

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 محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de génie civil

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Génie civil

Spécialité : Matériaux en génie civil

Par :

- HAMOUDI HADJER
- MHAMDI NESSRINE
- NOUARI AYMEN
- HIRECHE AZZEDDINE

Sujet

Services multidisciplinaires dans les domaines du génie civil et de l'architecture
: Aspect environnemental, économique, décoratif et durable.

Soutenu publiquement, le 16 / 07 / 2023, devant le jury composé de :

M. KESSEL OUSSAMA	MCA	Univ-BBA	Président
M. BELKADI AHMED ABDERAOUF	MCA	Univ-BBA	Examinateur
M.BENAMMAR ABDELHAFID	MCB	Univ-BBA	Encadrant
M.BENOUADAH ABDELATIF	MCB	Univ-BBA	Co-Encadrant
M.BOUNGABE ADEL	MCA	Univ-BBA	Examinateur

Année Universitaire 2022/2023

Dédicace

Remerciements

Remerciement

Nous tenons à exprimer notre plus sincère gratitude pour votre soutien tout au long de la réalisation de notre mémoire. Votre contribution a été essentielle à la réussite de ce projet.

Tout d'abord, nous voudrions remercier notre Dieu pour Sa bénédiction et Sa grâce infinie. Nous sommes reconnaissants pour toutes les opportunités et les bénédictions qu'Il nous a offertes, ainsi que pour Sa guidance tout au long de ce processus.

Nous tenons également à exprimer ma gratitude envers nos parents pour leur amour, leur soutien et leur encouragement constants. Nous sommes reconnaissants pour tout ce qu'ils ont fait pour nous tout au long de notre parcours académique. Nous tenons à remercier notre encadreur, Dr. BENAMMAR Abdelhafid et Dr. BENOUADAH ABDELATIF pour leurs patiences et leurs expertises. Vos conseils avisés et votre soutien constant ont été d'une grande aide tout au long de ce projet.

Nous sommes reconnaissants pour tout ce que vous avez fait pour nous. Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude envers le jury pour avoir accepté et approuvé notre mémoire. Votre évaluation approfondie et objective de notre travail nous a aidés à améliorer nos compétences et notre compréhension du sujet.

Résumé :

Les services multidisciplinaires dans les domaines du génie civil et de l'architecture impliquent la prise en compte de plusieurs aspects tels que l'aspect environnemental, économique, décoratif et durable. Dans un contexte environnemental, les professionnels cherchent à minimiser l'impact environnemental des projets, en utilisant des matériaux durables et en concevant des bâtiments écoénergétiques. Ce mémoire de recherche se concentre sur l'étude comparative des performances mécaniques des pierres de marbre dans le domaine de la construction.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer et de comparer les caractéristiques physico-mécaniques de trois types de marbres : le marbre naturel, le marbre avec un ciment blanc et le marbre à base de résine. Ainsi, les résultats expérimentaux montrent que le marbre à base de résine présente des performances mécaniques très élevée par rapport aux autres types de marbres.

Sur le plan d'innovation, l'application électronique est un outil puissant qui peut aider les entreprises à innover dans leur offre de services et de produits, à améliorer l'expérience utilisateur, à améliorer leur efficacité opérationnelle, à mieux comprendre les besoins des clients et à offrir de nouvelles expériences utilisateur innovantes.

Les services multidisciplinaires dans les domaines du génie civil et de l'architecture permettent donc de créer des bâtiments qui sont non seulement esthétiquement attrayants, mais également fonctionnels, durables et respectueux de l'environnement.

Mots clés : services multidisciplinaires, génie civil, architecture, marbre artificiel, résine, ciment blanc, résistances mécaniques.

الملخص:

الخدمات المتعددة التخصصات في الهندسة المدنية والعمارة تتطلب مراعاة عدة جوانب مثل البيئية، والاقتصادية، والزخرفية، والمستدامة. في سياق البيئة، يسعى المحترفون لتقليل التأثير البيئي للمشاريع عن طريق استخدام مواد مستدامة وتصميم مبانٍ ذات كفاءة في استهلاك الطاقة. يركز هذا البحث على الدراسة المقارنة للأداء الميكانيكي لأحجار الرخام في صناعة البناء.

