

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des sciences et technologie
Département de Génie mécanique



Projet de Fin d'Etudes
Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275
« Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »
Pour l'obtention du diplôme de Master
Filière : Génie des procédés
Spécialité : Génie des procédés des matériaux



Recyclage des déchets de verre El Manar

Présenté Par :

1/ SKOUNI Maroua Rayane	M2	Génie des procédés
2/ BOUZID Majda	M2	Génie des procédés
3/ MOUNSI Asmaa	M2	Génie des procédés

Devant le jury composé de :

Pr.Nehari Idriss	Professeur	U.Ain Témouchent	Président
Dr.Bahram	MCA	U.Ain Témouchent	Examineur
Dr.Bendouina Khadidja	MCB	U.Ain Témouchent	Examinatrice
Dr.Marouf Hafida	MCA	U.Ain Témouchent	Encadrante
Dr.Mansour Meriem	MCB	U.Ain Témouchent	Encadrante
Dr.Benmoussat Chemseddine	MCB	U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des sciences et technologie
Département de Génie Civil



Projet de Fin d'Etudes
Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275
« Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »
Pour l'obtention du diplôme de Master
Filière : Génie Civil
Spécialité : Structures



Recyclage des déchets de verre El Manar

Présenté Par :

1/ SOUAFI Nourhène Achouak
2/ AMMOUCHE Ali

M2 Génie Civil
M2 Génie Civil

Devant le jury composé de :

Pr.Nehari Idriss	Professeur	U.Ain Témouchent	Président
Dr.Bahram	MCA	U.Ain Témouchent	Examineur
Dr.Bendouina Khadidja	MCB	U.Ain Témouchent	Examinatrice
Dr.Marouf Hafida	MCA	U.Ain Témouchent	Encadrante
Dr.Mansour Meriem	MCB	U.Ain Témouchent	Encadrante
Dr.Benmoussat Chemseddine	MCB	U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur

REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé aux laboratoires de génie Civil de l'université d'Ain Temouchent. Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu pour nous avoir donné le courage et la santé à finaliser ce travail.

*Nous tenons à présenter nos sincères remerciements et notre gratitude à nos encadrants : Mme **Meriem MANSOUR**, Maitre conférence B et Mme **Hafida MAROUF**, Maitre conférence A à l'université d'Ain Temouchent pour leurs disponibilités ; leurs aides précieuses, leurs soutiens tout au long de ce travail et ses conseils qui nous ont été très utiles.*

*Nous tenons à remercier Monsieur **NEHARI Idriss**, Professeur à l'université pour l'honneur qu'il nous fait en présidant le jury de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également à Monsieur **BAHRAM** et Madame **BENDOUINA Khadidja** qui ont voulu examiner ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à Monsieur **BENMOUSSAT Chemseddine** l'incubateur .*

*Nous tenons à remercier tous les ingénieurs de Laboratoire de génie civil, université d'Ain Temouchent, Mr **KEDDOU Adel**, Mme **BENTAOUZINA Nadjet** et Mme **ELOMARI Kawthar** qui nous ont fourni les outils nécessaires, par leurs paroles motivantes, leurs conseils sur le plan expérimental leurs critiques, qui ont guidé nos réflexions et de répondre à nos questions durant notre stage dans le laboratoire.*

Merci à tous ceux qui près ou loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Dans notre travail nous avons tout d'abord réutiliser les déchets de verre coloré pour la construction des matériaux, ils peuvent être transformés en carreaux sol, lavabos et autres accessoires de salle de bain. Ils peuvent aider à réduire la quantité des déchets envoyés dans les décharges et peuvent également être plus durable que l'utilisation de matériaux de construction traditionnel

La valorisation des déchets possède deux impacts très importants à savoir l'impact environnemental et l'impact économique. Dans plusieurs pays du monde, différents déchets sont utilisés dans le domaine de la construction et spécialement dans le ciment ou le béton comme poudres ou agrégats.

Ce travail s'intéresse à la valorisation d'un déchet nuisible pour l'environnement, il s'agit du déchet de verre coloré (poudre de verre et les granulats de verre) . Ils sont ajoutés dans les carreaux sol et les accessoires des sanitaires en remplaçant une quantité de ciment selon plusieurs pourcentages (10-20-30 40 et 50%). Les propriétés mécaniques (résistance à la compression, à la flexion, masse volumique, glissement), la résistance thermique (la conductivité thermique) et l'analyse physico-chimique (diffraction des rayons X). Des différents produits réalisés sont analysés et comparés par rapport à leurs témoins respectifs pour voir la possibilité d'introduire le verre dans le domaine de la construction et les améliorer.

Mots Clés : valorisation, déchet de verre, carreaux sol, poudre de verre, résistance mécanique, résistance thermique, diffraction des rayons X.

Abstract

In our work we first reuse colored glass waste for the construction of materials, they can be transformed into floor tiles, sinks and other bathroom accessories. They can help reduce the amount of waste sent to landfills and can also be more sustainable than using traditional building materials.

Waste recovery has two very important impacts, namely the environmental impact and the economic impact. In several countries of the world, different wastes are used in the field of construction and especially in cement or concrete as powders or aggregates.

This work focuses on the recovery of waste that is harmful to the environment, it is colored glass waste (glass powder and glass aggregates). They are added to floor tiles and sanitary accessories by replacing a quantity of cement according to several percentages (10-20-30 40 and 50%). Mechanical properties (compressive strength, flexural strength, density, sliding), thermal resistance (thermal conductivity) and physico-chemical analysis (X-ray diffraction). The different products produced are analyzed and compared with their respective witnesses to see the possibility of introducing glass into the field of construction and improving them.

Keywords: recovery, glass waste, floor tiles, glass powder, mechanical resistance, thermal resistance, X-ray diffraction.

ملخص

في عملنا ، نقوم أولاً بإعادة استخدام نفايات الزجاج الملون لبناء المواد ، ويمكن تحويلها إلى بلاط أرضيات ومغاسل وإكسسوارات حمام أخرى. يمكن أن تساعد في تقليل كمية النفايات المرسلة إلى مدافن النفايات ويمكن أن تكون أيضاً أكثر استدامة من استخدام مواد البناء التقليدية.

لاستعادة النفايات تأثيران مهمان للغاية ، وهما التأثير البيئي والأثر الاقتصادي. في العديد من دول العالم ، يتم استخدام النفايات المختلفة في مجال البناء وخاصة في الأسمنت أو الخرسانة كمساحيق أو ركام.

يركز هذا العمل على استعادة النفايات الضارة بالبيئة ، وهي نفايات زجاجية ملونة (مسحوق زجاجي وركام زجاجي). يتم إضافتها إلى بلاط الأرضيات والأدوات الصحية باستبدال كمية من الأسمنت بنسب عدة (30-20-10 و 40 و 50٪). الخصائص الميكانيكية (قوة الانضغاط ، قوة الانحناء ، الكثافة ، الانزلاق) ، المقاومة الحرارية (التوصيل الحراري) والتحليل الفيزيائي الكيميائي (حيود الأشعة السينية). يتم تحليل المنتجات المختلفة المنتجة ومقارنتها مع الشهود المعنيين لمعرفة إمكانية إدخال الزجاج في مجال البناء وتحسينها.

الكلمات المفتاحية: استرجاع ، نفايات زجاج ، بلاط أرضيات ، مسحوق زجاج ، مقاومة ميكانيكية ، مقاومة حرارية ، حيود الأشعة السينية.

DEDICACE

1) JE DEDIE A MES CHERS PARENTS KHALIL ET KARIMA POUR TOUS LEURS TRAVAIL ACHARNE DANS MA CARRIERE ACADEMIQUE AUSSI A MON FRERE AMINE ET MA SŒUR WASSIMA ET SON MARI DIDEN, AUSSI A MES AMIS DOUNIA, CHAHINEZ ET FATIMA ET MON EQUIPE EL MANAR.

2) JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A :

MES CHERS PARENTS ZOUBIR ET HOURIA , QUI ONT ASPIRE A TOUS CES EFFORTS, SOUTIEN ET AMOUR INCONDITIONNEL QU'ILS M'ONT DONNE DEPUIS LE DEBUT DE MA VIE,

MES SŒURS FATEN, FEDIA ET MON FRERE AMINE,

3) JE DEDIE A MES CHERS PARENTS ABDELKADDER ET BAHIA POUR TOUS LEURS TRAVAIL ACHARNE DANS MA CARRIERE ACADEMIQUE AUSSI A MES SŒURS IMANE , FATIMA ET RIHEM ET AUSSI A MON EQUIPE EL MANAR.

A MON EQUIPE EL MANAR, POUR LEURS AIDES ET LEURS SOUTIENS AU COURS DE LA REALISATION DE CE MODESTE TRAVAIL.

4) JE DEDIE A MES CHERS PARENTS MOUHEND ET SADIA POUR TOUS LEURS TRAVAIS ACHARNE DANS MA CARRIERE ACADEMIQUE AUSSI A MES DEUX FRERES OMAR ET AMAZIGHE ET MA PETITE SŒUR WARDIA, SANS OUBLIE MON CHER POTE SALAH ET MON EQUIPE EL MANAR.

Table de matiere

REMERCIEMENT.....	1
Résumé.....	4
Abstract.....	4
ملخص.....	4
Introduction générale.....	11
Chapitre I : Aperçu Bibliographique sur la Valorisation des Déchets de Verres dans les Matériaux de Construction	
I-1. Introduction	13
I-1. Notions sur les verres	13
I-2-1 Historique	13
I-2-2 Définition de verre :	14
I-2-3 Structure et composition de verre industriels	14
I-2-1 Les oxydes formateurs de réseau (vitrifiant)	15
I-2-2 Les oxydes modificateurs.....	15
I-2-3 Les stabilisants (oxydes alcalino-terreux).....	15
I-2-4 Les propriétés des verres	15
I-2-4-1. Propriétés physique.....	15
I-2-4-2. Propriétés thermiques	16
I-2-4-3. Propriétés chimiques.....	16
I-2-5 Méthodes de fabrication des accessoires des sanitaires :	16
I-2-5-1. La méthode de moulage par injection :	16
I-2-5-2. La méthode de frittage :	17
I-2-5-3. La méthode d'extrusion :	17
I-2-5-4. La méthode de pressage :	17
I-2. Valorisations de verre dans le domaine de Génie Civil :	17
I-3-1 Les caractéristiques des agrégats de verre :	19
I-3-2 Verre dans le revêtement routier	19
I-3-3 Verre dans les bâtiments	19
I-3. Le sable	20
I-3-1. Définition ..	20
I-3-2 Types des sables :	20
I-3-2-1 Sable naturels :	20
I-3-2-2 Sable artificiels :	20
I-3-3 Qualités requises pour un sable naturel ou artificiel	20
I-4. Le ciment.....	21

I-4-1 Matière première pour la fabrication du ciment Portland	21
I-4-2 Principales catégories de ciment	22
a) Classification des ciments en fonction de leur composition :	22
b) Classification des ciments en fonction de leur résistance normale :	23
I-5. Hydratation du ciment Portland	23
I-5-1 Évolution chimique	23
I-5-2 Principaux produits de l'hydratation	24
1. Hydratation des silicates de calcium C3S et C2S :	24
2. Hydratation des aluminates :	24
I-6. Fabrication de Granito	26
I-6-1 Définition :	26
I-6-2 Les composants de granito :	26
I-6-3 Procédé de fabrication :	26
I-6-4 Le granito à base de verre coloré :	27
I-6-5 Les utilisations de granito :	27
I-7. Conclusion	28

Chapitre II : Méthodes et Matériaux

II-1. Introduction :	30
II-2. Produits et réactifs :	30
II-2-1. Ciment :	30
a) Ciment Portland « CPJ42.5 » :	30
b) Ciment blanc :	30
II-2-2. Sable:	31
II-2-3. Gravier 3/8:	31
II-2-4. Le verre :	32
II-2-5. La résine :	32
II-2-6. Colorants :	33
II-3. Préparation et analyse granulométrie de la poudre des déchets de verre coloré :	33
II-3-1. Traitement des verres :	33
II-3-2. Préparation de l'échantillon :	33
II-3-3. Lavage et élimination des impuretés	33
II-3-4. Concassage	34
II-3-5. Analyse granulométrique (NF P 18-560) :	34
II-3-5-1. Matériels utilisés :	34
II-3-5-2. Tamisage	35
II-4. Préparation des moules pour les accessoires douche :	35

II-4-1. ..Mode opératoire :	36
II-5.Préparation des éprouvettes substituent par la poudre de verre pour les essais mécanique :	36
II-5-1. Matérielles utilisées :.....	37
II-6.Méthode de fabrication de carreau sol granit :.....	39
II-6-1.Formulation de carreau sol granit :.....	39
II-6-1-1.Préparation des moules :	40
II-6-1-2.Malaxage de carreau sol :.....	40
II-7.Méthodes de fabrication des accessoires des sanitaires :.....	42
II-7-1. .Matériaux utilisés :	42
II-7-2. . Appareils utilisés :.....	44
II-7-1Mode opératoire :.....	44
II-8.Technique d'analyse des matériaux préparés :	45
II-8-1Diffraction des rayons x :	45
II-9.Techniques et méthodes des essais mécaniques :	46
II-9-1.La résistance à la traction-flexion :.....	46
II-9-2.La résistance à la compression :	48
II-9-3.Le glissement (le frottement) :.....	49
II-9-4.La résistance thermique :.....	51
II-9-5.La masse volumique (Kg/m ³) :.....	53
II-10.Conclusion :	58

Chapitre III : Résultat et discussion

III-1.Introduction :	60
III-2.Caractéristiques physico-chimiques des matières premières :.....	60
III-2-1.le verre...	60
III-2-1-1.Analyse granulométriques (NF P 18-560) :	60
III-2-1-2.Masse volumique :	61
III-2-1-3.Analyse chimique :.....	62
III-2-1-4.Analyse par DRX.....	64
III-2-2.ciment :..	64
III-2-2-1.Analyse chimique :.....	64
III-2-2-2.Analyse physique :	65
III-2-3.Le sable de carrière :	65
III-2-3-1.Analyse granulométrie :.....	65
III-2-3-2.Analyse chimique :.....	67
III-3.Caractéristique mécanique et thermique de produit	67
III-3-1.Béton imprimé :.....	67

III-3-1-1.La résistance à la (flexion-compression) :	67
III-3-1.Les carreaux de carrelage :.....	69
III-5-2-1.La résistance à la flexion:.....	69
III-3-1-2.La masse volumique :	71
III-3-1-3.Essai de Glissement :	72
III-3-2.Accessoires des sanitaires (lavabo faux marbre) :.....	73
III-3-2-1.Essai de résistance thermique :	73
III-4.Discussion générale :	73
Conclusion générale	74
Liste des figures	75
Liste des tableaux.....	77
Bibliographie.....	77
Annexe	77

Introduction générale

L'Algérie est un pays en développement, ce qui augmente le taux de déchets générés par les acteurs économiques. La prise en charge des déchets est parmi les priorités inscrite par les pouvoirs publiques, d'autant plus que les déchets peuvent être injecter directement dans plusieurs domaines, notamment le secteur de la construction, qui s'intéresse de plus en plus à la valorisation des déchets, vu l'obligation de la prise en charge des déchets par la réglementions en vigueur, et l'importance économique, environnementale ainsi que technique que certains déchets inertes (plastique, verre, produits céramiques... etc.) peuvent apporter au secteur de la construction, bien entendu, des mesures doivent être pris en compte en amant, entre autres ; l'étude des propriétés desdéchets afin de bien cerner leur utilisation. La recherche actuelle sur les matériaux s'intéresse au développement de nouveaux composites et matériaux de construction, dans le but d'améliorer les propriétés mécaniques, physiques et durabilité de ces matériaux.

Parmi ces matériaux, qui peuvent être exploités notamment les déchets de verres colorés (sous forme de poudre ou sous forme de granulats).

La plupart des pays du monde souffrent d'une pénurie des ressources en granulats, ce qui nous pousse à chercher des solutions permettant la valorisation de ces matériaux disponibles localement en abondance et d'essayer de les utiliser dans différents domaines de construction.

Par ailleurs, vu le développement de notre Pays dans le domaine industriel, cela conduit à une augmentation des déchets industriel. Alors, l'élimination des déchets est devenue un problème majeur dans les zones métropolitaines. Les quantités de déchets de verre ont augmenté ces dernières années en raison d'une industrialisation accrue et de l'amélioration rapide du niveau de vie. Malheureusement, la majorité des déchets de verre colorés ne sont pas recyclés mais plutôt abandonnés et sont donc à l'origine de certains problèmes graves tels que le gaspillage des ressources naturelles et les problèmes environnementaux.

Pour ces raisons, ce travail de recherche a été menée afin d'étudier la possibilité d'utiliser les déchets de verre comme agrégats fins dans un matériau cimentaire pour la construction. Si la grande quantité de déchets générés est utilisée à la place des matériaux naturels dans la construction et l'industrie, il y aurait des avantages : Une réduction de la pollution (ex : GES) causée par la production du ciment, Une conservation des ressources naturelles nécessaires pour cette industrie du ciment et une élimination les déchets et libérer des terrains précieux pour d'autres usages.

L'objectif principal de ce travail est de améliorer les caractéristique physico-chimique du produit utilisé par les déchets de verre recyclé (poudre de verre et les granulats de verre).

Notre travail visait essentiellement à montrer que l'emploi d'ajout de déchets de verre au ciment peut offrir de nouveaux matériaux de construction qui contribuent facilement à l'amélioration de propriétés mécaniques et physiques. A ce moment-là nous nous sommes alors attachés à rechercher les formulations les plus optimales en termes de la résistance mécanique.

Ce travail est scindé en trois chapitres :

-Le premier chapitre est consacré à la recherche bibliographique (généralité sur le verre,ciment, et le granito) ainsi que la valorisation des verres dans le domaine de Génie civil.

-Dans le deuxième chapitre, est principalement consacré la méthode, les mélanges et les variantes préparées, ainsi que la méthode de caractérisation des éprouvettes réaliser.

-Le troisième chapitre, est consacré à la partie expérimentale, dont laquelle nous allons discuté les analyses des résultats.

-On finit le mémoire par une Annexe de BMC récapitulant l'étude de marché des produits finaux.

-Et par une conclusion générale donnant ainsi l'essentiel de nos résultats et discussions.



Chapitre I :

**Aperçu Bibliographique
sur la Valorisation des
Déchets de Verres dans les
Matériaux de
Construction**

I-1. : Introduction

Avant de valoriser un déchet, il faut connaître son origine, l'analyser, caractériser son état actuel et son comportement dans le temps et évaluer son traitement. Il s'agit donc de « mesurer pour connaître et connaître pour agir ». L'approche globale du déchet permettra d'endéfinir son devenir, à savoir quel type de valorisation choisir.

Actuellement, en Algérie, ils misent déjà le verre recyclé sur les marchés. Une partie de ce verre, le verre incolore, est facilement recycle avec une bonne valeur ajoutée, tandis que le verre mixte (verre de différentes couleurs) subisse un léger concassage et qui peut être incorpore dans le béton comme substitut partiel ou entier aux granulats et ou sous forme de poudre. L'utilisation de cette dernière dans un système cimentaire, est un moyen de valorisation des verres en décharge.

Etant un matériau artificiel, la composition chimique du verre est stable et bien définie. Cela permet de prévenir les réactions chimiques inattendues et de modifier ou de traiter leverre si nécessaire. L'aspect chimique est bien donc maîtrisé[1]

Un autre atout du verre est sa résistance abrasive et sa dureté par rapport à celle des granulats naturels. En plus la résistance en compression du verre concassée est bien mentionnée. De ce côté, nous pouvons considérer la nature mécanique du verre concassée comme bien adapté pour l'utilisation comme granulats dans le béton.

Enfin, l'intérêt le plus important est de profiter de la source de verre recyclé qui augmente de millions de tonnes chaque année dans le monde entier. Etant un matériau très durable et recyclable à 100% et à l'infini, il est nécessaire de profiter cette ressource par rapport à l'environnement.

Ce chapitre présente des généralités sur le matériau verre : Structure et classification des verres, la valorisation des déchets de verre dans les matériaux de construction comme les carreaux sol (le Granito) et les accessoires des sanitaires .

I-1. Notions sur les verres

I-2-1 Historique :

Par définition, le verre une substance minérale, transparente et isotrope, obtenue par la fusion d'oxydes avec des fondants et des stabilisants. Le verre existe naturellement depuis des centaines de milliers d'années. L'être humain l'utilisa pour la première fois il y a 100 000 ans sous forme d'une roche volcanique vitreuse riche en silice, de couleur grise, vert foncé, rouge ou noire appelée l'obsidienne (verre naturel d'origine éruptive : liquide magmatique silicaté figé et ne représentant pas de structure cristalline) afin de fabriquer des bijoux des armes coupantes et même des produits décoratifs.

Les premiers verres fabriqués par l'homme sont originaires de Mésopotamie. Ils sont non transparents, non translucides mais opaques et de couleur verte ou bleue[2].

En V^{ème} et le X^{ème} siècle est apparu la fabrication du verre plat soufflé, leur fabrication se faisait par deux techniques :

Le soufflage en couronne, ou soufflage en plateau :

Produit dans l'Ouest de la France et en Angleterre où sa production dura jusqu'au XIX^{ème} siècle. Il s'agit d'abord d'un vase soufflé à fond plat que l'on fait ensuite tourner face à l'ouverture d'un four. Ce n'est que lorsque ce nouveau procédé a été inventé que le verre plat a pris son essor [3]

Le soufflage en manchon :



Produit dans l'Est de la France et en Europe centrale. Ce cylindre de verre obtenu par l'allongement de la paraison cueillie par le verrier et coupé dans le sens de la longueur, puis fendu, ramolli et aplati .[4]

I-2-2 Définition de verre :

Pour la majorité des scientifiques le terme verre est défini quel que soit son processus de fabrication comme tous solides non cristallins qui présente un phénomène de transition vitreuse .L'état physique correspondant est appelé état vitreux [5]

Selon la norme A.S.T.M (C-162-92) (American Society For Testing And Materials) c'est un produit inorganique, coulé à partir d'un état liquide vers un état solide sans cristallisation.

Gustav Tammann [6]définit le verre comme suit :

« L'état vitreux est l'état figé d'un liquide en surfusion, qui se solidifie sans cristalliser ».

Le verre est un alliage dur aussi fragile (cassant), transparent au rayonnement visible.

