1 kg par caisse sur palettes de 30 caisses.
5 big bags de 180 kg sur palette

FIBERTEK PP 12-18mm
16 sacs biodégradables de 900 g par boîte sur palettes de 55 boîtes.
30 sacs biodégradables de 600 g par boîte sur palettes de 30 boîtes.

STOCKAGE
Ils peuvent être stockés pendant une longue période, à l'abri de la pluie.

AVERTISSEMENTS
Les fibres FIBERTEK PP sont produites avec des résines de polypropylène vierge monofilament et sont classées comme inertes, inoffensives et non endommagées par la plupart des agents chimiques.
Ils ne sont pas non plus dangereux ou nocifs d'un point de vue environnemental.

LÉGAL
Les informations contenues dans cette fiche technique, bien que représentant le stade de connaissance le plus avancé, ne dispensent pas l'utilisateur d'effectuer des tests préliminaires précis dans ses conditions d'utilisation et de fonctionnement. Nous déclinons donc toute responsabilité pour l'utilisation inappropriée du produit.

FEUILLE




  

Figure 4. 10 : Fiche technique de fibertek