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم ومقارنة الخصائص الفيزيكي-ميكانيكية لثلاثة أنواع من الرخام: الرخام الطبيعي، الرخام مع الأسمنت الأبيض، والرخام المستند على الراتنج. تشير النتائج التجريبية إلى أن الرخام المستند على الراتنج لديه أداء ميكانيكي عالي جدًا مقارنة بالأنواع الأخرى من الرخام.

فيما يتعلق بالابتكار، تعد التطبيقات الإلكترونية أداة قوية يمكن أن تساعد الشركات على الابتكار في عروض خدماتها ومنتجاتها، وتحسين تجربة المستخدم، وزيادة الكفاءة التشغيلية، وتحسين فهم احتياجات العملاء، وتقديم تجارب مستخدم جديدة ومبتكرة.

بالتالي، تمكن الخدمات المتعددة التخصصات في الهندسة المدنية والعمارة من خلق مباني جميلة ليست فقط من الناحية الجمالية، ولكنها أيضًا وظيفية ومستدامة وتحترم البيئة.

الكلمات الرئيسية: الخدمات المتعددة التخصصات، الهندسة المدنية، العمارة، الرخام الاصطناعي، الراتنج، الأسمنت الأبيض، المقاومة الميكانيكية

Abstract

:

Multidisciplinary services in civil engineering and architecture involve considering various aspects such as environmental, economic, decorative, and sustainable factors. In an environmental context, professionals seek to minimize the environmental impact of projects by using sustainable materials and designing energy-efficient buildings. This research paper focuses on the comparative study of mechanical performance of marble stones in the construction industry.

The main objective of this study is to evaluate and compare the physico-mechanical characteristics of three types of marble: natural marble, marble with white cement, and marble-based resin. The experimental results show that the resin-based marble has very high mechanical performance compared to the other types of marble. In terms of innovation, electronic applications are a powerful tool that can help businesses innovate in their service and product offerings, improve user experience, enhance operational efficiency, better understand customer needs, and offer new innovative user experiences.

Multidisciplinary services in civil engineering and architecture, therefore, enable the creation of buildings that are not only aesthetically appealing but also functional, durable, and environmentally friendly.

Keywords : multidisciplinary services, civil engineering, architecture, artificial marble, resin, white cement, mechanical resistance.

Tableau de matières

Table des matières

Résumé :	5
Liste des figures	11
Liste des tableaux	12
Introduction générale.....	1
Chapitre I.....	4
1 Introduction :	5
1.1. Problématique :	5
1.2. Hypothèses :	5
1.3. Objectifs :	5
.2 Intégrer le design moderne et la culture arabe dans l'architecture durable : Analyser les principes du design moderne et de la culture arabe pour concilier les deux dans l'architecture des maisons.....	6
2.1. Comprendre la culture arabe et son influence sur l'architecture :	6
2.2. Le principe de l'architecture durable :	7
3. Intégrer le design moderne dans l'architecture arabe permet de créer des espaces contemporains tout en respectant la culture locale. Voici les principes pour y parvenir :	8
3.1. Les pratiques architecturales compatibles avec la culture arabe :	8
4. L'impact de l'architecture durable sur la qualité de vie et l'environnement : Évaluer l'impact de la conception des maisons durables sur le confort, la santé et la durabilité des ressources naturelles.....	10
4.1. Confort et bien-être des habitants :	10
La conception des maisons durables vise à maximiser le confort des occupants en utilisant la lumière naturelle, la ventilation naturelle et l'isolation thermique. Ces caractéristiques créent un environnement intérieur agréable, favorisant le bien-être des habitants en maintenant des conditions optimales de température et d'humidité.	10
4.2. Santé et qualité de l'air intérieur :	10
Les maisons durables privilégient la qualité de l'air intérieur en utilisant des matériaux non toxiques et des systèmes de ventilation efficaces. Cela réduit la présence de substances nocives, prévenant ainsi les problèmes de santé et améliorant le bien-être des habitants.	10
4.3. Économies d'énergie et durabilité des ressources :	10
4.4. Gestion de l'eau et utilisation efficace :	11
4.5. Impact environnemental global :	11
.5 Le rôle des technologies avancées dans la réalisation du design moderne et de la culture arabe dans les maisons durables : Étudier l'utilisation des technologies avancées pour améliorer l'efficacité, la sécurité et le confort dans la conception.....	11
5.1. Utilisation de la domotique :	11
5.2. Systèmes de gestion de l'énergie :	12
5.2.1. Intégration de la réalité virtuelle et augmentée :	12
5.2.2. Utilisation de matériaux avancés :	13
5.2.3. Systèmes de sécurité avancés :	13
6. Conclusion :	13
Chapitre II	15
1. Présentation de l'ouvrage :	16
.1.2 Usage et implantation de l'ouvrage :	16