I-2-3 Structure et composition de verre industriels

Le verre est un solide amorphe. Sa structure dérive de celle de la silice. La distance moyenneentre les atomes de silice vitreuse (SiO₂) est d'environ 3,6 Å et il n'y a pas d'ordre entre les atomes à des distances supérieures à 10 Å. [7]

L'obtention d'un solide amorphe consiste à un refroidissement rapide de l'état liquide sans cristallisation. Dans des travaux récents sur la structure du verre, les chercheurs ont classé la structure du verre en quatre classes d'arrangement structural. [8]

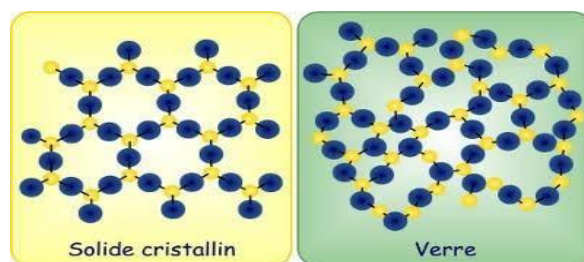


Figure-I-1. Représentation d'un solide cristallin et le verre [9]

Tableau-I-1 Compositions chimiques de quelques verres industriels [10]

	Verre de bouteilles	Verre cristal	Verre borosilicate pharmaceutique
SiO ₂	72	59,6	74,8
Al ₂ O ₃	1,7		6,2
Fe ₂ O ₃	0,3		
Cr ₂ O ₃	0,2		
CaO	11	1,3	0,5
BaO			
MgO	1		
ZnO			
Na ₂ O	13,2	3,3	7,5
K ₂ O	0.4	10.9	0.8
B ₂ O ₃			10.5
PbO		24.4	

Certains éléments comme le silicium et le bore peuvent former un verre par leur seule combinaison avec de l'oxygène et par élévation à une très haute température. Ces oxydes sontappelés oxydes formateurs car ils forment le squelette du verre. On les combine avec d'autres éléments dits « modificateurs » qui sont :

- Les fondants qui abaissent la température de fusion des oxydes formateurs (silice : 1730 °C).
- Les stabilisants qui modifient les propriétés physiques du verre ramollies par l'adjonction du fondant.

I-2-1 Les oxydes formateurs de réseau (vitrifiant)

- La silice (dioxyde de silicium SiO_2)

C'est le composant principal du verre qui représente environ 70% de la masse. Elle est l'élément formateur de réseau. Si l'on augmente sa quantité, on augmente la dureté du verre.

- L'anhydride borique (le bore ou borax anhydre B_2O_3)
- L'anhydride phosphorique (le phosphore P_2O_5)

I-2-2 Les oxydes modificateurs

- Les fondants (oxydes alcalins)
- L'oxyde de sodium (Na_2O)
- L'oxyde de potassium (K_2O)
- L'oxyde de magnésium (MgO)

I-2-3 Les stabilisants (oxydes alcalino-terreux)

- L'oxyde de calcium (CaO)
- L'oxyde de zinc (ZnO)
- L'oxyde de fer (Fe_2O_3)
- L'oxyde de plomb (PbO)

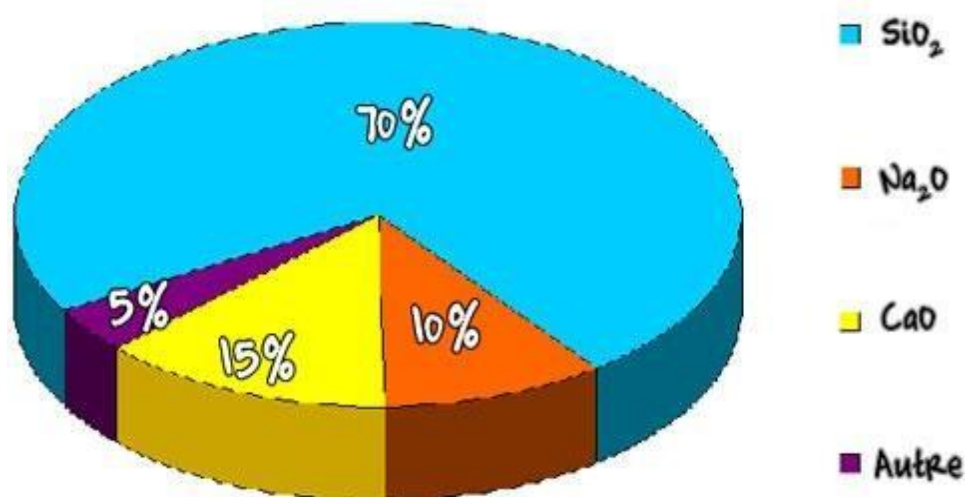


Figure-I-2. Composition d'un verre silico-sodio-calcique

I-2-4 Les propriétés des verres

I-2-4-1. Propriétés physique

- La transparence : mais il peut être opaque ou opalescent.
- La dureté : seules les diamants et le carbure de tungstène le rayent. Le verre le plus dur est le verre de Bohême et le cristal est le plus tendre.

-La densité : elle dépend des composants ; elle est d'environ 2,5. Cela signifie qu'un mètre cube pèse environ deux tonnes et demie ou qu'une feuille d'un mètre carré et d'un millimètre d'épaisseur pèse 2,5 Kg

-La résistance d'élasticité : la cassure du verre est liée à sa flexion et à sa résistance au choc. Il casse là où le métal se tord. Contrairement sa résistance à la compression est importante : il faut une pression de 10 tonnes pour briser un centimètre cube de verre ; La vitesse maximale de fissuration du verre V_m est définie par l'expression suivante:

$$V_m = 0.38 \sqrt{E/\rho} \quad (1)$$

Avec :

E : module de Young

ρ : la masse volumique L'imputrescibilité : il ne se putréfie pas

-L'imputrescibilité : il ne se putréfie pas.

-L'imperméabilité : elle est extrêmement grande mais le verre reste poreux pour certains liquides comme le Kérosène.

I-2-4-2. Propriétés thermiques

-La dilatation : c'est un très mauvais conducteur de chaleur. Il se brise s'il subit un brusque changement de température, car les différentes parties du verre ne se réchauffent pas en même temps. Son coefficient de dilatation est faible, ce qui lui confère de nombreuses applications : il sert d'isolant thermique (laine de verre).

On retrouve presque les mêmes coefficients que certaines métaux d'où l'exécution de soudures verre-métal. Ce coefficient varie selon la composition.

-La conductivité : il est mauvais conducteur (environ 500 fois moins que le cuivre) ; on l'utilise comme isolant électrique. C'est aussi un bon isolant acoustique suivant l'épaisseur de la feuille. Ceci n'est pas le cas à chaud, car il devient conducteur à partir de 250°C. Il est ininflammable et incombustible.

I-2-4-3. Propriétés chimiques

- L'action de l'eau : l'eau agit sur les silicates qui en se décomposant, forment un dépôt en surface qui devient peu à peu opaque ; le verre perd de sa transparence.
- L'action de l'air : les silicates alcalins se combinent avec l'acide carbonique contenu dans l'air ce qui donne un dépôt blanchâtre à la surface du verre.
- L'action de la lumière : exposés aux UV, certains verres se colorent ou se décolorent.
- L'action des acides : ils décomposent la silice, le plus rapide est l'acide fluorhydrique qui permet de graver en profondeur le verre plaqué. Le verre peut donc être dissout.

I-2-5 Méthodes de fabrication des accessoires des sanitaires :

Les accessoires sanitaires en poudre de verre peuvent être fabriqués selon différentes méthodes, notamment :

I-2-5-1. La méthode de moulage par injection :

Cette méthode consiste à utiliser une machine de moulage par injection pour injecter la poudre de verre fondu dans un moule. Le moule est ensuite refroidi pour permettre le moulage par injection : cette méthode consiste à injecter de la poudre de verre dans un moule, puis à la faire durcir à haute température. Cette méthode permet de produire des pièces avec une précision et une finition élevées.

I-2-5-2. La méthode de frittage :

Cette méthode implique la compression de la poudre de verre dans une forme souhaitée, puis la cuisson à haute température pour lier les particules de verre ensemble. Cette méthode est couramment utilisée pour produire des poignées de porte et des boutons de tiroir.

I-2-5-3. La méthode d'extrusion :

Cette méthode consiste à faire passer la poudre de verre à travers une matrice pour lui donner une forme spécifique, puis à la cuire à haute température pour la faire durcir. Cette méthode est souvent utilisée pour créer des accessoires sanitaires de forme tubulaire tels que des porte-serviettes et des distributeurs de savon.

I-2-5-4. La méthode de pressage :

Cette méthode implique la compression de la poudre de verre dans un moule à haute pression pour lui donner la forme souhaitée, puis à la cuire à haute température. Cette technique est couramment utilisée pour créer des éviers et des lavabos en poudre de verre.

En général, les accessoires sanitaires en poudre de verre sont souvent fabriqués à partir de verre recyclé, ce qui en fait une option écologique et durable pour aménager votre salle de bain.



Figure-I-3. Ensemble d'accessoires salle de bain

I-2. Valorisations de verre dans le domaine de Génie Civil :

Lorsque concassé très fin, voir en poudre ; le verre développe des propriétés cimentaires. A cet égard, il pourrait être utilisé pour substituer une partie du ciment. Les études restent à compléter.

Les rebuts de verre, comme d'autres matériaux, sont utilisés dans la fabrication

du ciment Portland. Les verres de récupération sont ainsi utilisés comme constituant principal pour le clinker, un adjuvant pour le ciment, ou même comme granulat pour le béton. L'utilisation du verre dans le ciment Portland en est encore à l'état expérimental. Ces débris de verre sont préalablement lavés avant de passer dans une meule à verre.

Le résultat de ce meulage est une poudre qui passe le tamis de 0,4 μm . L'examen aux rayons X montre qu'il s'agit d'une poudre amorphe.



Figure-I-4. Verre coloré broyé

D'après une étude récente réalisée par Dyer et Dhir, 2001 sur le comportement des débris de verre dans le ciment Portland, les résidus de verre affichaient la composition chimique décrite dans le tableau

Tableau-I-2 Composition chimique des débris de verre utilisés dans le ciment portland.

Composition	Débris de verre, masse en %			%
	Blanche	Verte	Brun	
CaO	6.43	10.26	10	64.9
Al₂O	2.41	2.81	3.2	5
SiO₂	70.39	72.05	70.01	21.1
K₂O	0.23	0.52	0.82	0.6
Na₂O	16.66	14.31	15.35	0.3
Fe₂O₃	0.32	0	0	2.7
MnO	0.04	0.04	0.04	0.01
MgO	2.59	0.9	1.146	1.6
TiO₂	0.08	0.11	0.11	0.2
Cr	0.02	0	0	0.03
SO₃	0.19	0.07	0.06	3.3

I-3-1 Les caractéristiques des agrégats de verre :

Les caractéristiques intéressant un granulats ou un agrégat varient fonction de l'usage auquel ce granulats est destiné, mais aussi de l'origine et de la nature de ce granulats. Les normes spécifiques à chaque usage définissent les caractéristiques pour lesquelles une mesure ou une évaluation est nécessaire. [11]

Par exemple la connaissance de la teneur en chlorure est importante pour des granulats destinés à la fabrication des bétons hydrauliques, sans intérêt pour les granulats destinés à la fabrication des bétons bitumineux.

Pour les caractéristiques, il y a trois types de caractéristique celles de chimique, physique et géométrique.

I-3-2 Verre dans le revêtement routier

Le verre peut être utilisé à 100 % dans les infrastructures routières. Les propriétés physiques et mécaniques du verre concassé permettent d'envisager son utilisation dans la sous-fondation d'une chaussée ; comme il peut être mélangé dans une proportion aux granulats des couches de pierre concassée de la structure de la chaussée.

Plusieurs études et projets ont été traités concernant l'utilisation du verre dans la construction des chaussées. Certains de ces projets visaient l'incorporation d'un pourcentage de résidus de verre dans les granulats conventionnels de chaussées, alors que d'autres visaient l'utilisation à 100 % du verre brisé dans certaines parties de la structure des chaussées.

Comme exemples, et dans le but de diminuer les montagnes de déchets solides dans la municipalité ; l'Université Technique du Texas (1995) a réalisé une étude sur l'utilisation des résidus de verre comme matériau de construction dans la structure et l'infrastructure des chaussées.

Le projet fut réalisé dans la ville de Devine et il consista en l'utilisation d'un pourcentage de résidus de verre brisé mélangé avec les granulats pour la construction d'une route de 1,2 kilomètre. Il en résulta que l'usage des rebuts de verre comme matériaux de constructionne causa aucun problème particulier, tant pour le producteur que pour l'entrepreneur (Rogel et Engelke, 1997).

Ainsi, les débris de verre se mélangent parfaitement aux granulats et se comportent comme un matériau normal. Ce mélange nécessite moins d'eau afin d'obtenir une densité acceptable. Les équipements de construction ainsi que les véhicules n'avaient pas eu à subir de dommages causés par l'utilisation des débris de verre comme matériau de construction en couche de base.

I-3-3 Verre dans les bâtiments

Le verre a connu, ces dernières décennies, une évolution technologique spectaculaire dans le secteur du bâtiment. Il est ainsi passé de la simple vitre au vitrage possédant de multiples propriétés tel la résistance mécanique, sécurité, isolation thermique et acoustique, contrôle solaire et décoration.

Les exigences du domaine de bâtiment au niveau de la consommation énergétique de la construction, ses résistances aux différents agents climatiques, son coté esthétique et la commodité de son entretien, nous pousse à bien choisir les bons matériaux pour la réaliser. Grace à ses qualités obtenues lors de sa transformation, le verre se voit un matériau de valeur qui pourra satisfaire aux exigences citées.

➤ (Terrezzo) :

Est un mélange de particules de verre, de marbre et de ciment Portland gris ou de couleur blanche est utilisé pour les planchers et les murs.

➤ (Brique et tuiles en verre moussé):

Est un mélange de verre avec un matériau en caoutchouc à faible densité et en ajoutant des

substances chimiques qui ont la capacité de résister à la température et de la résistance, est considéré comme un matériau insonorisant. [12]

Avec tous ses avantages, et les bénéfiques qu'il apporte au monde de la construction, le verre reste un matériau indifférencié dans notre pays ; et pourtant, son utilisation chez nous s'avère de plus en plus nécessaire.

I-3. Le sable

I-3-1 .Définition :

Le sable, dans le domaine de la construction, avant d'être un matériau qu'on prend à la pelle ou à la truelle, fait l'objet de description et de prescriptions normatives. Pour la confection de mortiers, bétons et enduits, le sable est un granulat, qui doit être conforme à la norme NF EN 12620+A1 de juin 2008. Pour cette norme, le sable est une désignation des classes granulaires pour lesquelles D (dimension maximum) est inférieur ou égal à 4 mm . Le sable peut résulter de l'altération naturelle de roches massives ou meubles et/ou de leur concassage ou du traitement des granulats.

I-3-2 Types des sables :

Le sable est avant tout un matériau naturel, issu du quartz ou du silex, largement utilisé dans le domaine de la construction. Le sable est constitué de grains plus ou moins fins, dont la dimension varie de 0,15 mm à 4,76 mm. En fonction de la taille des grains, on parle de sable fin, de gros sable ou de sable graveleux. Il existe ainsi **différents types de sables**, qui auront différentes utilisations en construction.

I-3-2-1 Sable naturels :

Les sables naturels peuvent être issus des rivières. Également appelé :

➤ Sable des rivières :

Ou « sable alluvionnaire », il se caractérise par sa forme arrondie et sa dureté, et il provient de l'action de l'eau sur les rochers.

➤ Sable de carrière :

Extrait des sablonnières et à la forme angulaire. Le sable de carrière est soit retiré du sol en masse, soit fabriqué à partir de roches extraites en carrière.

➤ Sable de mer :

Qui provient de roches sous-marines, il est particulièrement chargé en sel. L'utilisation de ce type de sable nécessite un rinçage minutieux et peut être à l'origine d'éventuelles efflorescences.

➤ Sable de feuilles :

Est un sable fin, comportant de nombreux vides d'air qui imposent lors de son utilisation une association avec d'autres sables. Ce sable est récupéré sur les reliefs montagneux.

I-3-2-2 Sable artificiels :

Les sables artificiels comprennent les sables résultant du concassage de blocs de laitier des hauts-fourneaux, le sable concassé obtenu de façon identique mais sans filler, le laitier granulé ayant subi un refroidissement rapide, et le laitier broyé obtenu à partir du concassage du laitier granulé.

I-3-3 Qualités requises pour un sable naturel ou artificiel

Un sable est jugé de bonne qualité s'il remplit certaines conditions.

Tout d'abord, il ne doit pas renfermer plus de 3 % d'impuretés (limons, produits industriels nocifs, poussière etc.).

Ensuite, il doit être composé de grains de taille et de dimensions différentes, de manière à remplir les vides laissés entre les divers types de granulats.

I-4. Le ciment

Le ciment est un liant hydraulique, il est défini selon la norme NF P 15-301 comme étant une fine mouture inorganique qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte, fait prise et durcit. Après durcissement, cette pâte conserve, même sous l'eau, sa résistance et sa stabilité.

Le ciment Portland est un liant hydraulique durcissant à l'air et dans l'eau, c'est le produit de broyage fin d'un clinker portland et de gypse naturel avec une teneur inférieure à 5%.

Le clinker Portland est le produit de cuisson, à des températures supérieures à celles de frittage aux environs de 1450°C, d'un mélange de composition bien définie de matières premières, généralement le calcaire et l'argile. Le gypse naturel est ajouté au clinker Portland pour régler le temps de prise des ciments, d'où le nom de «régulateur de prise».

En général, les ciments anhydres sont composés de clinker et de gypse auxquels on peut ajouter éventuellement des additions minérales telles que les fillers, les cendres volantes, les laitiers ou la fumée de silice pour en améliorer les propriétés.[13]

I-4-1 Matière première pour la fabrication du ciment Portland

La matière destinée à la production d'un clinker portland doit contenir 75 à 78% CaCO_3 et de 22 à 25% de matières argileuses. En général pour faire du ciment portland, on peut utiliser toute matière qui, après cuisson, donne la composition chimique convenable, contenant les oxydes essentiels : CaO , SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3 . Néanmoins pour des raisons économiques, l'utilisation de certaines matières est strictement limitée. Les matières calcaires utilisables sont: le calcaire, la pierre à ciment, la marne et les coquillages marins.

Les calcaires riches en carbonate de magnésium ne conviennent pas en général parce que, dans le ciment portland, une teneur en magnésie supérieure à 5% est considérée comme nuisible. La craie contient souvent des galets de silex qu'il faut éliminer. Quant à la marne, elle peut contenir une quantité excessive de sable siliceux. Il faut noter aussi que le calcaire pur est dur, son broyage nécessite une forte consommation d'énergie

Les matières argileuses utilisées sont : l'argile, le schiste, l'ardoise, le laitier du hautfourneau, les cendres volantes, la pierre à ciment. L'argile, le schiste et l'ardoise ont presque la même composition chimique mais correspondent à des âges géologiques et à des degrés de consolidation différents.

Les matières extraites des gisements sont concassées, broyées finement puis mélangées intimement les unes avec les autres. Le produit final appelé «farine crue» ou «cru» sera composé essentiellement de CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3 . [14]

Le clinker doit répondre à certains critères de composition chimique répertoriés dans le tableau ci-dessous

Tableau-I-3 Composition en oxydes du clinker

Oxyde	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃
Teneur limitée (%)	60-90	18-24	4-8	1-8	<5	<2	<3

Le clinker est ensuite broyé finement et mélangé avec environ 5% d'une source de sulfates (gypse ou anhydrite) et d'éventuels minéraux complémentaires pour constituer le ciment.

Une notation abrégée, couramment employée dans l'industrie cimentaire, est utilisée dans le tableau ci-dessous

Tableau-I-4 Notations cimentaires

Element	CaO	SiO ₂	Al ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	H ₂ O
Notation cimentaire	C	S	A	F	S	H

Le ciment se compose d'oxydes qui associés forment quatre phases anhydres:

- L'alite (silicate tricalcique), notée C3S.
- La bélite (silicate bicalcique), notée C2S.
- L'aluminate tricalcique, notée C3A.
- L'alumino ferrite tétracalcique, notée C4AF

Ces phases représentent plus de 95% du ciment Portland (Tableau 3)[15]

Tableau-I-5 Composition minéralogique d'un ciment Portland

Constituant	Formule chimique	Notation cimentaire	Teneur (%)
Silicate tricalcique	(CaO) ₃ SiO ₂	C3S	50-65
Silicate bicalcique	(CaO) ₂ SiO ₂	C2S	15-20
Aluminate Tricalcique	(CaO) ₃ (Al ₂ O ₃)	C3A	8-10
Alumino ferrite tétracalcique	(CaO) ₄ (Al ₂ O ₃)(FeO)	C4AF	7-10
Chaux libre	CaO	C	0,6-2,8
Gypse	CaSO ₄ (H ₂ O) ₂	CSH ₂	3-5

I-4-2 Principales catégories de ciment

Les ciments peuvent être classés en fonction de leur composition et de leur résistance normale.

a) Classification des ciments en fonction de leur composition :

Les ciments constitués de clinker et des constituants secondaires sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux par les normes NF P15-301 et ENV 197-1. Ils sont notés CEM et numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne (la notation française

est indiquée entre parenthèse). [16]

CEM I: Ciment portland (CPA - dans la notation française

CEM II: Ciment portland composé (CPJ).

CEM III: Ciment de haut fourneau

(CHF).CEM IV: Ciment pouzzolanique (CPZ).

CEM V: Ciment au laitier et aux cendres (CLC).

b) Classification des ciments en fonction de leur résistance normale :

Trois classes sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours; des sous classes "R" sont associées à ces 3 classes principales pour désigner des ciments dont les résistances au jeune âge sont élevées. Ces classes sont notées, classe 32.5, classe 42.5, classe 52.5.