Tableau de matières

1.3.	Ossature et contreventement :	16
1.4.	Caractéristiques et géométriques :	16
1.5.	Caractéristiques du sol :	17
2.	Détermination des charges et surcharges :	17
2.1	Descente des charges :	17
2.1.2	Plancher à étage courant :	17
3.	Prédimensionnement des poteaux :	18
4.	Prédimensionnement des poutres :	18
5.	Action sismique :	18
5.1	Modélisation de la structure :	18
5.2	Méthode d'analyse spectrale modale :	19
5.2.1.	Détermination les coefficients sismiques :	19
6.	Calcul et vérification de la superstructure :	20
6.1.	Détermination de la masse sismique :	20
6.2.	Résultante des forces sismiques :	20
6.3.	Vérification les déplacements relatifs :	21
6.5.	Ferraillage des éléments résistants :	22
7.	Etude de plancher :	23
1.1	Prédimensionnement de la dalle :	24
7.1.	Estimation Des Charges :	24
8.	Calcul des sollicitations :	24
8.1.	Moments fléchissant :	24
8.2.	Moments dans le panneau de dalle continu :	25
A ELU	.....	26
A ELS	.....	26
8.3.	Efforts tranchants V_{ux}	26
9.	Calcul Des Armatures	27
9.1.	Armatures longitudinales :	27
2	Dispositions constructives	27
Choix des aciers	.....	27
9.2.	CALCUL DES CHARGES SOLLICITANT DU BALCON :	29
Figure II- 4: BALCON	.....	30
10.	Conclusion :	30
Chapitre III	.....	32
1-	Introduction	33
2-	Programme expérimental :	34
2-1.	Les matériaux utilisés :	35
2.1.1	Le ciment :	35
2.1.2	La résine :	35
2.1.3	Déchets de marbre :	36

Tableau de matières

2.	Formulation et mode de fabrication des carreaux :	38
2.2.1	Malaxage et mis en œuvre des éprouvettes pour le test de résistance mécanique :.....	38
2.2.2	Mode de fabrication du carrelage à base de déchets de marbre et le ciment blanc :	40
3.	Formulation et mode de fabrication des pierres de marbre :	40
4.	Les essais réalisés :	41
4.1	La masse volumique à l'état frais :	41
4.2	Essai d'étalement :	41
4.3	Vitesse ultrasonique :	42
4.4	Essai d'absorption capillaire :	42
4.	Les essais mécaniques :	43
5.	Résultats et discussions des résultats :	43
5.1.	Comportement du mortier à l'état frais :	43
5.2.	La masse volumique à l'état frais durci :	44
5.3.	La résistance mécanique :	45
5.4.	L'absorption par immersion totale :	46
5.5.	La vitesse ultrasonique :	47
6.	Conclusion :	47
Chapitre IV		49
1.	Introduction :	50
2.	Problème :	50
3.	Hypothèses :	50
4.	Objectifs :	50
4.1	Faciliter la planification des réunions et l'interaction entre les clients et les ingénieurs spécialisés en permettant aux utilisateurs de réserver des rendez-vous via l'application :	51
4.2	Mettre en relation les utilisateurs avec des artisans et des spécialistes qualifiés en fournissant des profils et des informations détaillées sur leurs compétences et leurs services :	52
4.3	Fournir une plateforme de commerce électronique offrant une large gamme de matériaux de construction de qualité, permettant aux utilisateurs de sélectionner et d'acheter facilement les produits dont ils ont besoin :	52
4.5	Faciliter la location d'équipements de construction en offrant un service pratique et abordable aux utilisateurs, réduisant les coûts liés à l'acquisition d'équipements spécialisés :	53
5.	Conclusion :	54
Conclusion générale		55

Liste des figures

Liste des figures

Figure I- 1 Les motifs géométriques dans la culture arabe.....	6
Figure I- 2 Les différents forma utilisés dans l'architecture arabe	7
Figure I- 3 Système de ventilation naturelle et de récupérer l'eau de pluie.....	9
Figure I- 4 Matériaux de construction naturelle et recyclé.....	9
Figure I- 5 La technique Smart Home.....	12
Figure I- 6 La réalité virtuelle dans la conception des maisons	12
Figure II- 1: Projet R+1	16
Figure II- 2 : Modèle numérique de la structure.....	18
Figure II- 3 : Etude de plancher.....	24
Figure II- 4: BALCON	30
Figure III- 1: Les produits chimiques utilisés pour fabriquer le marbre et le carrelage.....	36
Figure III- 2: Déchets de marbre	36
Figure III- 3: Méthode de broyage des déchets de marbre	37
Figure III- 4: Courbe granulométrique du sable broyé.....	38
Figure III- 5: Malaxeur à mortier	39
Figure III- 6: Les mortiers confectionnés à base de ciment blanc.....	39
Figure III- 7: Mode de fabrication du carrelage à base de déchets de marbre	40
Figure III- 8: Table à choc pour l'essai d'étalement	42
Figure III- 9: Appareil d'ultrason.....	42
Figure III- 10: Dispositif pour l'essai d'absorption capillaire.	43
Figure III- 11: Presse utilisée pour des essais mécaniques.....	43
Figure III- 12: l'étalement pour les différents mélanges	44
Figure III- 13: la masse volumique à l'état durci des différents échantillons	44
Figure III- 14: La résistance à la compression des différents échantillons	45
Figure III- 15: La résistance à la compression des différents échantillons	46
Figure III- 16: Le taux d'absorption total des différents échantillons	46
Figure III- 17: La vitesse ultrasonique des différents échantillons	47
Figure IV- 1 : L'interface de notre application	51
Figure IV- 2: Nos contacts	52
Figure IV- 3: Nos produits	53

Liste des tableaux

Tableau II- 1 Les caractéristiques des matériaux utilisés	17
Tableau II- 2 : Les caractéristiques de plancher terrasse inaccessible.....	17
Tableau II- 3: Les caractéristiques de plancher à étage courant.....	17
Tableau II- 4: model de la participation massive	20
Tableau II- 5: Vérification des déplacements inter étages	21
Tableau II- 6: Les résultats des efforts et ferrailage.....	23
Tableau II- 7: Sollicitation de calcul	23
Tableau II- 8 : Ferrailage de la section.....	23
Tableau II- 9: calcul des coefficients μ_x et μ_y	25
Tableau II- 10: calcul des moments en travée et sur appui dans les deux directions	25
Tableau II- 11: moments retenus en travée et sur appui.....	26
Tableau II- 12: calcul des efforts tranchants	26
Tableau II- 13: Tableau de calcul des armatures longitudinales	27
Tableau II- 14 : calcul de ferrailage	30
Tableau III- 1 : Les compositions chimiques du ciment utilisé.....	35
Tableau III- 2: Les propriétés physiques du sable utilisé.	37
Tableau III- 3 : La composition de mélange de mortier utilisé pour un volume de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$	38
Tableau III- 4: La composition de mélange de marbre artificiel pour un volume de $4 \times 2 \times 16 \text{ cm}^3$	41

Introduction générale

Les services multidisciplinaires dans les domaines du génie civil et de l'architecture peuvent inclure une gamme de compétences et de connaissances pour aborder les aspects environnementaux, économiques, décoratifs et durables des projets. A titre exemple, l'évaluation environnementale, les professionnels peuvent évaluer les impacts environnementaux potentiels d'un projet et proposer des solutions pour minimiser ces impacts. Cela pourrait inclure des évaluations de l'empreinte carbone, des évaluations de la qualité de l'air et de l'eau, des études d'impact sur la faune et la flore, etc. en revanche ; la conception durable, les professionnels peuvent concevoir des bâtiments et des infrastructures qui minimisent leur impact environnemental tout en maximisant leur efficacité énergétique et leur durabilité à long terme. Cela pourrait inclure des stratégies pour utiliser des matériaux durables, des techniques de construction écologiques, des systèmes de gestion de l'eau et de l'énergie efficaces.