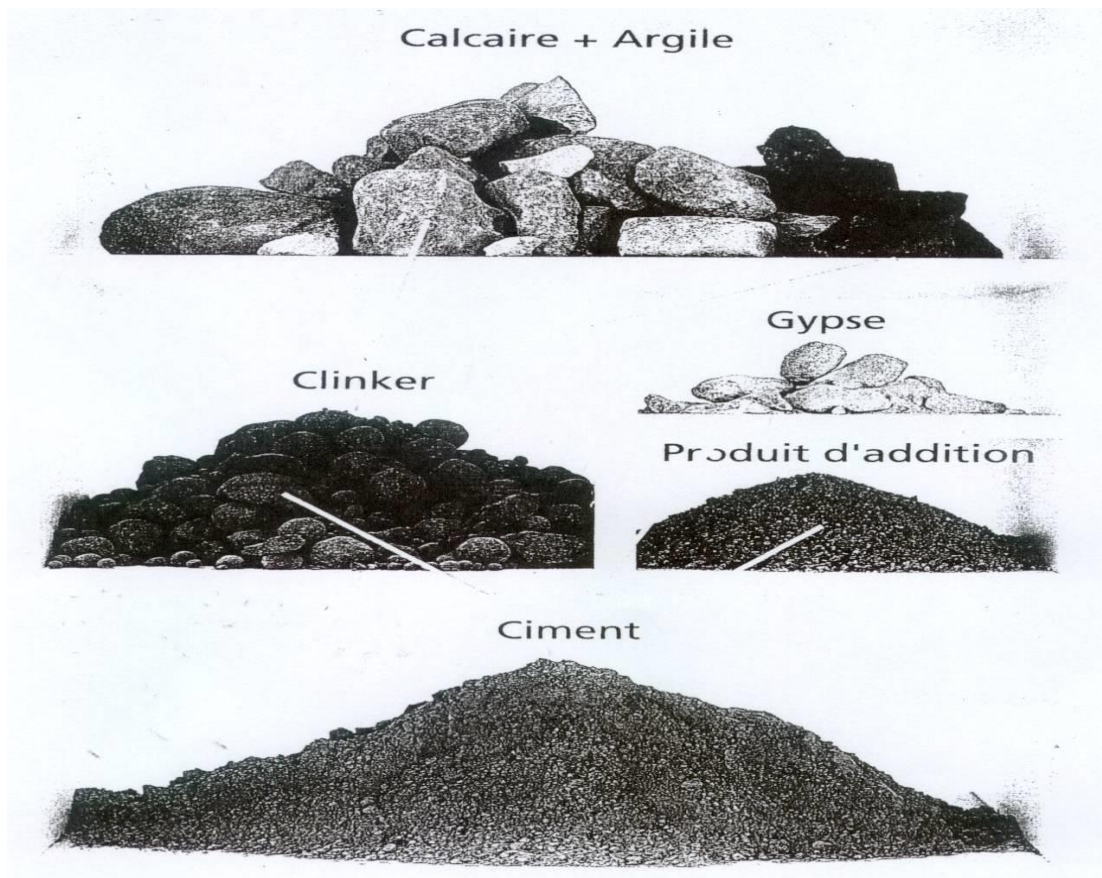


Figure-I-5. Fabrication du ciment Portland

I-5. Hydratation du ciment Portland

La mise en contact de l'eau et du ciment est appelée le gâchage. Durant cette étape, le ciment s'hydrate selon des réactions complexes. L'étude des mécanismes d'hydratation de chaque phase pure permet une première approche de la compréhension de l'hydratation du ciment Portland.

I-5-1 Évolution chimique

Le terme "hydratation" dans le domaine du ciment désigne l'ensemble des réactions chimiques

qui se produisent entre les constituants du ciment et l'eau. On distingue en réalité dans la pâte de ciment en cours d'hydratation deux types d'évolutions: une évolution chimique et une évolution mécanique. [17]

I-5-2 Principaux produits de l'hydratation

1. Hydratation des silicates de calcium C3S et C2S :

L'hydratation des silicates de calcium se fait selon trois réactions chimiques principales s'amorçant successivement puis devenant simultanées. [18]

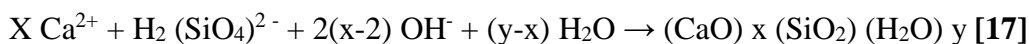
➤ Dissolution du silicate tricalcique (C3S) :

La dissolution intervient dès le gâchage du ciment ce qui rend le milieu très fortement basique. Les espèces majoritaires sont alors les ions calcium, les hydroxyles et les ions silicates ($\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$) formés selon la réaction exothermique suivante :



➤ Croissance rapide du gel de C-S-H :

Après quelques minutes d'hydratation et pendant quelques heures, les silicates, les ions calcium et hydroxyles vont donner lieu à la nucléation d'une phase de silicates de calcium hydratés appelée C-S-H, dont le rapport molaire CaO/SiO_2 est inférieur à 3. Cette précipitation complexe peut être résumée par l'équation :



➤ Précipitation de la Portlandite :

Quelques heures après le début de l'hydratation, la concentration des ions calcium en solution et le pH deviennent très élevées (entre 12,4 et 13,5).

Dans ces conditions l'hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou « portlandite » précipite selon la réaction :



2. Hydratation des aluminates :

Les phases C3A et C4AF conduisent aux mêmes produits d'hydratation. Cependant, la phase C4AF présente une cinétique d'hydratation plus lente que le C3A.

En présence d'eau, l'aluminate tricalcique réagit selon une réaction auto catalytique rapide conduisant à la formation des aluminates hydratés : C_4AH_{13} , C_2AH_8 qui se recombinent en C_3AH_6 , forme la plus stable à température ambiante. La cinétique de ces réactions est telle qu'au bout de quelques minutes un raidissement rapide de la pâte est observable. Ce phénomène, qui est appelé « prise rapide », augmente la consistance de la pâte sans développer aucune propriété de résistance mécanique et conduit donc à un matériau cimentaire de mauvaise qualité. Par conséquent, l'hydratation de l'aluminate

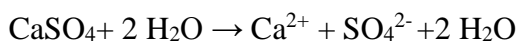
tricalcique est régulée grâce à l'ajout de 5% de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), permettant d'obtenir des cinétiques d'hydratation comparables à celles des silicates de calcium. Il est alors possible de distinguer quatre étapes dans le processus d'hydratation de l'aluminate tricalcique en présence du régulateur de prise. [19]

➤ La phase initiale

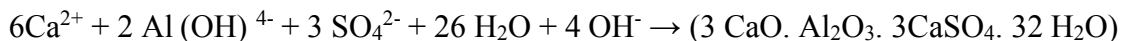
Le C3A et le gypse se dissolvent selon une réaction exothermique aboutissant à une solution sursaturée par rapport aux hydrates. Les ions se recombinent alors quasi instantanément en cristaux

de trisulfoaluminate de calcium hydraté appelés « ettringite ».

- Dissolution du C3A et du gypse



- Précipitation de l'ettringite



(ettringite) (C₃A, 32 H₂O)

L'ettringite, ainsi formée, précipite à la surface des grains de C₃A évitant l'hydratation rapide de ces derniers en C_xAH_y à l'origine du phénomène de prise rapide. Dans les pâtes de ciment, l'ettringite se présente généralement sous forme de fines aiguilles enchevêtrées

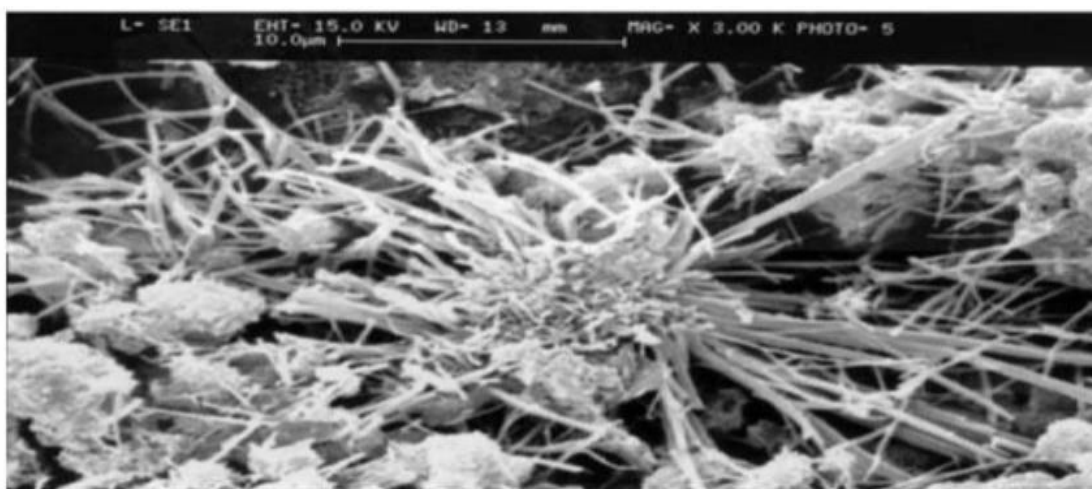


Figure-I-6. Image des cristaux d'ettringite obtenue en microscopie à balayage. [20]

- La période dormante

Pendant cette période, l'ettringite continue à se former.

- l'épuisement du gypse

10 à 24h après le gâchage, le gypse a été totalement consommé. Ainsi, l'excès de C₃A va réagir avec l'ettringite formée précédemment ce qui constitue l'unique source de sulfates.

En présence d'eau, ces constituants vont donner lieu à la formation des monosulfoaluminates de calcium hydratés selon une réaction provoquant la dissolution rapide de l'aluminate en excès :
(C₃A. 3CS, 32 H₂O) + 2 C₃A + 4 H₂O → 3 (C₃A.CS, 12 H₂O) (mono sulfoaluminates)

- Réactions à long terme

La formation d'hydrates de moins en moins riches en sulfates induit un ralentissement dans la cinétique des réactions. De plus, au-delà d'un mois, le mono sulfo aluminate, l'aluminate et l'alumino ferrite de calcium anhydre (C₄AF) réagissent lentement pour former des alumino ferrites de calcium hydraté complexes, incluant des ions aluminates, ferrates, sulfates, calcium et hydroxydes.

I-6. Fabrication de Granito

I-6-1 Définition :

Le carrelage granito, également connu sous le nom de terrazzo, est un type de revêtement de sol ou de mur fabriqué à partir de fragments de pierre naturelle, de marbre, de quartz, de granit ou de verre mélangés avec du ciment ou de la résine. Le mélange est ensuite coulé dans des moules pour former des dalles ou des carreaux.

C'est un carrelage avec une apparence unique et variée en raison des différentes tailles, couleurs et formes des fragments de pierre utilisés dans le mélange. Le carrelage granito est souvent utilisé dans les espaces publics tels que les halls d'entrée, les couloirs et les centres commerciaux en raison de sa durabilité, de sa résistance à l'usure et de sa facilité d'entretien. Cependant, il peut également être utilisé dans des espaces résidentiels pour ajouter une touche de style et de sophistication.

I-6-2 Les composants de granito :

Le granito est principalement composé de granulats de pierre naturelle, tels que du quartz, du feldspath et mica. Les granulats sont liés entre eux par une résine et colorés avec des pigments pour donner la couleur désirée. Des additifs tels que des agents durcisseurs et des agents de surface peuvent être inclus pour améliorer la résistance, la durabilité et la finition du matériau, tels que des pigments de couleur, des agents de renforcement et des agents de brillance.

I-6-3 Procédé de fabrication :

Le granito est un matériau de revêtement de sol constitué de granulats de marbre ou de pierre naturelle agglomérés avec du ciment, de la chaux, de la résine ou de la colle. Le procédé de fabrication du granito comprend les étapes suivantes :

➤ Préparation des granulats :

Les granulats sont triés et lavés pour éliminer toute impureté. Ils sont ensuite séchés avant d'être mélangés. Le mélange de granulats varie selon les couleurs et les tailles de grain souhaitées.

➤ Préparation du liant :

Le ciment ou la résine et les adjuvants sont mélangés dans des proportions précises pour obtenir un liant homogène.

➤ Mélange de granulats et liant :

Les granulats sont ajoutés au liant et le tout est mélangé dans une bétonnière ou un malaxeur jusqu'à obtenir une pâte homogène. Coulage et nivellement : La pâte est coulée sur une surface plane et nivelée à l'aide d'une règle.

➤ Consolidation :

Le granito est consolidé à l'aide d'un rouleau compresseur ou d'une machine de compression pour éliminer les bulles d'air et s'assurer de l'adhérence des granulats au liant.

➤ Polissage :

Après le durcissement, la surface de granito est polie avec des machines spéciales pour obtenir une surface lisse et brillante.

➤ Finition :

Le granito est finalement nettoyé et scellé pour protéger la surface et améliorer sa durabilité.

Le granito peut être produit en plaques pour une installation facile, ou coulé directement sur place pour un aspect continu. Le choix du procédé de fabrication dépend de l'utilisation finale du produit et des spécifications du client.

I-6-4 Le granito à base de verre coloré :

Le granito à base de verre coloré est un revêtement de sol très esthétique et écologique. Il est constitué de fragments de verre enrobés dans un liant à base de résine de polyuréthane. Ces fragments de verre sont souvent issus du recyclage de bouteilles, de fenêtres ou de pare-brise .d'un mélange de verre coloré, de ciment, d'agrégats et d'eau. Le verre est récupéré et broyé pour obtenir des morceaux de différentes tailles qui sont ensuite mélangés à d'autres matériaux pour créer un revêtement de sol unique.

Le granito à base de verre coloré est disponible dans une gamme de couleurs vives et audacieuses, ce qui en fait une option populaire pour les propriétaires qui cherchent à ajouter une touche de couleur à leur espace de vie. Il est également très résistant et durable, résistant aux rayures et à l'usure causée par le trafic élevé. En outre, il est facile à entretenir et à nettoyer, ce qui en fait une solution pratique pour les zones à forte intensité de trafic.

C'est un choix respectueux de l'environnement car il utilise du verre recyclé, qui est souvent un matériau de déchets dans les sites d'enfouissement. En réutilisant le verre, le granito à base de verre coloré contribue à réduire les déchets et à préserver les ressources naturelles. Enfin, il est abordable et peut être une alternative intéressante aux autres types de revêtements de sol plus coûteux comme le marbre ou le carrelage en céramique.



Figure-I-7. Carrelage ciment Terrazzo avec des agrégats de verre coloré

I-6-5 Les utilisations de granito :

Le granito est un matériau de construction de surface en pierre fabriqué à partir d'un mélange de ciment, de pierres concassées fines, de sable et de pigments colorants. Il peut être utilisé pour une grande variété d'applications, notamment :

- Revêtement de sol :

Le granito est utilisé comme revêtement de sol dans les espaces commerciaux, publics et résidentiels. Il est souvent choisi pour sa durabilité, ses couleurs vives et sa résistance aux rayures et aux taches.

- Plan de travail de cuisine :

Le granito est souvent utilisé pour les plans de travail de cuisine en raison de sa résistance à la chaleur et aux rayures. Il reste également facile à nettoyer et offre une grande variété de couleurs et de motifs.

➤ Façade de bâtiment :

Le granito est également utilisé comme matériau de façade pour les bâtiments tels que les hôtels, les complexes d'appartements, et les centres commerciaux. Il ajoute une touche de modernité et peut être personnalisé pour correspondre au style architectural.

➤ Mur de décoration :

Le granito est utilisé comme revêtement mural dans les espaces de vie, les salons, et les espaces commerciaux pour ajouter une touche de couleur et de texture à la pièce.

➤ Escaliers :

Le granito est utilisé pour la fabrication d'escaliers en raison de sa résistance à l'usure et à l'humidité.

➤ Œuvres d'art :

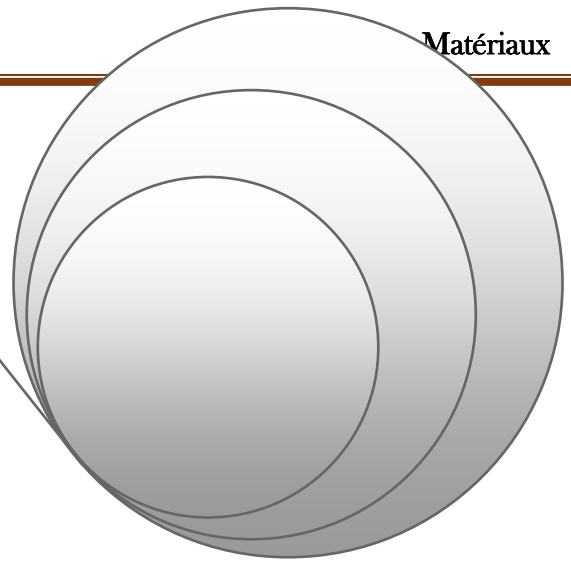
Le granito est également utilisé pour la création d'œuvres d'art telles que les sculptures, les fontaines et les murs d'eau.

En résumé, les utilisations de granito sont nombreuses et variées, et cela en fait un matériau de choix pour plusieurs projets de construction et de décoration.

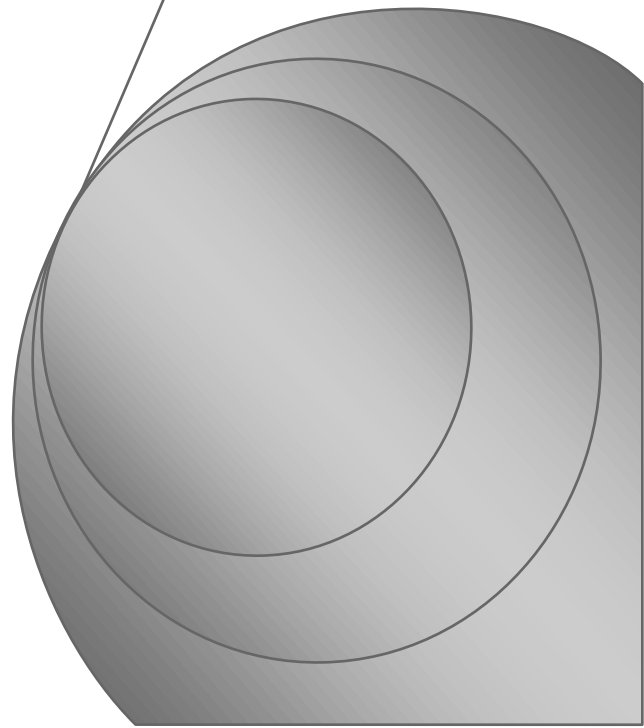
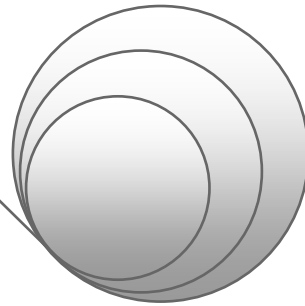
I-7. Conclusion

Le verre est donc bien présent en grande quantité dans notre quotidien mais aussi dans divers domaines scientifiques. Il est composé dans la plupart des cas d'oxyde de silicium en majorité, mais il existe d'autres types de verres à partir d'espèces chimiques différentes.

Chapitre II :



Méthodes et Matériaux



II-1. Introduction :

Dans ce chapitre sont présentés les produits et matériels utilisés dans les différentes préparations et élaborations ainsi les différentes méthodes des essais mécaniques et des analyses physico-chimique pour caractériser les matériaux préparés.

II-2. Produits et réactifs :

II-2-1. Ciment :

Le ciment est un matériau de construction couramment utilisé pour lier d'autres matériaux. Il s'agit d'une poudre fine composée principalement de calcaire et d'argile qui est mélangée avec de l'eau pour créer une pâte qui durcit avec le temps.

Nous avons utilisé deux types de ciment :

a) Ciment Portland « CPJ42.5 »:



Figure-II-1. : ciment portland

CPJ 42,5 : Le ciment Portland est un type de ciment hydraulique fabriqué en broyant du clinker de ciment. Le ciment Portland est reconnu pour sa résistance élevée et sa durabilité, ce qui en fait un matériau de construction polyvalent et largement utilisé. La classe de résistance à la compression à 28jours.

b) Ciment blanc :



Figure-II-2. : ciment blanc

Le ciment blanc est une variante spécifique de ciment. Contrairement au ciment traditionnel, qui a une teinte grise en raison de l'utilisation de clinker de ciment gris foncé, le ciment blanc est fabriqué à partir de matières premières soigneusement sélectionnées qui produisent une couleur blanche ou très claire après durcissement.

II-2-2. Sable :



Figure-II-3. : sable de carrière

Le sable de carrière désigne un type de sable utilisé dans le domaine de la construction et extrait spécifiquement des carrières. Il est principalement constitué de grains de sable d'origine minérale, souvent issus de roches telles que le granit, le calcaire, le grès ou d'autres formations géologiques appropriées.

II-2-3. Gravier 3/8:



Figure-II-4. : Gravier 3/8

Le gravier 3/8 est une désignation couramment utilisée pour décrire une taille spécifique de gravier. Le terme "3/8" fait référence à la taille des particules de gravier, exprimée en pouces.

Le gravier 3/8 se compose de particules de gravier qui passent à travers une maille ou une grille de calibrage de 3/8 de pouce, mais sont retenues par une maille ou une grille plus petite. Cela signifie que les particules de gravier ont un diamètre maximal de 3/8 de pouce, ce qui équivaut à environ 9,5 millimètres.

II-2-4. Le verre

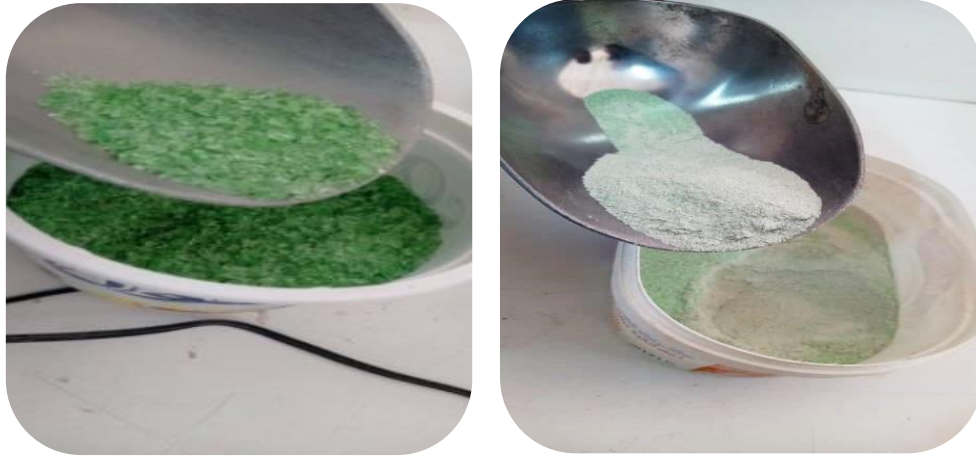


Figure-II-5. : verre concassé

Le verre est un matériau solide, transparent et amorphe, largement utilisé dans de nombreuses applications. Il est principalement composé de silice (dioxyde de silicium) et est produit en faisant fondre du sable de silice à haute température, généralement avec l'ajout d'autres composants tels que du calcaire, de la soude et de l'oxyde de plomb.

Nous avons travaillé sur deux types de verre :

- Verre vert
- Verre marron

II-2-5. La résine :



Figure-II-6. la résine époxy

La résine est un matériau polymère synthétique qui se présente sous forme liquide ou semi-liquide avant de durcir. Elle est généralement utilisée comme matériau de revêtement, d'adhésif, de moulage ou de stratification.

Il existe différents types de résines, chacune ayant ses propres propriétés et utilisations spécifiques. Mais nous on a utilisé la résine époxy : La résine époxy est un type de résine thermo setting qui durcit lorsqu'elle est mélangée à un durcisseur. Elle est largement utilisée dans les revêtements de sol, les adhésifs, les stratifiés, les composites, la fabrication de bijoux et l'art en résine.