Pour la planification économique, les professionnels peuvent aider les clients à élaborer des plans économiques pour leurs projets, notamment en fournissant des analyses de rentabilité et des estimations de coûts pour les différentes options de conception. En effet, le design décoratif, les professionnels peuvent collaborer avec les clients pour créer des designs qui reflètent leur style personnel tout en respectant les normes esthétiques et fonctionnelles. Pour la coordination de projet, les professionnels peuvent gérer tous les aspects d'un projet, depuis la planification initiale jusqu'à la construction finale, en travaillant avec des équipes multidisciplinaires pour assurer que le projet est livré dans les délais impartis et dans les limites budgétaires. En général, les services multidisciplinaires dans les domaines du génie civil et de l'architecture peuvent aider à créer des projets qui sont à la fois esthétiques, économiques, durables et respectueux de l'environnement.

Aussi le travail avec des professionnels multidisciplinaires peut aider à créer des projets mieux conçus, plus équilibrés et mieux adaptés aux besoins des clients. Cela peut également contribuer à une gestion de projet plus efficace et à une optimisation des coûts. Travailler avec des professionnels multidisciplinaires présente de nombreux avantages, notamment (Une approche globale) les professionnels multidisciplinaires ont une compréhension approfondie des différentes facettes d'un projet. Ils peuvent donc aborder les problèmes de manière globale, en prenant en compte les aspects environnementaux, économiques, décoratifs et durables. Cela permet de créer des projets plus équilibrés et mieux adaptés aux besoins des clients. (Des compétences complémentaires) les professionnels multidisciplinaires apportent des compétences et des connaissances complémentaires qui peuvent être utilisées pour résoudre des problèmes complexes. Par exemple, un ingénieur civil peut travailler avec un architecte pour concevoir un bâtiment qui est à la fois solide et esthétique[1]. (Une communication efficace) travailler avec des professionnels multidisciplinaires peut aider à éviter les problèmes de communication entre

différents départements ou services. Les professionnels multidisciplinaires peuvent communiquer plus facilement entre eux et avec les clients, ce qui permet de s'assurer que les projets sont réalisés selon les exigences et les attentes du client. (Une gestion de projet plus efficace) les professionnels multidisciplinaires peuvent contribuer à une gestion de projet plus efficace en travaillant ensemble pour résoudre les problèmes et en s'assurant que tous les aspects du projet sont pris en compte. Cela peut aider à minimiser les retards et les dépassements de budget. (Une optimisation des coûts) les professionnels multidisciplinaires peuvent contribuer à l'optimisation des coûts en proposant des solutions qui sont à la fois économiques et durables. Ils peuvent également aider à éviter les coûts supplémentaires liés à des erreurs de conception ou de planification.

Ce travail est élaboré dans le cadre du mémoire de (start-up conforme au règlement 1275) au sein du l'universitaire de Bordj Bou Arréridj (EL BACHIR EL IBRAHIMI). Notre mémoire est composée en quatre chapitres, après une introduction générale qui définit la problématique du sujet ainsi que les objectifs visés, le premier chapitre comporte une revue de la documentation qui porte sur les travaux antérieurs concernant la synergie de l'architecture, du design, du patrimoine arabe, de la technologie et de la durabilité. Dans le chapitre suivant, nous présentons une étude cas à l'aide de logiciel de Robot. Dans le troisième chapitre, nous définissons nos objectifs et précisons notre démarche expérimentale. Nous présentons également le détail des méthodes expérimentales et les études préliminaires permettant de justifier le choix des matériaux et des protocoles d'essais et les résultats et la discussion de résultats pour la fabrication de marbre artificiel et de carrelage à base des déchets de marbre naturel. Le quatrième chapitre est consacré à la présentation de notre application Eco Binaa. En dernier lieu, une conclusion générale est donnée résumant le travail expérimental de cette mémoire et proposant des perspectives à étudier dans l'avenir.

Chapitre I

Créer un avenir durable : La synergie de l'architecture, du design, du patrimoine arabe, de la technologie et de la durabilité

1 Introduction :

L'architecture et le design d'intérieur jouent un rôle essentiel dans la préservation de l'environnement et la promotion de la durabilité. Ils contribuent à la construction de bâtiments durables en utilisant des énergies renouvelables et en préservant l'essence de l'architecture arabe et algérienne.[2] Les bâtiments durables réduisent la consommation des ressources naturelles et les émissions de gaz, tout en utilisant des matériaux respectueux de l'environnement et en intégrant des systèmes d'énergie renouvelable. De plus, l'architecture et le design d'intérieur peuvent préserver l'identité culturelle en intégrant des éléments traditionnels dans le design durable. Investir dans une architecture et un design d'intérieur durables offre une opportunité de préserver l'environnement tout en reflétant la culture locale.

1.1.Problématique :

- Comment concilier le design moderne et la culture arabe tout en respectant la durabilité et l'innovation technologique dans l'architecture des maisons ?
- Quels sont les défis et les opportunités de l'architecture des maisons face au manque de design moderne et à la nécessité d'intégrer la culture arabe, la durabilité et la maison intelligente ?
- Comment l'architecture des maisons peut-elle améliorer la qualité de vie et l'environnement en harmonisant le design moderne, la culture arabe, la durabilité et la technologie avancée ?

1.2.Hypothèses :

- L'architecture des maisons peut améliorer la qualité de vie et l'environnement en utilisant des matériaux écologiques et en reflétant l'identité arabe dans le design et la décoration.
- L'architecture des maisons peut créer un environnement confortable et respectueux de la diversité biologique et culturelle en intégrant des éléments naturels et des espaces ouverts.
- L'architecture des maisons peut augmenter l'efficacité, la sécurité et le confort en utilisant la technologie avancée tout en respectant les normes et les valeurs arabes d'intimité et d'hospitalité.

1.3.Objectifs :

- Analyser les principes du design moderne et de la culture arabe pour concilier les deux dans l'architecture des maisons.

- Évaluer l'impact de l'architecture des maisons sur la qualité de vie et l'environnement en termes de confort, de santé et d'efficacité énergétique.
- Proposer des recommandations pour concevoir des maisons durables, esthétiquement attrayantes et fonctionnelles, en harmonisant le design moderne, la culture arabe, la durabilité et les avancées technologiques.

2. Intégrer le design moderne et la culture arabe dans l'architecture durable : Analyser les principes du design moderne et de la culture arabe pour concilier les deux dans l'architecture des maisons.

L'architecture reflète l'identité culturelle et esthétique d'une société. Lors de la conception de maisons, il est important de combiner le design moderne avec la culture arabe afin de créer des espaces fonctionnels, esthétiques et respectueux de l'environnement. [3] Dans cet article, nous analyserons les principes et les pratiques architecturales compatibles avec la culture arabe, et discuterons de leur intégration dans la conception de maisons durables.

2.1. Comprendre la culture arabe et son influence sur l'architecture :

L'architecture arabe est profondément influencée par la culture et les valeurs islamiques. Les mosquées, avec leurs dômes et leurs minarets élancés, reflètent cette influence. Les motifs géométriques, tels que les étoiles, les croix et les losanges, expriment la divine dans l'architecture arabe.



Figure I- 1 Les motifs géométriques dans la culture arabe.

Les arcs en ogive, présents dans les entrées et les fenêtres, ajoutent une esthétique unique aux maisons arabes. Les cours intérieures et les patios sont des espaces centraux pour la vie sociale et familiale, offrant détente et convivialité, ainsi qu'une ventilation naturelle pour les maisons durables. Les moucharabiehs, fenêtres en bois ouvragé, la lumière tout en préservant l'intimité.

En utilisant des matériaux écologiques et des techniques de construction durables, il est possible de créer des maisons durables qui intègrent ces éléments architecturaux arabes tout en respectant l'environnement.