II-2-6. Colorants :**Figure-II-7. Colorant**

Les colorants sont des substances chimiques utilisées pour donner de la couleur à différents matériaux, tels que les textiles, les peintures, les encres, les plastiques, les cosmétiques, les aliments et bien d'autres. Les colorants sont conçus pour se dissoudre ou se disperser dans le matériau auquel ils sont ajoutés, ce qui leur permet de produire une teinte ou une couleur spécifique.

II-3. Préparation et analyse granulométrie de la poudre des déchets de verre coloré :**II-3-1. Traitement des verres :**

On a utilisé dans notre travail deux types de verres:

- Les bouteilles de boisson d'alcool.
- Les flacons de médicaments.

Avant utilisation, elles sont lavées à l'eau chaude et les feuilles collantes des flacons sont séparées.

II-3-2. Préparation de l'échantillon :**II-3-3. Lavage et élimination les impuretés**

Lavage des bouteilles et enlever les matières plastiques.

Laisse ces déchets à l'aire libre pour le séchage.

**Figure-II-8. : Lavage des bouteilles**

II-3-4. Concassage

Tout d'abord, les bouteilles sont broyées dans le dispositif de broyage.



Figure-II-9. Appareil du concassage de verre

Ensuite on tamise le verre dans les tamis.



Figure-II-10. : tamisage du verre

II-3-5. Analyse granulométrique (NF P 18-560) :

Après le ramassement de la quantité de verre qu'on va utiliser dans cette recherche, une analyse granulométrique de cette quantité est effectuée pour déterminer les distributions granulaires des grains et pour déduire le module de finesse (MF).

II-3-5-1. Matériels utilisés :

- ✓ Une balance.
- ✓ Tamis à mails carrés de différentes ouvertures.
- ✓ Un tamiseur électrique.
- ✓ l'échantillon.

La série de tamis qu'on va utiliser est la suivante : 2 - 1.6 - 1 - 0.5 - 0.16 - 0.08 mm.

II-3-5-2. Tamisage

Principe de l'essai:

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue. Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

Préparation la série des tamis, en les classant de haut vers le bas dans l'ordre de mailles décroissantes sans oublier le fond afin de récupérer les fines, et le couvercle afin d'éviter la perte de matériau et la dispersion de la poussière, à l'ordre suivant :

2 - 1.6 - 1 - 0.5 - 0.16 - 0.08 mm.

On va peser une quantité de chaque type du verre à l'aide balance électrique et mettre dans le haute de la série de tamis, on va régler la tamiseuse électrique pendant 10 au 15min.



Figure-II-11. Les matériels utilisés pour analyse granulométriques (verre)

II-4. Préparation des moules pour les accessoires douche :

Pour les modèles, nous avons travaillé avec des moyens simples accessibles à tous.

On a préparé les moules comme les boites du fromage kiri pour fabriquer le moule de porte savon, aussi des bouteilles d'eau pour les portes savons liquide ou porte de fourchette des dents

Voici quelque photos des moules :

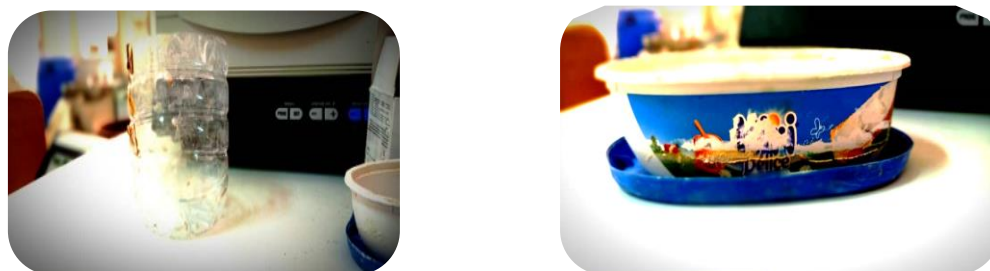


Figure-II-12. les moules des accessoires douche

II-4-1. Mode opératoire :

Nous préparons les matériaux : ciment blanc et poudre de verre 80 avec 0,4 verre, ainsi que des colorants et de l'eau.

On mélange du ciment avec du verre, puis on ajoute de l'eau pour obtenir une pâte légère.

Prendre un peu de pâte et y ajouter les colorants pour décorer.

Avant de vider, nous peignons les moules avec de l'huile pour faciliter sa séparation.

Décorer le moule, puis vider la pâte et laisser reposer 24h.

➤ Résultat :



Figure-II-13. Accessoire de douche

II-5. Préparation des éprouvettes substitués par la poudre de verre pour les essais mécanique :

On a préparé des éprouvettes substitués par la poudre de verre (80) à déférent pourcentage massique selon le tableau II-1 suivant :

Tableau-II-1 les différents pourcentages de verre

1 ^{ère} épreuve	2 ^{ème} épreuve	3 ^{ème} épreuve	4 ^{ème} épreuve	5 ^{ème} épreuve
90% ciments blanc +10% poudre de verre	80% ciment blanc +20% poudre de verre	70 % ciment blanc +30% poudre de verre	60 % ciment blanc +40% poudre de verre	50% ciment blanc +50% poudre de verre

II-5-1. Matérielles utilisées :

- Balance
- 2 bols à mélanger
- Des éprouvettes
- Le moule 4×4×16
- Marteau



Figure-II-14. Les matérielles utilisés pour faire les pourcentages

Les pourcentages à 10% jusqu'à 50% :

On fait le mélange 2 couche :

La première couche : (ciment portland avec la poudre de verre).



Figure-II-15. Mélange de ciment portland avec la poudre de verre

La deuxième : (ciment blanc et la poudre de verre)



Figure-II-16. Mélange de ciment blanc avec la poudre de verre

Nous les mettons dans un moule.



Figure-II-17. Les moules avec le mélange de chaque pourcentage.

Après on met le moule sur l'appareil du choc pour que le mélange colle bien



Figure-II-18. Appareil du choc

Ensuite le laissons sécher 24 heures, et enfin on démouler le mélange.



Figure-II-19. Les pourcentages 10% - 50%

On a aussi préparé des échantillons de béton imprimé des différents pourcentages :

Un témoin (ciment portland+sable+gravier 3/8+l'eau)

Deuxième échantillon (80% verre poudre+ciment+gravier3/8)

Troisième échantillon de (70% verre poudre+ciment+gravier3/8)



Figure-II-20. Béton imprimé de différent pourcentage

II-6. Méthode de fabrication de carreau sol granit :

II-6-1. Formulation de carreau sol granit :

La dimension des carreaux utilisés pour la préparation des éprouvettes prismatiques de démentions $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ pour le sol granit, ainsi que leurs accessoires, plots, raclettes et appareil à démouler destinés aux essais mécaniques.



Figure-II-21. les moules de $4 \times 4 \times 16$

II-6-1-1. Préparation des moules :

- Nettoyage des moules.
- Le montage et mise en place.
- Badigeonner les moules avec les huiles.

II-6-1-2. Malaxage de carreau sol :

Le mélange doit être effectué au moyen d'un malaxeur, ces carreaux sont malaxés pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme :

Introduire l'eau en premier dans la cuve du malaxeur, y verser ensuite le ciment portland 42.5, mettre le malaxeur en marche à vitesse lente.

Après 30 s de malaxage, introduire régulièrement la poudre de verre 80nm pendant les 30 s suivantes. Mettre

alors le malaxeur à sa vitesse rapide et continuer le malaxage pendant 30s supplémentaires.

Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30s. Pendant les 15 premières secondes enlever au moyen d'une raclette en caoutchouc tout le mélange adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.

Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 s.



Figure-II-22. Malaxeur

a) Confection des éprouvettes :

Après la préparation des carreaux sol pour chaque série d'éprouvette, on remplit le moule de dimensions $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$

Les éprouvettes sont moulées manuellement jusqu'à la moitié de carreau sol préparé.

On met le moule sur la table à choc et bien fixe.

On met la machine en marche pour 60 chocs.

On laisse ces moules dans une salle humide jusqu'au moment du démoulage.

Chaque moule est extrait de la salle de conservation à l'heure prévue pour son démoulage.



Figure-II-23. mélange ciment et poudre avec colorant



Figure-II-24. modèle de carrelage avant démoulage

Remarque :

On prend les mêmes mesures et étapes pour le ciment blanc en les séparant parpour bien fixer les deux couches (ciment portland et ciment blanc)

Pour la décoration du surface on a vas essayer avec plusieurs designs comme suit :

b) Les grains de granit avec les grains de verre

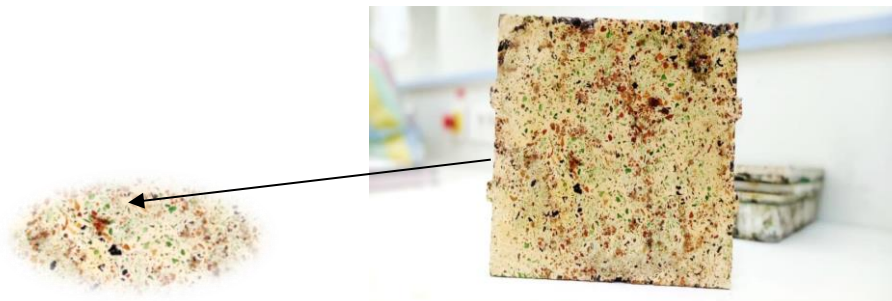


Figure-II-25. Carreau de verre

c) Les grains de verre de différente dimension

➤ Sans colorant :

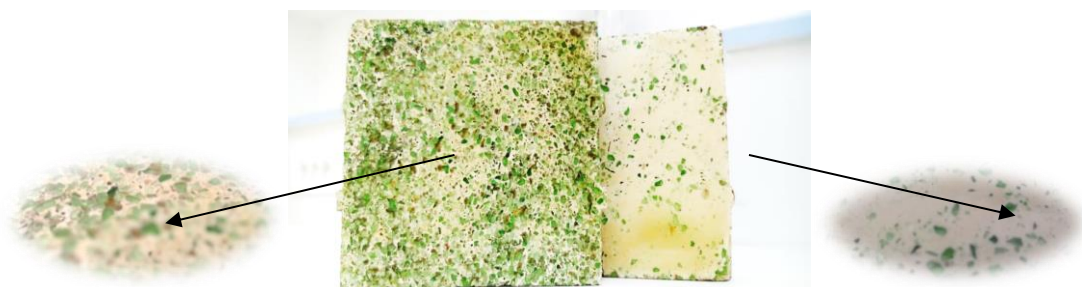


Figure-II-26. Carreau de verre.

➤ Avec colorant :

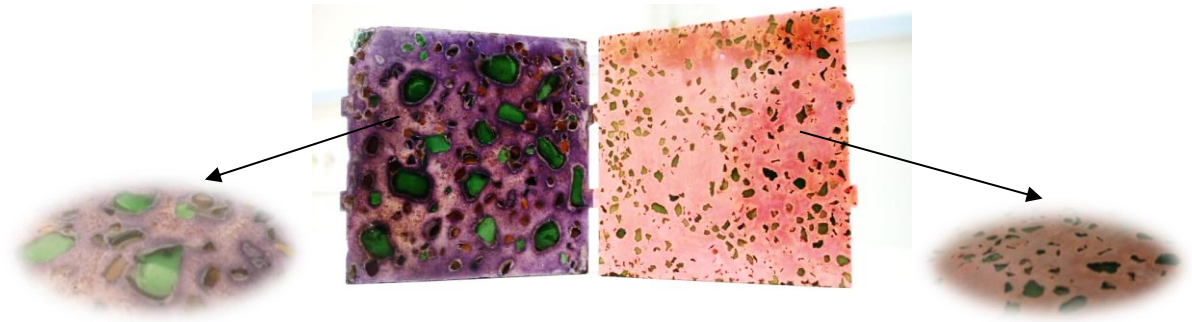


Figure-II-27. Carreau de verre avec couleur.

d) Colorant :



Figure-II-28. : Faïence.

On laisse ces moule dans une sale humide jusqu'au moment du démoulage.

Chaque moule est extrait de la sale de conservation à l'heure prévue pour son démoulage.

e) Opération de démoulage

Après un peu plus de 24H de moulage, le démoulage de ces éprouvettes qui doit sefaire avec précaution.

II-7. Méthodes de fabrication des accessoires des sanitaires :

En plus des accessoires sanitaires, nous avons préparé une vasque en faux marbre avec des moyens simples et à moindre coût

II-7-1. Matériaux utilisés :

a) Ciment blanc :



Figure-II-29. Ciment blanc

b) Le verre :



Figure-II-30. Verre poudre (marron+ver)

c) Eau :



Figure-II-31. éprouvette d'eau

d) Couleurs :



Figure-II-32. Colorant

e) Résine :



Figure-II-33. résine époxy

II-7-2. Appareils utilisés :

- Bac en plastique
- Seau en plastique
- Pistolet de colle électrique
- Une plancha

**Figure-II-34. moule de lavabo****II-7-1 Mode opératoire :**

Collé le moule bien

Ensuite faire le mélange

**Figure-II-35. mélanger le mélange**

Enfin on le verse

**Figure-II-36. lavabo avant le démoulage**

- Résultat :



Figure-II-37. Lavabo faux marbre

II-8. Technique d'analyse des matériaux préparés :

II-8-1 Diffraction des rayons x :

- Définition :

La diffraction des rayons X est un phénomène physique qui se produit lorsque des rayons X rencontrent un échantillon cristallin. Les rayons X interagissent avec les atomes et les molécules du cristal, et se diffractent sous des angles bien précis en fonction de la disposition des atomes dans le cristal.

La diffusion des rayons X est une technique d'analyse permettant d'étudier la structure des verres [21]

- But :

Cette technique est très utilisée en chimie et en physique pour étudier la structure des molécules.

- Le mode opératoire :

Pour les analyses sur échantillons massifs, ces derniers ont été placés directement dans le diffractomètre en s'assurant que leur surface soit bien dans le plan de référence. Les diagrammes ont été obtenus sur le diffractomètre de laboratoire el faradj.

Préparation de l'échantillon : L'échantillon de verre doit être poli et propre afin d'obtenir une surface plane et sans défauts.

Préparation de l'appareil de diffraction : L'appareil de diffraction doit être calibré avec un échantillon de référence, comme la poudre de silice.

Positionnement de l'échantillon : L'échantillon est monté dans l'appareil de diffraction, en faisant attention à son orientation.

Réglage des paramètres de l'appareil de diffraction : Les paramètres tels que l'angle d'incidence des rayons X, la longueur d'onde des rayons X, la largeur du faisceau et la durée

d'exposition doivent être réglés pour optimiser la qualité des données.

Acquisitions des données : Les rayons X sont envoyés sur l'échantillon et les faisceaux réfléchis sont enregistrés par l'appareil de diffraction. La position des pics de diffraction et leur intensité sont mesurées et enregistrées sous forme de données.

Analyse des données : Les données de diffraction sont analysées à l'aide de logiciels spécialisés pour déterminer la structure cristalline du matériau.

II-9. Techniques et méthodes des essais mécaniques :

II-9-1. La résistance à la traction-flexion :

➤ Définition :

L'essai de traction, à lui seul, permet de définir les caractéristiques mécaniques courantes utilisées en Résistance des Matériaux (RDM). La seule connaissance des paramètres de l'essai de traction permet de prévoir le comportement d'une pièce sollicitée en cisaillement, traction, compression, flexion, torsion. Des caractéristiques telles que la résistance élastique, la résistance mécanique et l'allongement seront déterminées lors d'un essai de traction.

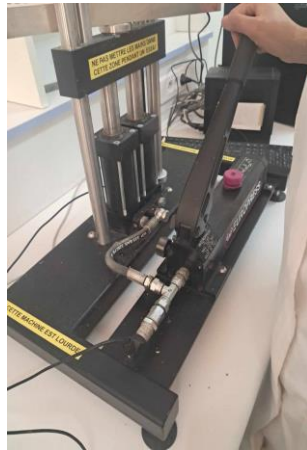


Figure-II-38. Appareille de flexion

Dans le graphique de l'essai apparait distinctement 3 zones :

La zone 1 est appelée partie élastique (linéaire), c'est-à-dire que dans cette zone, les déformations sont réversibles (si l'on relâche l'effort, l'éprouvette retrouvera sa forme de départ). R_e est la résistance élastique délimitant les zones 1 et 2.

La zone 2 est appelée partie plastique, c'est-à-dire que dans cette zone les déformations sont irréversibles (si l'on relâche l'effort, l'éprouvette va revenir à une forme qui n'est pas sa forme de départ). Il restera donc une déformation résiduelle (A_g). R_m est la résistance mécanique délimitant les zones 2 et 3.

La zone 3 est la partie endommagement, c'est-à-dire que dans cette zone l'éprouvette subit une striction (rétrécissement brutal de la section). Nous avons donc endommagé l'éprouvette, cette zone est à éviter lors d'un dimensionnement de pièces. [22]

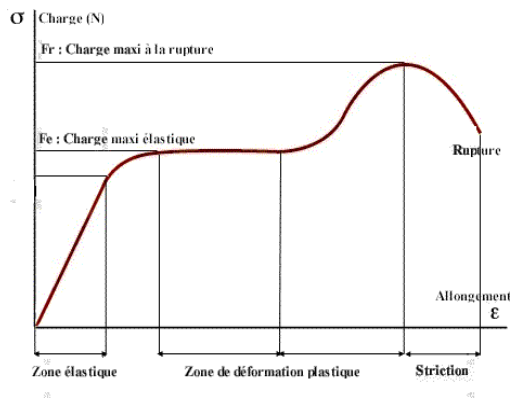


Figure-II-39. : La courbe représente les 3 zones de l'essai

➤ But :

Définir les qualités de résistance à la traction d'un matériau.

➤ Mode opératoire :

Placer le prisme dans le dispositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les rouleaux d'appui et son axe longitudinal perpendiculaire à ceux-ci.

Appliquer une charge verticalement par le rouleau de chargement sur la face latérale opposée du prisme jusqu'à la rupture.

Conserver les demi-prismes jusqu'au moment des essais en compression.

Renouveler l'essai sur les 2 autres éprouvettes.

La résistance en flexion R_f (en N/mm^2) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$R_f = \frac{1.5 \times I \times F_f}{b^3}$$

Ou :

R_f : Résistance en flexion, en N/mm^2 ou en MPa

F_f : Charge appliquée au milieu du prisme à la rupture en N

b : Coté de la section carrée du prisme en mm

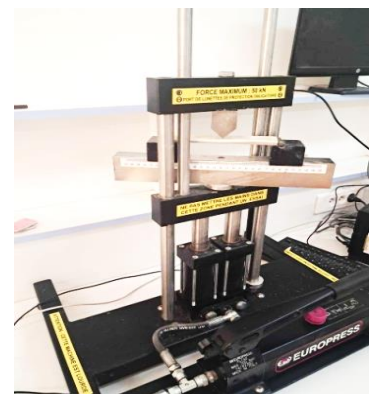
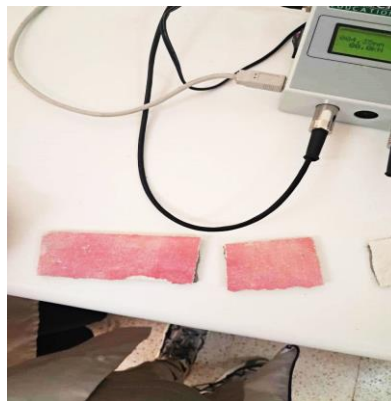


Figure-II-40. Résultat des échantillons en flexion

II-9-2. La résistance à la compression :

Définition :

L'essai de compression est l'un des tests les plus importants utilisés pour déterminer le comportement des matériaux composites. En effet, dans certains environnements industriels, il est essentiel de connaître la résistance à la compression et la capacité des matériaux et des structures à supporter des charges. Cela contraste avec les essais de traction, qui mesurent la résistance à l'allongement.



Figure-II-41. Appareille de compression

But :

Définir les qualités de résistance à la compression d'un matériau.

Mode opératoire :

Centrer chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la machine à $\pm 0.5\text{mm}$ près et longitudinalement de façon que le bout du prisme soit en porte-à-faux par rapport aux plateaux d'environ 10mm.

Augmenter la charge avec une vitesse constante durant toute l'application de la charge jusqu'à la rupture.

Relever la force de rupture : F_c (pour chaque demi-échantillon)

La résistance en compression R_c (en N/mm^2) est calculée à partir de la formule suivante :

$$R_c = \frac{F_c}{b^2}$$

R_c : Résistance à la compression en MPa

F_c : Charge de rupture en N

b^2 : Coté de l'échantillon est égale 40mm

II-9-3. Le glissement (le frottement) :

Définition :

Les essais de glissance sont réalisés au pendule de frottement SRT conformément aux normes XP CEN/TS 16165 « Détermination de la résistance à la glissance des surfaces piétonnières » et NF EN 13036-4 « Caractéristiques des surfaces des routes et aérodromes ».

Principe de l'essai :

Le Pendule Friction Tester mesure la perte d'énergie lorsqu'un tampon standard recouvert de caoutchouc glisse sur une surface d'essai et fournit une valeur standard pour la résistance au glissement. Un testeur de friction à pendule se compose d'un tampon en caoutchouc à ressort standard fixé à l'extrémité d'un bras de pendule. Lorsque le bras du pendule oscille, la force de frottement entre le patin et la surface d'essai est mesurée par la réduction de course du bras oscillant. La surveillance et l'étalonnage des pendules SRT sont effectués régulièrement grâce à la vérification par des organismes accrédités UKAS.

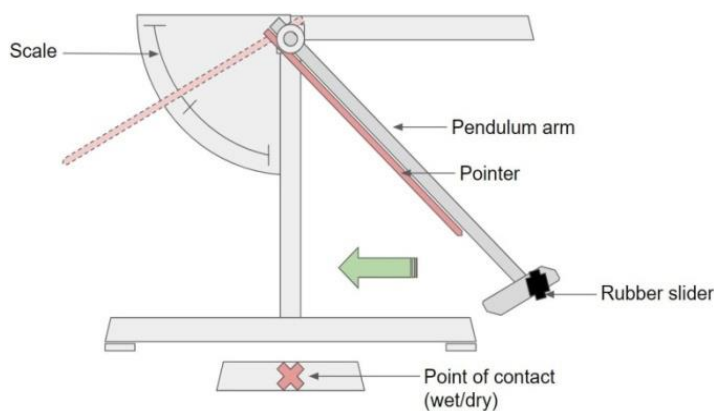


Figure-II-42. Les pièces de la machine.

Mode opératoire :

- L'appareillage à utiliser est le suivant :

Un pendule SRT

Une règle pour la vérification de la longueur de frottement, elle est matérialisée par des repères indiquant de chaque côté une tolérance de cette longueur de $\pm 1.25\text{mm}$

Un récipient d'eau pour la mise en place du film d'eau qui correspond à la situation la plus défavorable.

Un thermomètre pour la mesure de la température.

- Afin de réaliser l'essai nous suivrons les étapes suivantes :
- Mise en place:

Redresser le pied arrière du bâti et le bloquer avec l'écrou de 12,7 mm.

Régler la tête de l'appareil en position haute de façon que le pendule puisse osciller librement sans toucher le sol, puis le bloquer.

Fixer le pendule en position horizontale en le soulevant vers la droite puis le bloquer, bien vérifier que l'ergot de blocage fait saillie et empêche le pendule de se décrocher en entraînant l'aiguille.

Effectuer plusieurs lâchers du pendule en pressant le bouton de déclenchement sans tenir compte de la position de l'aiguille (au moins dix lâchers et d'avantage par temps froids).

➤ Réglage du zéro :

Ajuster le bâti à l'horizontale avec les vis de calage, en s'aidant du niveau bulle.

Amener l'aiguille contre le pendule; libérer le pendule qui entraîne l'aiguille dans son mouvement ALLER, retenir le pendule avec la main dès que le début de son mouvement de RETOUR.

Noter la position de l'aiguille sur la le cadran, puis ramener le pendule et l'aiguille en position retenue horizontale.

Faire dix fois cette mesure et noter seulement l'écart par rapport au zéro si celui-ci est faible (moins de cinq unités en moyenne). Sinon, s'il faut modifier le réglage du frottement dans l'axe de l'aiguille en agissant sur les anneaux de frottement.

Effectuer ce réglage du zéro à l'occasion de chaque nouvelle série d'essais.

➤ Réglage de la longueur de frottement:

Poser l'appareil sur le sol à l'emplacement de la mesure; régler le bâti de niveau avec les vis de calage; s'assurer de la propreté de la surface.

Dégrossir le réglage de la longueur de frottement de la façon suivante :

Libérer la tête de l'appareil et stabiliser le pendule en position verticale le patin étant soulevé, régler ensuite la hauteur de la tête de façon que dans un mouvement de balancement le patin soit tangent à la surface, puis bloquer la tête.

Affiner ensuite le réglage de la façon suivante : Poser le pendule de part et d'autre de la longueur de frottement en soulevant le patin avec le levier de façon qu'il ne touche pas la surface en dehors des points extrêmes; mesurer cette distance mettre le point extrême de contact avec la réglette. La longueur de frottement doit être de $(125.75 + 1.25)$ mm; modifier si nécessaire la hauteur de la tête jusqu'à obtention de la valeur exigée. Ce réglage conditionne directement la précision de la mesure du coefficient de frottement.

Remettre ensuite le pendule en position retenue horizontale et amener l'aiguille contre le bras du pendule l'appareil est alors prêt à fonctionner sur l'emplacement occupé.

➤ Mesure du coefficient de frottement:

Poser le thermomètre sur la surface du patin. - Mouiller abondamment la surface et le patin avec l'eau.

Libérer le pendule en pressant le bouton de déclenchement arrêté avec la main le mouvement RETOUR du pendule avant que le patin ne frappe la surface; noter la graduation indiquée par l'aiguille à une unité près.

Ramener le pendule en position de départ, en levant le patin avec le levier de relèvement, ramener l'aiguille contre le pendule.

Effectuer ainsi cinq lâchers successifs en remouillant juste avant chaque lâcher, si l'écart entre les valeurs indiquées dépasse trois unités, répéter l'essai jusqu'à obtention de trois valeurs successives constantes ; puis mesurer à nouveau la longueur de frottement; si elle ne répond plus à la tolérance prescrite, l'essai est annulé.

Répéter si possible l'essai à cinq emplacements différents mais assez rapprochés.
 Noter la température de l'eau à la surface et contrôler à nouveau le réglage du zéro.

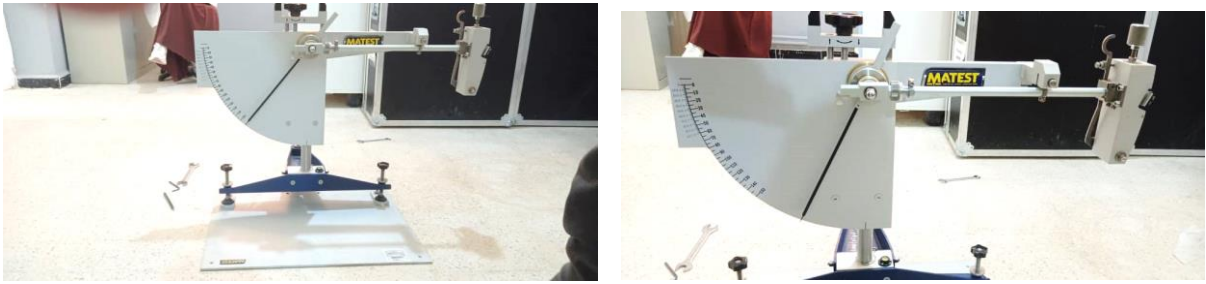


Figure-II-43. l'appareille de glissement

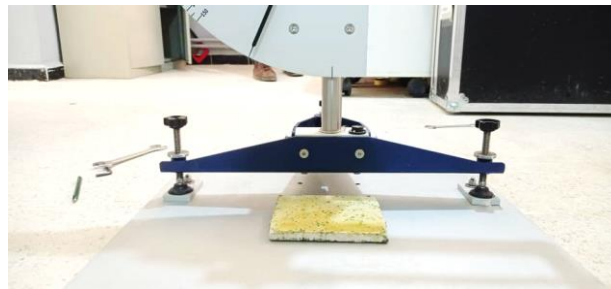
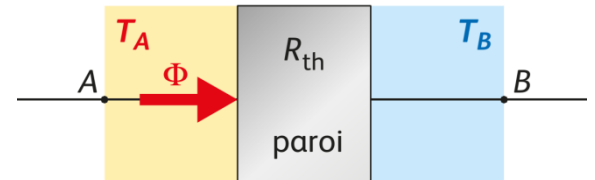


Figure-II-44. appareille avec l'échantillon

II-9-4. La résistance thermique :

Définition :

On nomme **résistance thermique** (noté R_{th}) la caractéristique de la paroi qui mesure sa capacité à limiter le transfert thermique. Plus une paroi est isolante, plus sa résistance thermique est grande.



On montre que la résistance thermique d'un matériau est liée au flux thermique à travers la paroi et à la différence de température entre les 2 faces du matériau par :

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{\Phi} \begin{cases} \Delta T = T_A - T_B = \text{Variation de température (en K)} \\ \Phi = \text{Flux thermique (en W)} \\ R_{th} = \text{Résistance thermique du matériau} \end{cases}$$

On définit également la **résistance thermique surfacique**, notée R_s , comme la résistance thermique de la paroi pour une surface de 1 m^2 .

$$R_s = S \times R_{th} = \frac{e}{\lambda}$$

Le flux thermique Φ peut donc aussi s'écrire :

$$\Phi = \frac{S}{R_s} \times \Delta T = \frac{S}{R_s} \times (T_c - T_f) \quad (\text{avec } S = \text{surface de la paroi})$$

Remarque : dans le cas d'une paroi constituée de plusieurs couches de matériaux différents, les résistances thermiques s'additionnent.

La conductivité thermique : λ d'un matériau caractérise sa capacité à conduire la chaleur : plus la valeur de λ est faible, plus le matériau est isolant. Elle s'exprime en $W.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ (ou $W.m^{-1}.K^{-1}$)

Le flux thermique Φ (en W ou $J.s^{-1}$) à travers une paroi de surface S (en m^2), d'épaisseur e (en m), constituée d'un seul matériau de **conductivité thermique** λ (en $W.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$), est donnée par :

$$\Phi = \frac{\lambda \times S}{e} \times \Delta T = \frac{Q}{\Delta t} \quad \left\{ \begin{array}{l} \lambda = \text{conductivité thermique (en } W.m^{-1}.K^{-1}) \\ S = \text{surface de la paroi (en } m^2) \\ e = \text{épaisseur de la paroi (en } m) \\ \Delta T = T_c - T_f = \text{Variation de température (en } K) \\ Q = \text{quantité de chaleur échangée (en } J) \text{ pendant la durée } \Delta t \text{ (en } s) \\ \Phi = \text{Flux thermique (en } W) \end{array} \right.$$

But

Mesurer la résistance thermique d'un matériau.

Mode opératoire :

Sans appareil spécifique

Pour mesurer la résistance thermique d'un matériau on place ce dernier entre deux sources de chaleur de températures constantes :

Source chaude : vapeur d'eau ($100^{\circ}C$)

Source froide : glace fondante ($0^{\circ}C$)

L'énergie thermique va alors "traverser" le matériau du côté chaud vers le côté froid.

Afin de mesurer le flux thermique, on va mesurer le temps nécessaire pour la faire fondre une masse connue de glace. La connaissance de la chaleur latente de fusion de la glace ($333 J/g$) nous permettra de connaître l'énergie ayant traversé le matériau et ainsi en déduire le flux thermique.

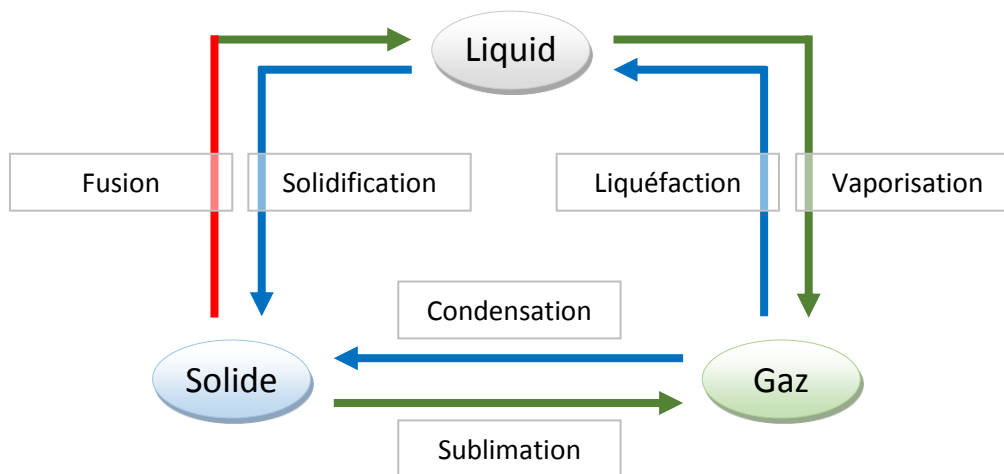


Figure-II-45. Les changements d'état.

II-9-5. La masse volumique (Kg/m^3) :

Définition :

La densité ou la masse volumique, dont le symbole est ρ (rho), est une propriété qui décrit la quantité de matière (masse) dans un espace donné (unité de volume).

- L'unité c'est en Kg/m^3
- Symbole est : $\rho = M_t / V_t$

Il ya deux type de masse :

- Masse volumique apparente.
- Masse volumique absolue.

But :

Déterminer la masse volumique du matériau étudié, sa densité à l'état naturelle et aussi on peut calculer la porosité et la compacité du matériau.

Matériel utilisé :

- Balance
- Etuve à $t=105-110^{\circ}\text{C}$
- Récipient de 1 litre
- Règle
- Entonnoir
- Main écope
- Tamis de 0.2m

Mode opératoire :

Peser le poids de chaque carreau

Calculer la surface de carreau $4*4*16$

Ensuite calculer la masse volumique du carreau par la formule suivant :

$$Mv = m/v$$



Figure-II-46. masse des carreaux

Et pour la poudre de verre on a fait deux essais de la masse volumique :

- Masse volumique apparente :

a) But :

Pour avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté.

b) Mode opératoire :

- Déterminer le volume du récipient V
- Noter la masse du récipient vide M0
- Placer le récipient dans le bac en plastique puis verser les granulats (la poudre de verre) par couches.
- Araser à l'aide de règle métallique par un mouvement horizontal de va et vient.
- Noter la masse du récipient rempli M1 (faire l'essai 3fois)
- $\rho_{app} = \frac{M2-M1}{V}$



Figure-II-47. le bac de plastique



Figure-II-48. récipient vide



Figure-II-49. récipient remplier par verre poudre

- Masse volumique absolue :

a) But :

L'essai consiste à mesurer le poids volumique des grains solides qui caractérise un échantillon de sol.

b) Mode opératoire :

- Prendre un pycnomètre vide et s'assurer qu'il est sec.
- Peser le pycnomètre vide M_1
- Prendre 25g de verre et verser cette quantité dans le pycnomètre M_2
- Remplir le pycnomètre par l'eau distillée jusqu'à la moitié et placer le tout sur la plaque chauffante
- Laisser le refroidir
- Compléter avec l'eau distillée jusqu'à la graduation 250cm^3 et peser le nouveau pycnomètre M_3
- Vider le pycnomètre, le nettoyer et le sécher
- Remplir le pycnomètre par l'eau distillée jusqu'à la graduation de 250cm^3 et peser le nouveau pycnomètre M_4

$$\text{➤ } \rho_{\text{abs}} = \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_1 - m_3 + m_2}$$



Figure-II-50. Pycnomètre vide

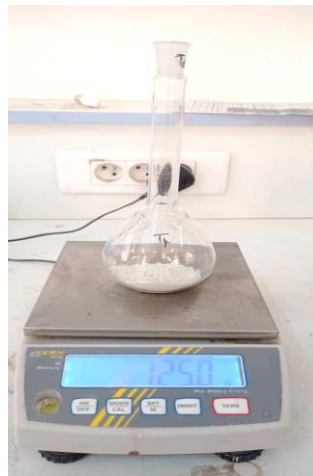


Figure-II-51. Pycnomètre avec verre



Figure-II-52. Pycnomètre avec l'eau distillée



Figure-II-53. Pycnomètre avec verre et l'eau distillée

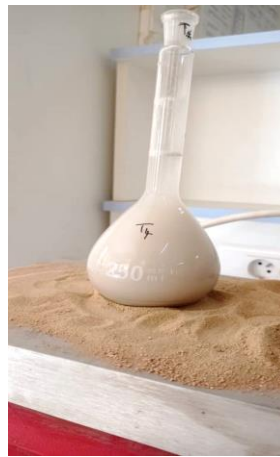


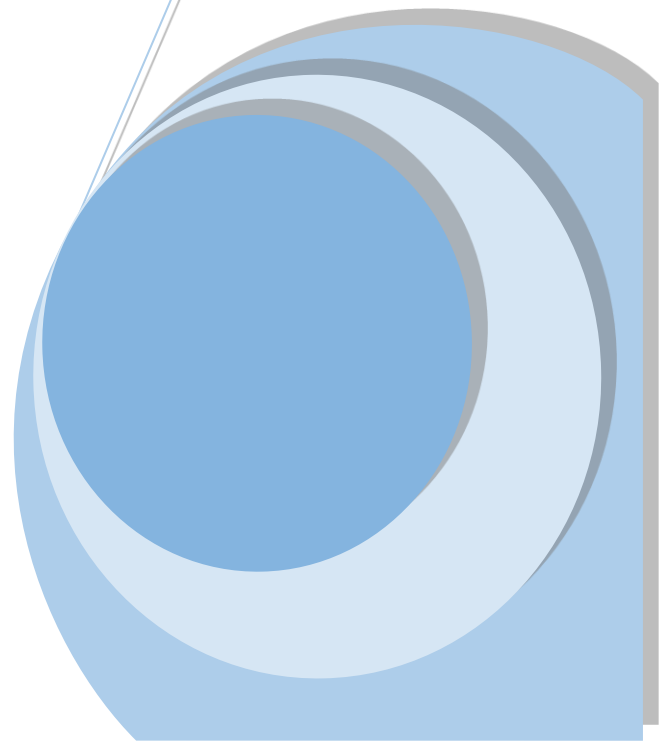
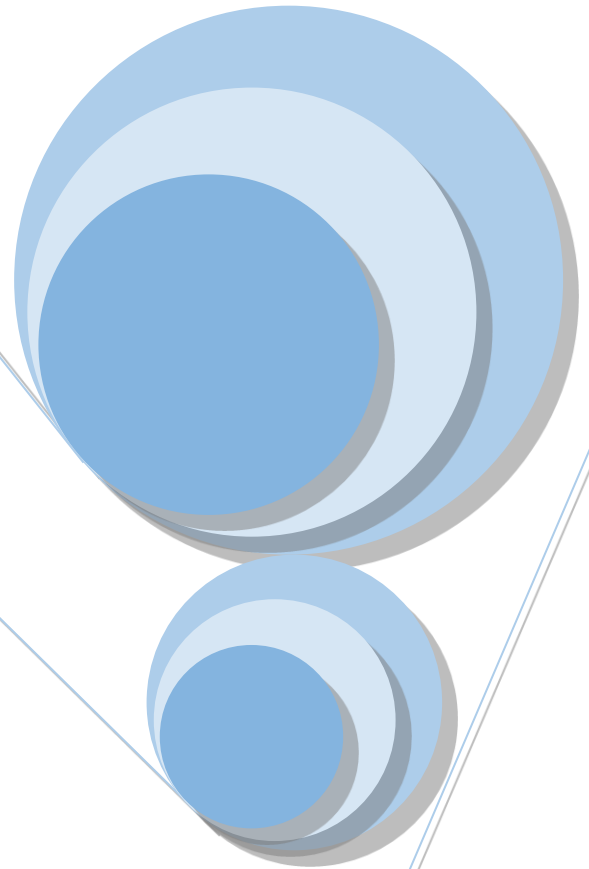
Figure-II-54. Pycnomètre à la plaque chauffant

II-10. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de présenter les différentes méthodes de caractérisation du verre, carrelage et béton imprimé. Ces méthodes de caractérisation physico-chimique et mécanique devraient permettre d'avoir une idée précise sur les propriétés des matériaux caractérisés.

Chapitre III

Résultat et discussion



III-1. Introduction :

Ce chapitre a pour but de traiter la caractérisation de types du verre, sable et le ciment utilisés dans cette recherche par l'application des différentes méthodes d'analyse au niveau de laboratoire. On passe par la suite aux résultats des essais physiques et mécaniques. Enfin, nous discutons. Ces résultats en les comparant avec d'autres travaux.

III-2. Caractéristiques physico-chimiques des matières premières :

III-2-1. le verre

III-2-1-1. Analyse granulométrique (NF P 18-560) :

Les résultats de l'analyse granulométrique sont résumés dans le tableau suivant

Tableau-III-1 Analyse granulométrique de verre.

Overture de tamis (mm)	Refus(g)	Rendement en poids (%)	Refus cumulés (%)	Passant cumulés (%)
2	1,2	0,12	0,08	99,92
1,6	130,2	13.01	7,39	92,61
1	200,2	20	23,83	76,17
0,5	111,2	11.11	57,55	42,45
0,2	502	50.15	92,97	7,03
0,1	31	3.10	97,74	2,26
0	25	2.51	100	0
Total	1000.8	100	/	/

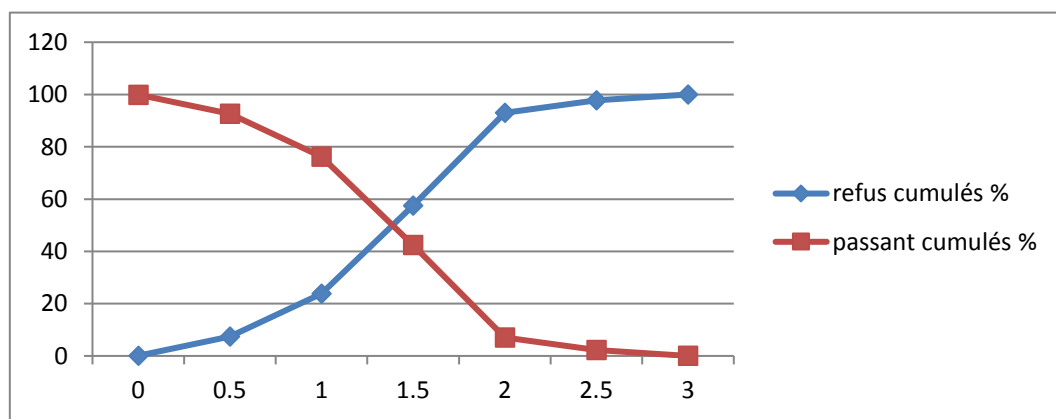


Figure-III-1. Courbe granulométrique du verre.

✓ Facteur de finesse NF P 18-540

Le sable de verre doit avoir une granulométrie telle que la proportion de fines ne soit ni trop élevée ni trop faible. S'il y a trop de particules fines, la quantité d'eau dans le béton doit être augmentée. Si le sable est trop grossier, le mélange ne sera pas assez plastique et la pose sera plus difficile. La nature plus ou moins fine du sable peut être quantifiée en calculant le module de finesse (MF).

Il s'agit de la somme des pourcentages de résidus cumulés convertis à 1 pour le tamis :

$$0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 \text{ mm}$$

- **MF = $\Sigma RC / 100$.**

RC : Nombre cumulé de rejets sur sept (%)

$$MF = \frac{95+59+38+16}{100} = 2,08$$

MF = 2,08 : le sable de verre est à majorité de grains fins.

III-2-1-2. Masse volumique :

a) La masse volumique apparente :

La masse volumique apparente est donnée par la formule suivante :

$$\rho_{app} = \frac{M_2 - M_1}{V}$$

M₁ : masse de récipient M₁=1394,1g

M₂ : la masse moyenne de 3 récipients remplie M₂=2798,47g

V : volume de récipient V=979,71cm³

Tableau-III-1 la masse des 3 récipients.

Masse de récipient 1	Masse de récipient 2	Masse de récipient 3
2779g	2793,7g	2822,7g

La moyenne : $M_2 = \frac{2779+2793,7+2822,7}{3} = 2798,47g$

La masse : $M = M_2 - M_1 = 2798,47 - 1394,1 = 1404,37g$

Calcule :

$$\rho_{app} = \frac{1404,37}{979,71} = 1,43g/cm^3$$

b) La masse volumique absolue :

La masse volumique absolue est donnée par la formule suivante :

$$\rho_{\text{abs}} = \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_1 - m_3 + m_2}$$

m_1 : pycnomètre vide = 99,9g

m_2 : pycnomètre vide + 25g de verre = 125g

m_3 : pycnomètre + verre + eau = 363,4g

P_4 : pycnomètre + eau = 348,1g

Calcule :

$$\rho_{\text{abs}} = \frac{125 - 99,9}{348,1 - 99,9 - 363,4 + 125} = 2,56 \text{ g/cm}^3$$

Résultats de notre essai :

Tableau-III-2 **calcul de la masse volumique**
apparente.