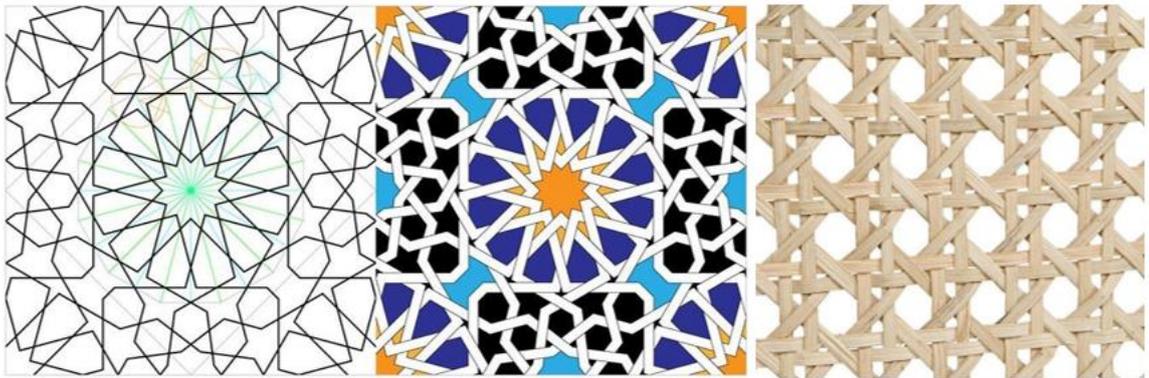


Figure I- 2 Les différents forma utilisés dans l'architecture arabe

Ainsi, les maisons peuvent être à la fois esthétiquement plaisantes, durables et en harmonie avec la culture arabe.

2.2.Le principe de l'architecture durable :

L'architecture durable vise à minimiser l'impact environnemental des bâtiments tout en créant des espaces sains, économes en énergie et durables[4]. Voici les principes clés de l'architecture durable :

1. Utilisation de matériaux durables, tels que le bois provenant de sources durables, les matériaux recyclés et les revêtements écologiques.
2. Maximisation de la lumière naturelle à travers des fenêtres bien positionnées, des puits de lumière et des espaces ouverts.
3. Conception de systèmes de ventilation efficaces pour assurer une circulation d'air saine et la réduction de l'humidité, en utilisant des systèmes de ventilation naturelle et des fenêtres stratégiquement placées.
4. Intégration de sources d'énergie renouvelables comme le solaire, l'éolien, à travers l'installation de panneaux solaires.

5. Optimisation de l'utilisation de l'eau en collectant l'eau de pluie, en utilisant des systèmes d'irrigation efficaces, des toilettes à faible débit et des robinets économiseurs d'eau.

En incorporant ces principes d'architecture durable dans la conception des maisons, tout en tenant compte des caractéristiques culturelles de l'architecture arabe, il est possible de créer des espaces respectueux de l'environnement et de la culture locale. Cela implique l'utilisation de matériaux durables en harmonie avec les éléments architecturaux arabes, l'optimisation de la lumière naturelle tout en préservant l'intimité, la conception de systèmes de ventilation adaptés au climat local, l'intégration esthétique des sources d'énergie renouvelables et des pratiques efficaces de gestion de l'eau. Cette approche permet de concevoir des maisons durables qui allient modernité du design et authenticité de la culture arabe.

3. Intégrer le design moderne dans l'architecture arabe permet de créer des espaces contemporains tout en respectant la culture locale. Voici les principes pour y parvenir :

- ✓ Respecter les caractéristiques architecturales traditionnelles, comme les arcs en ogive, les moucharabiehs et les motifs géométriques, tout en adoptant des lignes épurées et des matériaux modernes.
- ✓ Jouer avec les contrastes en juxtaposant les éléments traditionnels et modernes, par exemple en utilisant des façades en verre avec des motifs géométriques arabes découpés au laser.
- ✓ Utiliser la technologie de manière discrète, en intégrant des systèmes d'éclairage LED invisibles ou des systèmes de climatisation et de ventilation harmonieusement intégrés.
- ✓ Privilégier la durabilité en utilisant des matériaux durables et écologiques, en installant des systèmes d'énergie renouvelable et en maximisant l'utilisation de la lumière naturelle et la gestion de l'eau.
- ✓ Adapter la conception aux besoins contemporains en intégrant des espaces ouverts et flexibles, des technologies de domotique et des solutions de stockage intégrées.

En intégrant ces principes, il est possible de créer des espaces d'architecture arabes durables et modernes qui respectent la culture et l'identité locale. Cette approche permet de concilier le meilleur des deux mondes et de créer des environnements architecturaux uniques et harmonieux.

3.1. Les pratiques architecturales compatibles avec la culture arabe :

Dans l'architecture arabe, les pratiques compatibles avec la culture locale comprennent l'utilisation de matériaux locaux et durables tels que les briques, la pierre, le bois et les terres cuites.