	La masse	Le volume	La masse volumique
Masse volumique apparente	M=1404,37g	V=979,71cm ³	$\rho_{\text{abs}}=1,43\text{g/cm}^3$

Masse volumique absolue : $\rho_{\text{abs}} = 2,56 \text{ g/cm}^3$

III-2-1-3. Analyse chimique :

D'après le tableau on détermine que le verre est composé de :

La calcite C'est un minéral rocheux de composition chimique le CaCO_3

La dolomie C'est une roche d'origine sédimentaire qui est constituée de dolomite : un carbonate double de calcium et de magnésium de formule chimique $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Illite Minéral argileux de structure et de composition proches de celles des micas, abondant dans les sols des régions tempérées, La formule chimique est $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$, mais il y a aussi une substitution ionique considérable (isomorphe).

Le kaolin C'est de l'argile blanche, Le principal constituant du kaolin est la kaolinite qui est un ensemble moléculaire théorique de formule « $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$ ».

Chlorite C'est un minéral incolore à gris verdâtre très répandu dans les roches métamorphiques, sédimentaires ou éruptives altérées $(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Al})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

la pyrophyllite C'est un phyllo silicate d'alumine, de formule chimique : $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, ou

Al_2O_3 , $4 SiO_2$, H_2O .

L'albite C'est un minéral de la famille des feldspaths (groupe des silicates, sous-groupe des tectosilicates), de formule $NaAlSi_3O_8$

Le microcline C'est une espèce minérale du groupe des silicates sous-groupe des tectosilicates de formule idéale $KAlSi_3O_8$, avec présence des éléments ou composés mineurs ou en trace suivants : Fe, Ca, Na, Li, Cs, Rb et H_2O

La diaspore C'est une espèce minérale de formule $AlO(OH)$ avec des traces : Fe, Mn, Cr, Si.

La topaze est une espèce minérale du groupe des silicates, sous-groupe des néso-silicates, de formule $Al_2SiO_4(F, OH)_2$ pouvant contenir des traces de fer, chrome, magnésium et titane.

Pour les caractéristiques de verre, nous allons aborder les caractéristiques chimiques

D'après le tableau III-4 on trouve que le microcline à plus que 27 % dans le verre vert et marron est majoritaire et l'albite, le kaolinite et illite sont parmi les principaux constituants et d'autres constituants qui sont entre 0,48 et 7,67

Tableau-III-3 La composition chimique de verre vert et verre marron

Sample Name	R_wp	Calcite	Dolomite	Illite	Kaolinite	Chlorite	Pyrophyllite	Albite	Microcline	Diaspore	Topaz
V V	7.424	6.66	4.83	6.43	11.57	0.48	4.4	21.15	27.1	6.87	0.5
VM	7.679	5.9	4.73	2.24	13.43	3.05	4.83	21.94	28.3	4.57	1.01

D'après le tableau on trouve que le verre vert et le verre marron ont presque la même composition chimique

La silice est le principal composant de verre

Et on a trouvé les mêmes résultats théoriques

Tableau-III-4 La composition chimique de verre vert et verre marron

Type	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Cl
verre vert	92.55	0.89	0.32	7.38	0.34	0.03	0.34	0.97	0.001
verre marron	92.53	1.04	0.38	7.14	0.43	0.02	0.39	0.96	0.002

III-2-1-4. Analyse par DRX

Selon l'analyse de diffraction des rayons x qu'on a fais dans le laboratoire de lafaraj on trouve les résultat suivant :

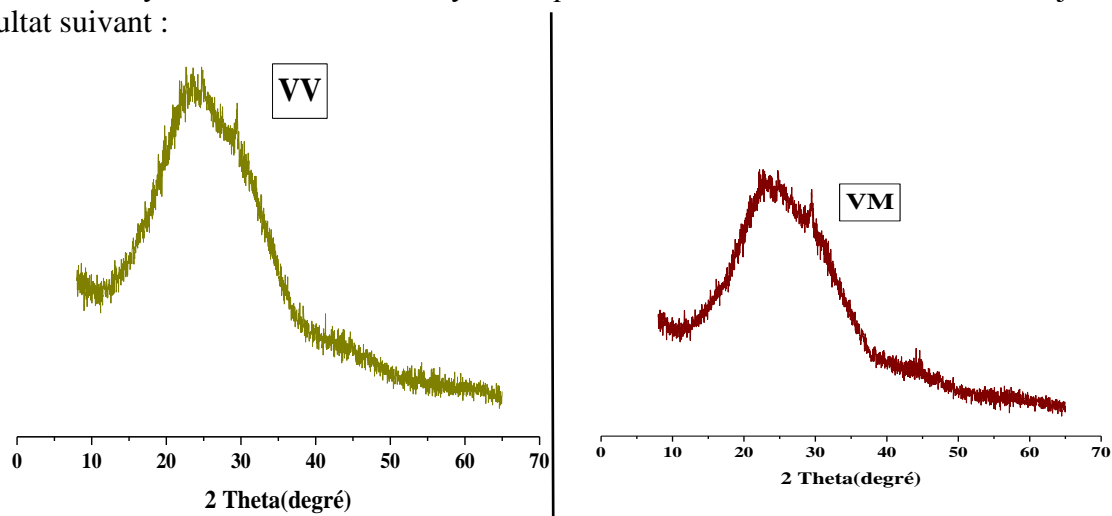


Figure-III-2. Diffractogrammes de la poudre des déchets de verres.

Les diffractogrammes de la poudre des déchets de verres respectivement VV et VM (figure III-) présentent une phase amorphe et indique l'absence des phases cristallines.

Dans ce cas, l'échantillon reste fixe et le balayage en angle θ est effectué grâce aux mouvements de la source et du détecteur autour de l'échantillon.

III-2-2. ciment :

III-2-2-1. Analyse chimique :

Selon les analyses qu'on a faites au niveau de cimenterie de béni-saf selon la norme NA442 on trouve que le composant principal de ciment est la chaux et la silice et d'autre oxyde.

Et on a trouvé le même résultat de composition chimique on théorie (chapitre 1)

Tableau-III-5 La composition chimique de ciment portland 42 .5

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	PF	Chlorures	RI	CaO
18.5	4.85	3.1	61	1	0.32	0.25	2.35	5	0.06	4	0.85

Selon le tableau : Le constituant principale c'est le clinker après on ajout des additif pour améliorer la qualité de produit

**Tableau-III-6 Les constituants de ciment
en%**

Clinker	80%-95%
Calcaire	06%-20%
Pouzzolane	00%-05%
Gypse	00%-05%

III-2-2-2. Analyse physique :

Selon le tableau qui résume les résultats de analyse physique de ciment qu'on a fais au niveau de labo physique et mécanique de cimenterie de béni saf selon la norme NAA442 on trouve que le ciment portland 42.5 est plus résistant

**Tableau-III-7 :Les caractéristiques physico-
mécaniques de ciment**

SS Blaine Cm2 \g	3580
Consistance %	26.15
Début de prise (mn)	80
Résistance à la compression 02 jours (N\mm2)	14 .75
Résistance à la compression 08 jours (N\mm2)	47 .5
Expansion à chaud sur pàle (mm)	10

III-2-3. Le sable de carrière :

III-2-3-1. Analyse granulométrie :

La composition granulométrique déterminée par tamisage de sable de carrière selon le tableau III- suivant :

Tableau-III-8 analyse granulométrique de sable de carrière

ouverture des tami(mm)	Masse(g)	rendement de poids %	Refus cumulés %	Passant cumulés %
5	0,00	0,00	0,00	100,00
4	18,00	1,05	6,00	94,00
2	102,00	8,51	34,00	66,00
1	162,00	13,52	54,00	46,00
0,5	200,00	16,70	66,66	33,34
0,250	222,00	18,53	74,00	26,00
0,125	242,00	20,65	80,66	19,34
0,063	252,00	21,04	84,00	16,00
Total	1198	100	/	/

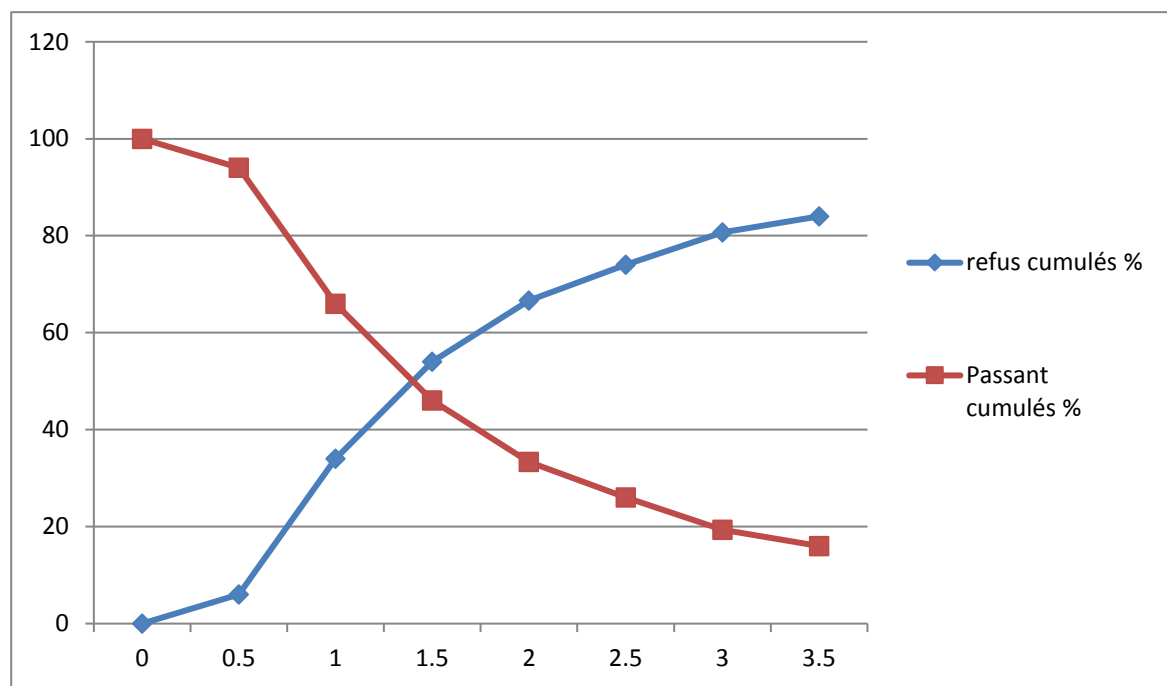


Figure-III-3. Distribution granulométrique du sable.

Le module de finesse :

$$MF = \frac{6+34+54+66.66+74+80.66}{100} = 3,2$$

III-2-3-2. Analyse chimique :

Selon le tableau on définit que le sable de carrière et le verre vert et marron ont la même composition chimique et c'est pour ça on a remplacé le sable par le verre vert et marron

Tableau-III-9 La composition chimique de sable de carrière

Composition chimique	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	PAF
Sable	94.78	2.03	0.614	0.44	0.07	0.94	0.08	0.01	0.02	0.08	0.90

III-3. Caractéristique mécanique et thermique de produit**III-3-1. Béton imprimé :**

Nous avons mis les résultats sous forme des tableaux III

III-3-1-1. La résistance à la (flexion-compression) :

Pour comprendre le comportement mécanique des éprouvettes, des essais de flexion en traction ont été effectués sur les éprouvettes, suivis d'essais de compression sur les moitiés cubiques.

➤ Flexion :

Tableau-III-10 La force appliquée à la traction par flexion.

Témoin	0,7 KN
Echantillon de 70%	0,9 KN
Echantillon de 80%	1,3 KN

Calcule :

$$Rf = \frac{1.5 \times l \times Ff}{b^3}$$

b=40mm et h=160mm

l = 100mm

Exemple de calcul :

$$Rf = \frac{1.5 \times 100 \times 700}{40^3} = 1,641 \text{ MPa}$$

Tableau-III-11 Résistance a la traction par flexion

Les échantillons	Résultat de Rf (MPa)
Témoin	1,641
70%	2,109
80%	3,047

➤ Compression :

Tableau-III-12 Les forces appliquées à la compression

Les échantillons	1	2	La moyenne
Témoin	46,80 KN	40,30 KN	43,55 KN
70%	52,70 KN	55,01 KN	53,85 KN
80%	68,02 KN	66,71 KN	67,36 KN

Calcule :

$$R_c = \frac{F_c}{b^2}$$

On a l'échantillon de 4×16

b=4cm =40mm

Tableau-III-13 Résultat du calcule la résistance à la compression

	Fc (N)	b ² (mm)	Rc (MPa)
Témoin	43550	1600	27,22
70%	53850	1600	33,66
80%	67360	1600	42,10

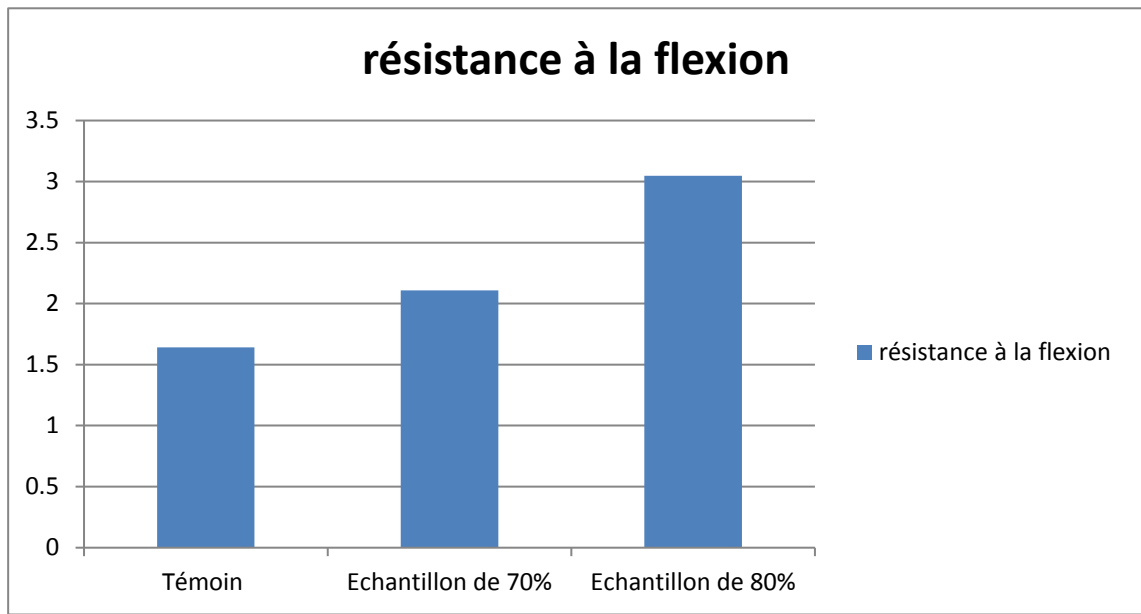


Figure-III-4. Résistance à la flexion de béton imprimé

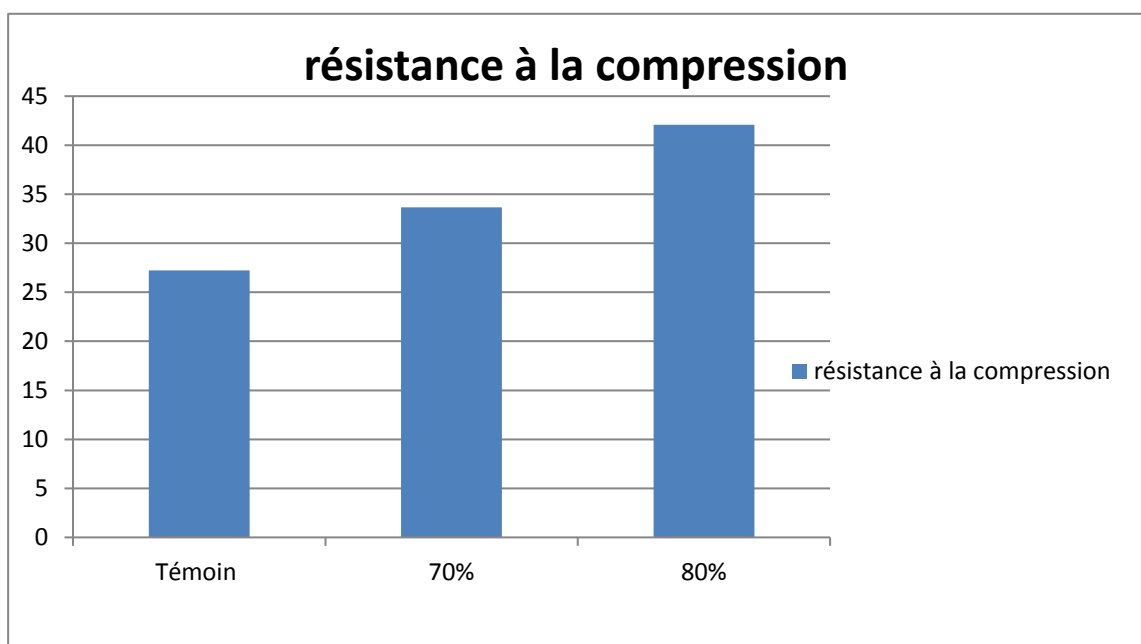


Figure-III-5. Résistance à la compression de béton imprimé

III-3-1. Les carreaux de carrelage :

III-5-2-1. La résistance à la flexion:

Tableau-III-14 force appliqué la résistance à la flexion.

Témoin 0%	0,2KN
Echantillon de 10%	0,4 KN
20%	0,4 KN
30%	0,3 KN
40%	0,8 KN
50%	1 KN

Calcule :

$$Rf = \frac{1.5 \times l \times Ff}{b^3}$$

Tableau-III-15 Les résultats de la résistance à la flexion

Les échantillons	Résultat de Rf (MPa)
0%	0,468
10%	0,937
20%	0,937
30%	0,703
40%	1,875
50%	2,343

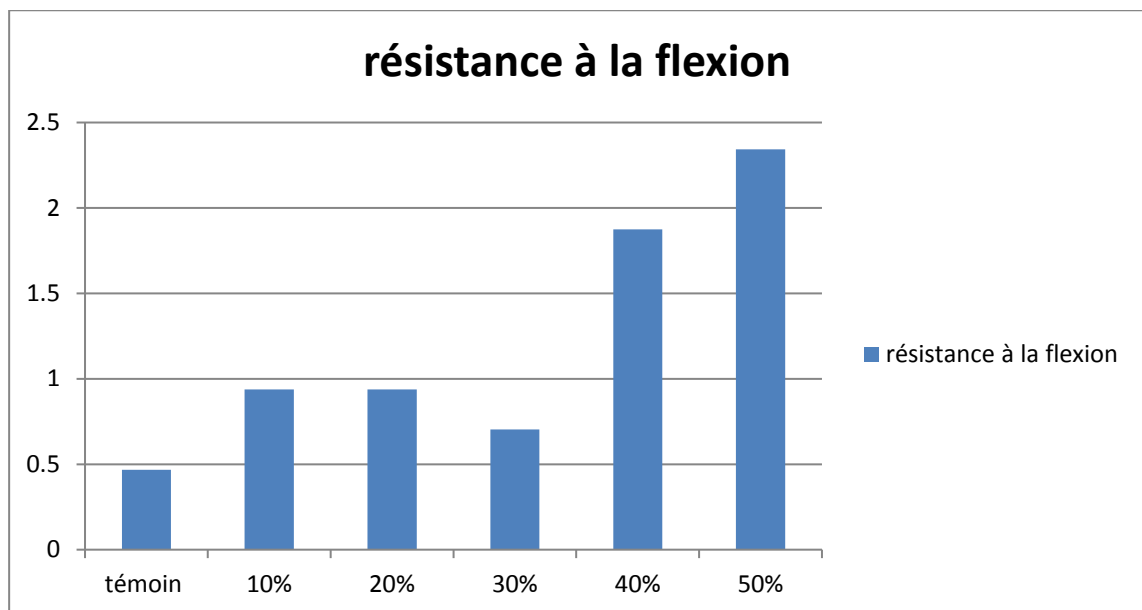


Figure-III-6. Résistance à la flexion de carreaux de sol

➤ Discussion :

D'après les figures III-, la présence de poudre de verre augmente la résistance à la compression par rapport au témoin. La différence de la résistance à la compression dépasse 40% en passant du cas témoin au cas de présence de verre.

Pour la résistance à la flexion les échantillons augmentent maximale dans le cas de 40% et 50% de verre et dépassent l'échantillon témoin.

III-3-1-2. La masse volumique :

Tableau-III-16 La masse volumique de carreaux de sol

Les échantillons	La masse (kg)	Le volume (m ³)	La masse volumique (kg/m ³)
Carreau en granit et verre	0,706	336×10 ⁻⁶	2101,2
Carreau en verre	0,482	246,4×10 ⁻⁶	1956,2
Carreau en verre avec dessin	0,695	336×10 ⁻⁶	2068,45
Carreau couleur marbré	0,306	224×10 ⁻⁶	1366,07
Carreau en verre couleur rose	0,853	448×10 ⁻⁶	1904,02
Carreau en verre couleur move	0,790	448×10 ⁻⁶	1763,4
La moyenne de la masse volumique est : 1859,89 kg/m³			

III-3-1-3. Essai de Glissement :

- Expression des résultats :

La rugosité exprime l'angularité des granulats de la chaussée mouillée et de pneumatiques lisses ou usés (l'état le plus défavorable) qui provoque les frottements nécessaires qui empêche le dérapage des pneumatiques.

Les résultats de l'expérience son reportés sur les tableaux suivants :

- Correction zéro :

Tableau-III-17 Correction à zéro

	MESURES										Moyenne	Correction moyenne
Avant l'essai	4	0,5	5	5	1	5	3	2	0	0	2,55	3,775
Après l'essai	5	5	5	5	5	5			5	5	5	

- Correction en fonction de la température :

Tableau-III-18 Correction en fonction de la température

T°C de l'eau	0	2	5	8	10	13	15	20	25	30	40
Correction	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

- Relève des mesures :

Tableau-III-19 Résultat

	Sec			Moyenne	Humide			Moyenne
1	100	105	107	104	40	40	35	38,3
2	103	100	95	99,3	30	30	28	29,3
3	90	95	97	94	36	32	30	32,6
Moyenne générale	99,1				33,4			

a) L'état sec :

Moyenne générale du coefficient de frottement : 99,1

Correction zéro : 3,775

Correction de température : 0

$$F = (99,1 - 3,775 - 0) / 100$$

$$F = 0,353$$

b) L'état humide :

Moyenne générale du coefficient de frottement : 33,4

Correction zéro : 3,775

Correction de température : 0

$$F = (33,4 - 3,775 - 0) / 100$$

$$F = 0,296$$

Les valeurs du coefficient de frottement longitudinal est super, ce qui signifie de bon rugosité superficielle mais une petite remarque à l'état humide la chaussée un peu glissante.

III-3-2. Accessoires des sanitaires (lavabo faux marbre) :

III-3-2-1. Essai de résistance thermique :

Après l'essai de thermique on a obtenu les résultats suivant :

Tableau-III-20 Les résultats de conductivité thermique.

	ρ (°C.cm/W)	D (mm ² /S)	C (MJ/m ³ .K)	K (W/m.K)
L'échantillon	2,933	0,211	2,933	0,618

K c'est la conductivité thermique en W.m⁻¹.k⁻¹ et sa température 25,77°C.

III-4. Discussion générale :

Les résultats de notre étude expérimentale ont permis d'en déduire que l'utilisation de la poudre de verre de diamètres entre 0,2 et 0,4mm contribue à l'augmentation dans les échantillons.

Le remplacement partiel du granulat naturel ou du ciment par le verre dans les matériaux de constructions, améliore ses propriétés mécaniques notamment les résistances en compression et flexion.

Toutefois, certains travaux conseillent l'utilisation de ce matériau, en prenant certaines précautions.

Conclusion générale

L'accumulation de déchets de verre peut être dangereuse pour l'environnement, afin d'éviter de tels risques, des solutions appropriées doivent être recherchées. Parmi les solutions possibles, il ya la réutilisation comme alternative aux matériaux de construction, et ça c'était notre sujet de recherche pour ce mémoire.

Cette étude a pour but de valoriser les déchets de verre, sous forme de poudre, substitués dans le ciment pour la conception des carreaux sol et les accessoires des sanitaires, dont l'objectif principal est d'évaluer expérimentalement l'influence de différents dosages en poudre de verre (10, 20 ,30, 40 et 50 %) sur le comportement physique et mécanique . Les produits obtenus ont été caractériser par les essais mécaniques, (flexion, compression, masse volumique, glissement), les résultats thermiques (la conductivité thermique) et l'analyse physico-chimique.

L'analyse de Diffraction des rayons X montre une phase amorphe et indique l'absence des phases cristallins.

L'analyse chimique nous montre que la silice est le composant principal. Le verre vert et le verre marron ont presque la même composition chimique.

La présence de la poudre de verre augmente la résistance à la compression et flexion par rapport au témoin, la différence de la résistance dépasse 40% .

Cependant les valeurs de coefficient de frottement longitudinal est super ce qui signifie une bonne rugosité superficielle.

Notre étude est focalisée sur deux étapes essentiels :

-Étude de composition des produits témoin, et les renforcé par des déchets de verres.

-L'amélioration de certaines propriétés physiques et mécaniques et thermique du produit par addition d'une quantité de poudre de verre.

On conclut que l'ajout des déchets de verre au produit a un effet positif sur son comportement physico-mécanique, qui est l'objectif principal de ce travail.

Perspectives

Il en ressort de cette étude d'autres possibles travaux tel que :

-La fabrication des carreaux en verre qui peuvent être conçus dans différentes couleurs et motifs pour répondre aux besoins des clients et améliorer l'esthétique des espaces intérieurs et extérieurs .

- Les lavabos et les équipements sanitaires peuvent être développés en utilisant du verre renforcé et du verre coloré pour améliorer l'esthétique des salles de bains .

- Il est possible de développer du verre traité avec des techniques antibactériennes et résistantes aux taches , ce type de verre peut réduire l'accumulation de taches et la formation de bactéries le rendant facile à nettoyer et hygiénique pour une utilisation dans les salles de bains et les lavabos.

- Carreaux en verre lumineux : Ces carreaux peuvent illuminer les espaces et apporter une touche esthétique aux bâtiments. Ils peuvent être utilisés pour les sols ou les murs afin de créer des effets d'éclairage époustouflants et attrayants.

Liste des figures

Figure-I-1.	Représentation d'un solide cristallin et le verre	14
Figure-I-2.	Composition d'un verre silico-soido-calcique.....	15
Figure-I-3.	Ensemble d'accessoires salle de bain.....	17
Figure-I-4.	Verre coloré broyé.....	18
Figure-I-5.	Fabrication du ciment Portland.....	23
Figure-I-6.	Image des cristaux d'ettringite obtenue en microscopie à balayage. [20]	25
Figure-I-7.	Carrelage ciment Terrazzo avec des agrégats de verre coloré.....	27
Figure-II-1.	ciment portland	30
Figure-II-2.	ciment blanc	30
Figure-II-3.	sable de carrière.....	31
Figure-II-4.	Gravier 3/8	31
Figure-II-5.	verre concassé	32
Figure-II-6.	la résine époxy.....	32
Figure-II-7.	Colorant.....	33
Figure-II-8.	Lavage des bouteilles.....	33
Figure-II-9.	Appareil du concassage de verre.....	34
Figure-II-10.	tamissage du verre	34
Figure-II-11.	Les matériels utilisés pour analyse granulométriques (verre)	35
Figure-II-12.	les moules des accessoires douche.....	35
Figure-II-13.	Accessoire de douche.....	36
Figure-II-14.	Les matérielles utilisés pour faire les pourcentages	37
Figure-II-15.	Mélange de ciment portland avec la poudre de verre.....	37
Figure-II-16.	Mélange de ciment blanc avec la poudre de verre	38
Figure-II-17.	Les moules avec le mélange de chaque pourcentage.....	38
Figure-II-18.	Appareil du choc	38
Figure-II-19.	Les pourcentages 10% - 50%.....	39
Figure-II-20.	Béton imprimé de différent pourcentage	39
Figure-II-21.	les moules de 4×4×16.....	39
Figure-II-22.	Malaxeur	40
Figure-II-23.	mélange ciment et poudre avec colorent	41
Figure-II-24.	modèle de carrelage avant démoulage.....	41
Figure-II-25.	Carreau de verre	41
Figure-II-26.	Carreau de verre.	41

Figure-II-27.	Carreau de verre avec couleur.....	42
Figure-II-28.	Faïence.....	42
Figure-II-29.	Ciment blanc.....	42
Figure-II-30.	Verre poudre (marron+ver)	43
Figure-II-31.	éprouvette d'eau	43
Figure-II-32.	Colorant	43
Figure-II-33.	résine époxy	43
Figure-II-34.	moule de lavabo	44
Figure-II-35.	mélanger le mélange.....	44
Figure-II-36.	lavabo avant le démoulage.....	44
Figure-II-37.	Lavabo faux marbre	45
Figure-II-38.	Appareille de flexion	46
Figure-II-39.	La courbe représente les 3 zones de l'essai	47
Figure-II-40.	Résultat des échantillons en flexion	47
Figure-II-41.	Appareille de compression	48
Figure-II-42.	Les pièces de la machine.	49
Figure-II-43.	l'appareille de glissement	51
Figure-II-44.	appareille avec l'échantillon.....	51
Figure-II-45.	Les changements d'état.....	53
Figure-II-46.	masse des carreaux.....	54
Figure-II-47.	le bac de plastique	55
Figure-II-48.	réipient vide.....	55
Figure-II-49.	réipient remplier par verre poudre	56
Figure-II-50.	Pycnomètre vide	57
Figure-II-51.	Pycnomètre avec verre.....	57
Figure-II-52.	Pycnomètre avec l'eau distillée	57
Figure-II-53.	Pycnomètre avec verre et l'eau distillée	58
Figure-II-54.	Pycnomètre à la plaque chauffant	58
Figure-III-1.	Courbe granulométrique du verre.	60
Figure-III-2.	Diffractogrammes de la poudre des déchets de verres.....	64
Figure-III-3.	Distribution granulaire du sable.	66
Figure-III-4.	Résistance à la flexion de béton imprimé	69
Figure-III-5.	Résistance à la compression de béton imprimé.....	69
Figure-III-6.	Résistance à la flexion de carreaux de sol.....	71

Liste des tableaux

Tableau-I-1	Compositions chimiques de quelques verres industriels [10].....	14
Tableau-I-2	Composition chimique des débris de verre utilisés dans le ciment portland.....	18
Tableau-I-3	Composition en oxydes du clinker	21
Tableau-I-4	Notations cimentaires.....	22
Tableau-I-5	Composition minéralogique d'un ciment Portland	22
Tableau-II-1	les différents pourcentages de verre	36
Tableau-III-1	Analyse granulométrique de verre.....	60
Tableau-III-1	la masse des 3 récipients.....	61
Tableau-III-2	calcul de la masse volumique apparente.....	62
Tableau-III-3	La composition chimique de verre vert et verre marron.....	63
Tableau-III-4	La composition chimique de verre vert et verre marron.....	63
Tableau-III-5	La composition chimique de ciment portland 42 .5.....	64
Tableau-III-6	Les constituants de ciment en%	65
Tableau-III-7	:Les caractéristiques physico-mécaniques de ciment	65
Tableau-III-8	analyse granulométrique de sable de carrière	66
Tableau-III-9	La composition chimique de sable de carrière.....	67
Tableau-III-10	La force appliquée à la traction par flexion.....	67
Tableau-III-11	Résistance a la traction par flexion.....	68
Tableau-III-12	Les forces appliquées à la compression	68
Tableau-III-13	Résultat du calcul de la résistance à la compression	68
Tableau-III-14	force appliqué la résistance à la flexion.....	70
Tableau-III-15	Les résultats de la résistance à la flexion.....	70
Tableau-III-16	La masse volumique de carreaux de sol	71
Tableau-III-17	Correction à zéro	72
Tableau-III-18	Correction en fonction de la température.....	72
Tableau-III-19	Résultat.....	72
Tableau-III-20	Les résultats de conductivité thermique.....	73

Bibliographie

- [1] Philippe Gautron, “Technique de l’ingénieur, Valorisation et recyclage des déchets,” 1993.
- [2] Y. Q. A. Boucq, G.Quinif, “Matière et Beauté, Verre-Reflet feu,” 2004.
- [3] A. Renda, “Cumulative Cost Assessment of the EU Glass Industry,” 1998.
- [4] <https://infovitrail.com/index.php/fr/histoire-du-verre> consulté le 5/05/2021.
- [5] J. Zarzycki, “Les verres et l’état vitreux,” 1982.
- [6] J. Phalippou, “Verres Propriétés et application,” 2006.
- [7] A. H. H. Satha, J. Phalippou, “Silica Glass from Aerosil by Sol-Gel Process,” 2003.
- [8] J. S. H. Satha, “Effet de la composition sur l’indice de réfraction et la densité dans les verres de silice contenant Ba, Sr et Zn,” 2002.
- [9] “L’entreprise NOVER SPA de Chlef”.
- [10] J. . Shelby, “Introduction to glass science and technology,” 1997.
- [11] ENDPC, “No Title,” 1990.
- [12] A. D. M.Boulifa, “Utilisation de poudre de verre dans le mortier,” 2017.
- [13] HAYVERT.N, “Application de l’approche probabiliste la durabilité des produits fabriqués en béton,16,” 2009.
- [14] “Thèse magistère DJOUHER”.
- [15] DELAIR.S, “Etude de l’atténuation des efflorescences sur les matériaux cimentaires au moyen de produits pouzzolaniques,” 2008.
- [16] Nicolas HYVERT, “Application de l’approche probabiliste à la durabilité des produits préfabriqués en béton,” 2009.
- [17] Eyrolles, “Ciments Français,La fabrication des ciments,” 1993.
- [18] “These magistère WAFAA”.
- [19] I.OLDER, “hydratation, Setting, and Hardening of Portland Cement.Lea’s Chemistry of Cement and Concrete,” 1998.
- [20] E.MOUDILOU, “Cinétiques et mécanismes de relargage des métaux lourds présentent races dans les matrices cimentaires,” 2000.
- [21] 1 T.E. Faber, J.M. Ziman, A theory of the electrical properties of liquid metals: III. The resistivity of binary alloys, Philos. Mag. 11(109), 153–173 (1965)
- [22] https://sti2d-jbd.fr/wp-content/uploads/07-Cours-Proprietes_des_materiaux-1.pdf



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب

حاضنة الأعمال عين تموشنت



ملحق نموذج العمل التجاري

Fiche technique du projet **البطاقة التقنية للمشروع** ■

<p>1. منصور مريم 2. معروف حفيظة 3. مونسى أسماء 4. صوافي نورهان اشواق 5. سقوني مروى ريان 6. بوزيد مجدى 7. عموش علي</p>	<p>الاسم و اللقب Votre prénom et nom Your first and last Name</p>
<p>● المنار El-Manar</p>	<p>الاسم التجاري للمشروع Intitulé de votre projet Title of your Project</p>
<p>1. 0673814327 2. 0553274301 3. 0774479284 4. 0776976341 5. 0795690500 6. 0782078338 7. 0795925929</p>	<p>رقم الهاتف Votre numéro de téléphone Your phone number</p>
<p>meriem.mansour@univ-temouchent.edu.dz hafida.marouf@univ-temouchent.edu.dz asmaamounsi@gmail.com hane7282@gmail.com mawitask@gmail.com majdabzd2@gmail.com alouche22ar@gmail.com</p>	<p>البريد الالكتروني Votre adresse e-mail Your email address</p>
	<p>مقر مزاولة النشاط (الولاية- البلدية) Votre ville ou commune d'activité Your city or municipality of activity</p>

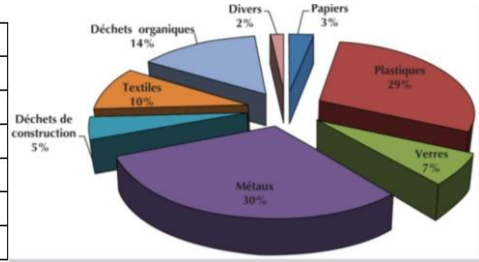
Nature de projet **طبيعة المشروع**

المنتوج ذو طابع إنتاجي

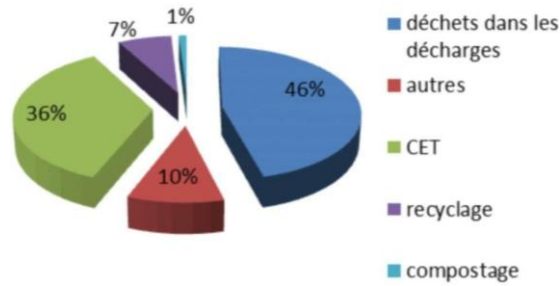
تمس قطاعات مختلفة على غرار البيئة و الموارد الطبيعية و الاقتصاد الوطني وتحسين نوعية المنتج :

- التواجد الرهيب و المستمر للزجاج الملون و عليه تنتهج الشركة تقنية صناعية من شأنها التخلص منه كونه مادة أساسية للتصنيع.

Nature des déchets	Quantité en tonnes/ an
Papier	385.000
Plastique	130.000
Métaux	100.000
Verre	50.000
Matières diverses	95.000
Total	760.000



- على الرغم من استرجاع و رسكلة كميات معتبرة من الزجاج إلا أن مؤشرات نسب الرمي تفوقها بكثير كما هو موضح:



- استنفاد الموارد الطبيعية و الاستخراج المستمر للمواد الخام.
- التقنيات الصناعية التي لا تخدم التنمية المستدامة.
- الخطورة الصحية التي تلاحق العمال اثر الاستنشاق المستمر لغبار الكاولين والسيليكا والفسبار وأكاسيد الكبريت والنيتروجين و الكلوريدات و الفلوريدات المؤدية للأمراض السرطانية والتليفات الرئوية وضيق التنفس والتسمم الرئوي وحتى الأمطار الحمضية.
- الانبعاثات الضارة الراجعة إلى الطرائق الصناعية المعتمدة في الشركات المنافسة.
- صعوبة تسويق المنتجات المعاد تدويرها نظرا لقلّة الإقبال على استعمالها من المستهلكين ويرجع ذلك انخفاض جودتها مقارنة مع المنتجات المصنوعة من المواد الخام الطبيعية الأصلية.
- كفاءة الإنتاج و نوعية المنتج.
- مساهمة النفايات الزجاجية في نشوب و توسع الحرائق الموسوية.
- ارتفاع تكلفة جمع وفرز ونقل النفايات بأجمعها مما يجعل الاستثمار في رسكلتها غير مجدي اقتصاديا.
- توفير فرص العمل وتعزيز الاقتصاد المحلي من خلال زيادة النشاط التجاري والصناعي.
- الإصابة بالأمراض المنقولة بواسطة الحشرات والقوارض إثر اتصالها بالزجاج الحامل للبقايا العضوية والحيوية ثم الاتصال المباشر بالإنسان.
- التكاليف المرتفعة.

1- القيمة المقترحة:

1/1- القيمة التي نقدمها للعميل:

- القيمة المبتكرة : تكمن في دمج الابتكار والاستدامة من خلال إعادة استخدام المواد وتحويلها إلى منتج ذو قيمة عالية يخدم البيئة و يوفر حولا مستدامة و جذابة لعملاء الشركة من خلال:
- التنمية المستدامة و السلامة البيئية : حيث تعمل الشركة على التخلص من مخلفات الزجاج الملون و استغلاله لتصنيع منتجاتها المتميزة بالمتانة والصلابة هذا ما يقلل من استنفاد الموارد البيئية والحد من تراكم المخلفات الزجاجية.
- القيمة بالحد من المخاطر : تتجلى فيما يلي:

- سلامة العمال: العمال في الشركة أقل تعرضاً للمخاطر المتعلقة بالمواد السامة بكون استغلال المخلفات الزجاجية يقلل من الحاجة إلى استخدام مواد أخرى هذا ما يوفر بيئة عمل أكثر أماناً.
- خلق ميزة تنافسية للشركة بواسطة التشكيلة الواسعة من المنتجات ما يشكل حافزاً قوياً للعملاء للاستفادة منها وشراؤها وبالتالي التقليل من المخاطر التجارية.
- السلامة البيئية: تحويل المخلفات الزجاجية إلى منتج قيم يسهم في حماية الموارد البيئية والحفاظ على التوازن البيئي.
- الخدمة المخصصة: تقدم الشركة خدمات مخصصة لعملائها بناءً على احتياجاتهم الفردية. يمكن أن تتعاون مع المشترين لتحديد التصميم والألوان والأحجام التي يرغبون فيها، مما يتيح للعملاء الحصول على حلول تناسب تماماً مشاريعهم.
- القيمة بالخدمة الشاملة تعتمد الشركة على خدمة ما بعد البيع من خلال توفير التوصيل والتركيب والرد على الاستشارات التقنية من خلال القنوات التواصلية مع العملاء
- التصميم المبتكر والمتنوع الراجع للتشكيلة الواسعة المقدمة من شركة المنار استجابة لرغبات العملاء وسعيًا لتحقيق توقعاتهم.

1/2- ما هي المشاريع الأخرى التي استهدفت نفس المشكلة والتي جرى تنفيذها؟

- مصانع البلاط و السيراميك.
- 2- شرائح العملاء :

- المطورين العقاريين.
- شركات البناء إذ تستهدفهم الشركة كعملاء رئيسيون لتوريد مشاريعهم السكنية.
- مصممو الديكور الداخلي والتصميم بغرض التجديد والتحسين في التهيئة السكنية.
- أصحاب المنازل والشقق السكنية والمؤسسات الخاصة.
- تجار الجملة والتجزئة.
- مشاريع الحكومة والمؤسسات العامة: تستخدم مشاريع الحكومة والمؤسسات العامة منتوجات في البنية التحتية العامة مثل المدارس والمستشفيات والمراكز التجارية والمباني الحكومية. تشكل هذه المشاريع جزءاً كبيراً من سوق المنتجات ويمكن أن تكون للشركة علاقات تعاون طويلة الأمد مع هذه العملاء.
- موردو المشاريع السكنية.

3- العلاقات مع العملاء:

تبحث شركة المنار على بناء علاقة متينة ومستدامة مع عملائها من خلال:

- توفير المنتج تهتم الشركة بصناعة البلاط العالي الجودة مع التصميم والألوان المختلفة لتلبية لاحتياج العملاء
- توفير المعلومات الشاملة حول المنتج من مواصفات وخصائص.
- الاستشارات: مساعدة الزبون في استشاراته الفنية والمساعدة في اختيار التصميمات والتطبيقات المناسبة للمنتجات مع تقديم الدعم الشامل
- التواصل تعمل المنار على توفير قنوات اتصال متعددة من هاتف و بريد إلكتروني و وسائل التواصل الاجتماعي
- الاستجابة لحاجة العميل من خلال توفير الطلبات الفردية وتوفير الخيارات.
- خدمة ما بعد البيع المتمثلة في تقديم خدمات التوصيل والتركيب والصيانة والاستشارات لتعزيز العلاقة الطويلة الأمد و توفير تجربة شراء موثوقة.

4- القنوات:

4/1- الأليات والطرق للإعلام بمنتجاتنا أو خدمتنا:

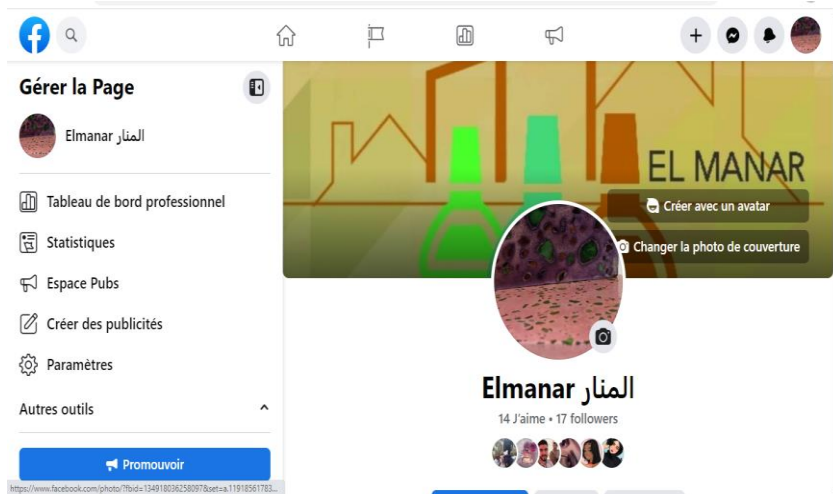
- المشاركة في المعارض الوطنية المخصصة للشركات الناشئة هي فرصة ممتازة للتعريف بمنتجات الشركة وعرض أنشطتها واستغلال فرص التفاعل مع رواد الأعمال وصناع القرار الاقتصاديين.



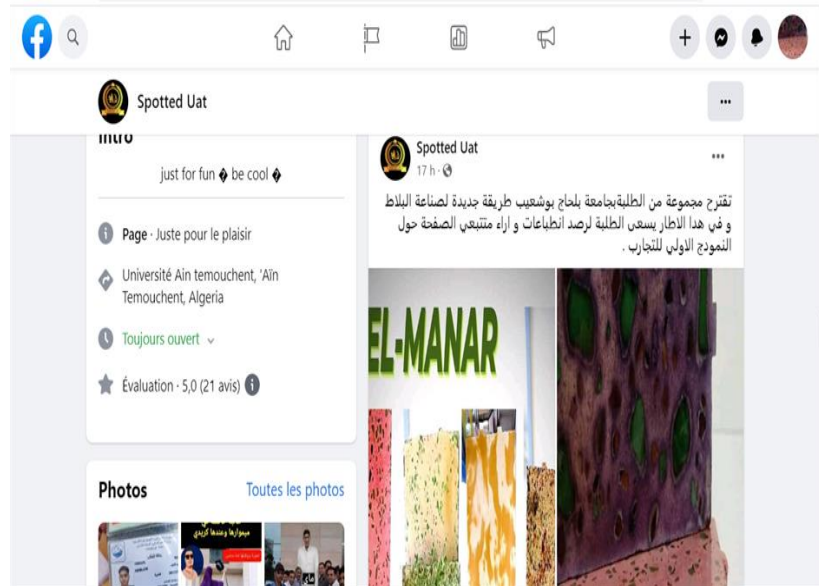
- عرض المنتجات من خلال المتاجر والمعارض الموجودة في مواقع مركزية واستراتيجية الوطنية منها والجهوية ما يتيح للعملاء فرصة معاينة المنتجات ومقارنتها واختيار ما يتناسب مع احتياجاتهم ورغباتهم.



- السوق الإلكتروني: حيث يتم عرض مجموعة المنتجات وتوفير خيارات الشراء عبر الإنترنت، يتيح ذلك للعملاء إمكانية الشراء بسهولة من أي مكان وفي أي وقت، مما يساهم في زيادة الإعلان والترويج.
- تم إنشاء صفحة على منصة فايسبوك من قبل فريق البحث بهدف عرض المنتجات والتفاعل مع العملاء.



- الإعلانات الممولة عبر وسائل التواصل الاجتماعي.
- استخدام المؤثرين الذين يتمتعون بوجود قوي على وسائل التواصل الاجتماعي والمجتمع الرقمي، والذين يملكون قاعدة رقمية كبيرة.
- قام فريق البحث بالترويج لنشاطاته من خلال صفحة Spotted Uat على فيسبوك والتي تمتلك 57 ألف متابع كخطوة أولى لرصد انطباعات وآراء المتابعين حول بعض المنتجات:





4/2- قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء:

القنوات التي يمكن أن يفضلها العملاء قد تشمل:

- محلات البيع حيث يعتبرها الكثير من الزبائن مصدرا رئيسيا للشراء اين يفضلون القدرة على زيارة المتاجر الفعلية و معاينة المنتجات و تفقدها.
- التجارة الالكترونية أين يمكن استعراض كل المنتجات وإجراء الطلب والاستفسار.

5-الشراكات الرئيسية:

1/5- الشركاء الرئيسيون الذين يمكن مساعدتنا:

- المصممون والمهندسون المعماريون: قد يتعاون مصممو الديكور الداخلي والمهندسون المعماريون مع الشركة في تصميم وتنفيذ مشاريع تستخدم المنتجات. يمكن لهم أن يقدموا توجيهات وتوصيات بشأن استخدامها وتطبيقاتها.
- شركات المقاولات والمبيعات: تعتبر شركات المقاولات والمبيعات شركاء رئيسيين للشركة، حيث يمكن أن تعمل معهم في تنفيذ مشاريع البناء وتوريد البلاط من مخلفات الزجاج لهذه المشاريع.
- الموزعون ووكلاء التوزيع: تستعين الشركة بوكلاء التوزيع والموزعين لتسويق وبيع منتجاتها في السوق المحلية والعالمية. يمكن أن يكون لديهم القدرة على الوصول إلى شبكة واسعة من العملاء وتسهيل وصول المنتجات إلى السوق.
- تجار الجملة والتجزئة.

2/5- الموردين الرئيسيين:

- موردي المواد الأولية: تتعاقد الشركة مع موردين محليين للحصول على المواد المستخدمة في عملية التصنيع.
- المصانع المنتجة للأسمنت.
- موردي العبوات والتعبئة والتغليف: تحتاج الشركة إلى موردين لتوفير العبوات و مواد التغليف المناسبة
- مناجم الجرانيت.

6-الأنشطة الرئيسية:

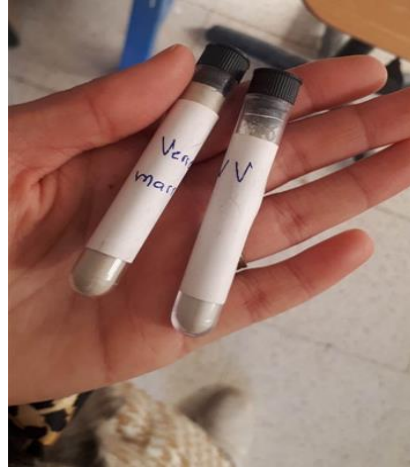
6/1- المراحل الرئيسية:

- اقتناء واختيار المواد الأولية .
- فرز وتنظيف الزجاج المستعمل للمرور عبر مسار رسكلة الزجاج بغرض الطحن و التخزين.



يذكر أن المسار مصنع محليا.

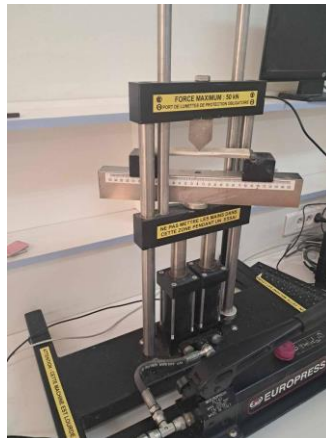
- إجراء التحاليل الكيميائية لعينات من الزجاج.



- تحضير المواد الأولية استعدادا لخط المزيج بالطرق المسطرة من فريق البحث مرورا بالمسار الصناعي.



- فحص جودة المنتج من خلال أخذ عينات وإجراء الاختبارات اللازمة للتحقق من توافقها مع معايير الجودة والمتانة.
 - مقاومة الانحناء؛



- مقاومة الضغط؛



● الانزلاق؛



● المقاومة الحرارية؛



● الكتلة الحجمية؛



● التعبئة والتغليف:

- استخدام تغليف قوي ومتين قادر على تحمل الضغط والصدمات المحتملة أثناء النقل.
- استخدام مواد الحماية (طبقات حماية بين المنتج والتغليف).
- ترتيب المنتجات بشكل صحيح باستغلال الآلات.



- تثبيت العبوات باستخدام شريط لاصق قوي لضمان استقرارها أثناء النقل وتجنب أي حركة غير مرغوب فيها.
 - توزيع الأحمال بشكل متساوٍ.
 - التعامل الحذر.
 - إدارة عمليات الإنتاج ومراقبة الالتزام المستمر بالمعايير الإنتاجية المتفق عليها.
 - البيع.
 - خدمة ما بعد البيع:
 - خدمة الاستشارة الفنية التي تقدمها الشركة لمساعدة العملاء في اختيار نوع البلاط المناسب بناءً على احتياجاتهم وتوفير المعلومات التقنية اللازمة.
 - خدمة التوصيل والتركيب.
- 6/2- الأنشطة الثانوية:

- المشتريات وإدارة السلع: تتضمن إدارة عمليات المشتريات وتوريد المواد والمعدات اللازمة للشركة. تشمل هذه الأنشطة البحث عن الموردين المناسبين، وتقييم عروض الأسعار، وإدارة العقود والعلاقات مع الموردين.
 - إدارة سلسلة الإمداد: تشمل تخطيط وتنظيم ومراقبة تدفق المواد والمنتجات في سلسلة الإمداد الخاصة بالشركة. تهدف هذه الأنشطة إلى ضمان توفر المواد والمنتجات في الوقت المناسب وبالكميات المطلوبة.
 - إدارة المخزون: تشمل إدارة المخزون وتتبع ورصد المواد والمنتجات المخزنة في الشركة. تهدف هذه الأنشطة إلى ضمان توفر المخزون المناسب وتحقيق التوازن بين تكاليف المخزون وتلبية احتياجات الإنتاج والتوريد.
 - الصيانة والخدمات الفنية: تشمل صيانة المعدات والآلات المستخدمة في عمليات الإنتاج، بالإضافة إلى تقديم الدعم الفني والخدمات الفنية للعملاء.
 - إدارة الموارد البشرية: تشمل إدارة الموارد البشرية توظيف الموظفين، وتدريبهم، وإدارة الأجور والمزايا، وتنمية القدرات، وتقييم الأداء.
- 7- الموارد الرئيسية:

نقوم بتحديد فقط الموارد دون ذكر التكلفة.

المورد	مصدر محلي أو أجنبي	الموارد
khales industrie GINIDEX Algérie Tirsam	محلي	1. الأسمنت الأبيض
	محلي	2. الاسمنت البورتلندي
	محلي	3. مخلفات الزجاج
	محلي	4. الريزين
	محلي	5. الملونات
	محلي	6. NaOH
	محلي	7. الجرانيت
	محلي	8. الملمع
	محلي	9. علب التغليف
	محلي	10. الأشرطة اللاصقة
	محلي	11. مسار رسكلة الزجاج
	محلي	12. مسار تشكيل المنتجات
	محلية	13. رافعة البضائع
	محلية	14. آلة التغليف

● تحضير المكونات الأولية استعدادا للمرور في المسار الصناعي .



يذكر أن المورد

7/2- الموارد البشرية:

منظمة على الشكل التالي:

1. رئيس التنفيذي أو المدير العام :
 - مسؤول عن الاتجاه الاستراتيجي للشركة.
 - يتخذ القرارات الهامة ويشرف على جميع الاقسام والفروع.
2. مصلحة الموارد البشرية: مسؤولة عن التوظيف والتوجيه وإدارة الموظفين وتنفيذ سياسات الموارد البشرية والمساعدة في تطوير ثقافة الشركة.
 - مدير قسم الموارد البشرية :
 - يشرف على إدارة جميع جوانب الموارد البشرية في الشركة.
 - يضع سياسات الموارد البشرية ويوجه استراتيجية التوظيف والتطوير وإدارة الأداء.
 - يدير عملية التوظيف واختيار المرشحين المناسبين لشغل الوظائف الشاغرة.
 - يقوم بإعداد الوصف الوظيفي وإجراء المقابلات والتفاوض على العروض الوظيفية.
 - مسؤول التدريب والتطوير :
 - يحلل احتياجات التدريب ويطور برامج التدريب المناسبة للموظفين.
 - يقوم بتنظيم وتنفيذ الدورات التدريبية ومتابعة تقييم الأداء.
 - مسؤول الرواتب والمزايا :
 - يتعامل مع إعداد الرواتب والتأكد من تطبيق السياسات واللوائح الخاصة بالمزايا.
 - يتابع القضايا المتعلقة بالمزايا الاجتماعية والتأمين.
3. مصلحة المالية والمحاسبة اين يتم الإشراف على ادارة الأنشطة المالية والمحاسبية للشركة والقيام بإعداد التقارير المالية والميزانيات وإدارة الضرائب و التحليل المالي.
 - مدير المالية والمحاسبة :
 - يشرف على إدارة جميع جوانب المالية والمحاسبة في الشركة.
 - يقوم بتطوير السياسات المالية والإجراءات ويوجه استراتيجية التمويل والتخطيط المالي.
 - يدير سيولة الشركة وإدارة النقدية والحسابات المصرفية.
 - يتابع التدفقات النقدية ويتعامل مع عمليات الدفع والتحويل.
 - يعمل على وضع الميزانية السنوية والتحكم في المصروفات والإيرادات.
 - يراجع الأداء المالي
 - محاسب :
 - يقوم بإعداد ومراجعة السجلات المالية والقوائم المالية.

- يتابع عمليات الحسابات المالية والتعاقدات المالية.
- يحلل البيانات المالية ويقدم تقارير وتحليلات مالية للإدارة.
- يساعد في اتخاذ القرارات المالية الاستراتيجية وتخطيط الموارد المالية.
- يقوم بتحليل التكاليف وإعداد تقديرات التكاليف للمنتجات والعمليات.
- يساعد في تحسين كفاءة التكاليف وتقديم توصيات لتحسين الأداء المالي.
- يتعامل مع الالتزامات الضريبية ويقدم توجيهات ضريبية للشركة.
- يتابع التشريعات الضريبية ويتأكد من التزام الشركة بالقوانين الضريبية المعمول بها.

4. قسم الإنتاج والتعبئة:

- مدير قسم الإنتاج :
- مسؤول عن عملية تصنيع البلاط بأكملها.
- يشرف على عمليات الإنتاج.
- مشرفي الإنتاج والتعبئة :
- يشرفون على مختلف مراحل الإنتاج، بما في ذلك تحضير المواد الخام و الطرائق الصناعية وصولاً إلى التعبئة والتغليف.
- موظفي الإنتاج والتعبئة :
- يشغلون آلات ومعدات الإنتاج.
- التكفل بالطرائق الصناعية.
- التكفل بالتعبئة والتغليف.

5. مصلحة المشتريات والتوريد :

- مسؤول المشتريات و المخزون :
- يبحث عن موردي المواد الخام .
- يتفاوض على عقود التوريد.
- يدير مستويات المخزون من المواد الخام.
- يخطط للتوريد بناءً على احتياجات الإنتاج.

6. قسم مراقبة الجودة :

- مسؤول الجودة :
- يحدد معايير ضبط الجودة.
- ينفذ إجراءات ضمان الجودة لضمان أن المنتجات النهائية تلبى المتطلبات.
- فنيي التحكم في الجودة :
- يقومون بإجراء الاختبارات والتفتيشات طوال عملية الإنتاج.

7. قسم التسويق والمبيعات :

- مدير التسويق :
- مسؤول عن وضع الاستراتيجيات التسويقية.
- يدير عمليات التسويق والمبيعات.
- فريق التسويق :
- يقوم بإنشاء حملات تسويقية وترويجية لزيادة الوعي بالعلامة التجارية.
- يتعاملون مع العملاء ويقدمون المشورة حول المنتجات والخدمات.

8. مصلحة البحث و التطوير للعمل على تطوير وابتكار منتجات جديدة وتحسين المنتجات و التقنيات الحالية

- مدير البحث والتطوير :
 - يشرف على استراتيجية البحث والتطوير وتحقيق الأهداف المحددة.
 - يقود فريق البحث والتطوير ويدير المشاريع والموارد.
 - مهندسو البحث والتطوير :
 - يقومون بالبحث واختبار وتحليل وتقييم النتائج.
 - علماء المواد :
 - يدرسون ويطورون مواد جديدة لتحسين جودة المنتجات وخصائصها.
 - يعملون على تحليل وتقييم خصائص المواد واختبارها.
 - فنيو البحث والتطوير :
 - يساعدون في تنفيذ الاختبارات والتجارب وجمع البيانات.
 - مسؤول التكنولوجيا :
 - يتابع التطورات التكنولوجية في صناعة المنتجات ويوفر الاستشارات والتوجيه التقني للفريق.
 - يتعاون مع الأقسام الأخرى لتطبيق التقنيات الجديدة في عمليات الإنتاج.
- #### 9. مصلحة الصيانة والخدمات الفنية التي تعمل على المراقبة المستمرة للمعدات وصيانتها لضمان التشغيل السلس لها كما توفر ذات المصلحة الدعم الفني للعملاء.
- مدير الصيانة :
 - يشرف على إدارة جميع جوانب الصيانة في الشركة.

- يتولى تخطيط وتنظيم استراتيجيات الصيانة وضمان الأداء الفعال.
- يقوم بتخطيط وجدولة أعمال الصيانة الوقائية والصيانة المجدولة.
- مشرفي الصيانة :
 - يقومون بصيانة وإصلاح المعدات والآلات المستخدمة في عمليات التصنيع.
 - الصيانة الوقائية.
 - يتعاملون مع جداول الصيانة ويقدمون تقارير حول حالة المعدات والآلات.
 - يشرفون على أعمال الصيانة اليومية ويتابعون تنفيذ الخطط والجداول المحددة.
 - يقومون بتوجيه وتدريب الفنيين ومراقبة جودة الصيانة المنفذة.
- عامل مستودع الصيانة :
 - يدير المستودع الذي يحتوي على قطع الغيار والمواد اللازمة لأعمال الصيانة.
 - يقوم بإدارة المستودع وإعداد طلبات الشراء ومراقبة المخزون.
- 10. مصلحة الأمن والمراقبة.
 - مدير الأمن والمراقبة :
 - يشرف على إدارة وتنسيق جميع جوانب الأمن والمراقبة في الشركة.
 - يطور وينفذ السياسات والإجراءات الأمنية ويقود استراتيجية الأمن الشاملة.
 - فريق الأمن :
 - يعمل في نقاط الدخول والخروج ويقوم بمراقبة الوصول إلى المنشأة.
 - يضمن سلامة الممتلكات والمعدات ويحمي الموظفين والزوار.
 - مراقب الكاميرات :
 - يراقب أنظمة الكاميرات ويتابعها.

العدد	صنف المورد البشري
1	المدير التنفيذي
3	قسم الموارد البشرية
2	مصلحة المالية و المحاسبة
10	قسم الانتاج والتعبئة
1	مصلحة المشتريات والتوريد
3	مراقبة الجودة
3	قسم التسويق
8	قسم البحث والتطوير
4	مصلحة الصيانة والخدمات الفنية
4	مصلحة الأمن والمراقبة

المورد المالي	الاحتياج
الكهرباء والغاز والماء	
كراء	
عناصر أخرى	
رأس المال الابتدائي	

8 هيكل التكاليف:

	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة Frais d'établissement
150000	تكاليف الحصول على العدادات (الماء- الكهرباء) Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-....)
2000000	تكاليف (التكوين- برامج الإعلام الآلي المختصة) Logiciels, formations
	Dépôt marque, brevet, modèle تكاليف براءة الاختراع والحماية الصناعية و التجارية
	Droits d'entrée تكاليف الحصول على تكنولوجيا أو ترخيص استعمالها
	Achat fonds de commerce ou parts شراء الأصول التجارية أو الأسهم
	Droit au bail الحق في الإيجار
	Caution ou dépôt de garantie وديعة أو وديعة تأمين

	Frais de dossier رسوم إيداع الملفات
30000	Frais de notaire ou d'avocat تكاليف الموثق-المحامي-.....
	Enseigne et éléments de communication تكاليف التعريف بالعلامة و تكاليف قنوات الاتصال
	Achat immobilier شراء العقارات
	Travaux et aménagements الأعمال والتحسينات الاماكن
	Matériel الآلات- المركبات- الاجهزة
	Matériel de bureau تجهيزات المكتب
	Stock de matières et produits تكاليف التخزين
	trésorerie de départ التدفق النقدي (الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.

KHALES INDUSTRIE*Conception et fabrication du matériels industriels*

Siege social: RN°26, maakal, Sidi-aich, Béjaia.
 Téléphone: 07 70 56 04 89 /07 98 38 37 27 /034 26 64 35
 E-mail: khalindustrie06@gmail.com

Facture proforma
 N°: 332/22

Client : Mansour meriem
 Wilaya : Universite ain temouchent
 Tel : 0673814327

Maakal le 07-12-2022

Objet: Unité de recyclage DE VERRE 300kg à 500kg.

N°	Désignation	Qté	Model	Référence	PU	Montant
01	Tapis de triage	01	CONV-T	46MM01	850 000,00	850 000,00
02	Broyeur de verre 300 à 500 kg/h	01	CRUSHER	46MM02	950 000,00	950 000,00
03	Convoyeur à bande	02	CONV-B	46MM03	450 000,00	900 000,00
04	Tamis 3 étage (3 Calibres)	01	SIEVE	46MM04	480 000,00	480 000,00
MONTANT HT						3 180 000,00
TVA 19%						604 200,00
MONTANT TTC						3 784 200,00

Arrêtée la présente facture à la somme de:

TROIS MILLIONS SEPT CENT QUATRE-VINGT-QUATRE MILLE DEUX CENTS DINARS ET ZERO CENTIMES

Matériels neuf jamais utilisé.

L'installation et la mise en marche des équipements seront garantie par KHALES INDUSTRIE.

Mode de paiement 50% à la commande, 50% avant la livraison.

Délai de livraison 2mois.

Produit en Algérie.

Transport à la charge du client.

Validité de l'offre 30 jours.

FABRICATION MACHINES
 INDUSTRIELLES
 KHALES INDUSTRIE
 T.N: 0770 56 04 89
 RCN°: 06/00-0990000A 15

KHALES INDUSTRIE Adresse: RN°26, Maakal, sidi-aich Béjaia **RCN:** 06/ 00-0990000A15 **NIF:** 192063902360154
NIS: 1992 06390236033

ART: 6430689301 **RIB:** 00400365400001623552 CPA Agence SIDI AICH 365 , Avenue du 1 er novembre 06700 SIDI AICH

= المجموع

2/8- نفقاتك أو التكاليف الثابتة الخاصة بمشروعك

	Assurances التأمينات
100000	Téléphone, internet الهاتف و الانترنت
	Autres abonnements اشتراقات أخرى
500000	Carburant, transports الوقود و تكاليف النقل
	Frais de déplacement et hébergement تكاليف التنقل و المبيت
	Eau, électricité, gaz فواتير الماء - الكهرباء- الغاز
	Mutuelle <u>التعاضدية الاجتماعية</u>
	Fournitures diverses لوازم متنوعة
	Entretien matériel et vêtements صيانة المعدات والملابس
0	Nettoyage des locaux تنظيف المباني
	Budget publicité et communication ميزانية الإعلان والاتصالات

= المجموع

3/8- رواتب الموظفين و مسؤولين الشركة

	رواتب الموظفين Salaires employés
	صافي أجور المسؤولين Rémunération nette dirigeant

9- مصادر الإيرادات

1/9- الإيرادات الاجمالية:

البيان	القيمة
عدد الوحدات المنتجة	
سعر البيع	

9/2- مصادر الدخل:

- بيع المنتجات يُمثل المصدر الرئيسي للإيرادات.
 - العقود التجارية المبرمة.
 - الاستثمار في البحث والتطوير (R&D) في الشركة بهدف زيادة المبيعات والتفوق على المنافسة لتعزيز الإيرادات.
 - الخدمات الإضافية مثل التركيب والتصميم والاستشارات التي تقدمها الشركة للعملاء تشكل مصدرًا للإيرادات للشركة.
- النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين كل شهر لسنة الأولى؟

3/9- النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين كل شهر لسنة الأولى؟ ثم لسنة الثانية؟