Également prise en compte, avec des façades principales orientées vers le nord ou le nord-est pour minimiser l'exposition au soleil et maximiser l'utilisation de la lumière naturelle. À l'intérieur, les espaces de vie sont conçus pour favoriser l'hospitalité et les interactions sociales, avec des salons spacieux et ouverts. Les cuisines sont souvent conçues comme des espaces centraux pour rassembler la famille.

En termes de durabilité, l'architecture arabe intègre des techniques passives telles que l'isolation thermique[5], la ventilation naturelle et la récupération des eaux de pluie, ainsi que l'utilisation de sources d'énergie renouvelable comme l'énergie solaire.

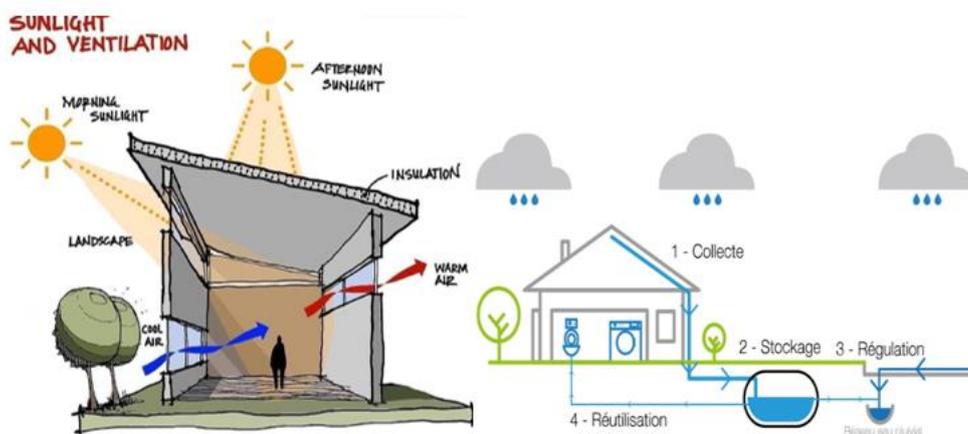


Figure I- 3 Système de ventilation naturelle et de récupérer l'eau de pluie

En intégrant ces pratiques, il est possible de créer des maisons qui allient culture arabe, design moderne et durabilité, en respectant les caractéristiques culturelles tout en créant des espaces fonctionnels, esthétiques et respectueux de l'environnement.



Figure I- 4 Matériaux de construction naturelle et recyclé.

Généralement pour intégrer le design moderne et la culture arabe dans l'architecture durable est un défi passionnant qui permet de créer des espaces reflétant l'identité culturelle tout en étant

respectueux de l'environnement. En comprenant les principes de l'architecture durable, en intégrant le design moderne de manière équilibrée, et en respectant les pratiques architecturales traditionnelles arabes, on peut concevoir des maisons durables esthétiques, fonctionnelles et en harmonie avec la culture arabe. Cela préserve l'héritage culturel et crée un environnement bâti respectueux de l'environnement pour les générations futures.

4. L'impact de l'architecture durable sur la qualité de vie et l'environnement : Évaluer l'impact de la conception des maisons durables sur le confort, la santé et la durabilité des ressources naturelles.

L'architecture durable est essentielle pour préserver l'environnement et améliorer la qualité de vie. Cet article évalue son impact sur le confort, la santé et la durabilité des ressources naturelles.

4.1. Confort et bien-être des habitants :

La conception des maisons durables vise à maximiser le confort des occupants en utilisant la lumière naturelle, la ventilation naturelle et l'isolation thermique. Ces caractéristiques créent un environnement intérieur agréable, favorisant le bien-être des habitants en maintenant des conditions optimales de température et d'humidité.

4.2. Santé et qualité de l'air intérieur :

Les maisons durables privilégient la qualité de l'air intérieur en utilisant des matériaux non toxiques et des systèmes de ventilation efficaces. Cela réduit la présence de substances nocives, prévenant ainsi les problèmes de santé et améliorant le bien-être des habitants[6].

4.3. Économies d'énergie et durabilité des ressources :

Les maisons durables réduisent la consommation d'énergie grâce à l'isolation thermique, aux systèmes de chauffage/refroidissement efficaces et aux énergies renouvelables comme les panneaux solaires. Cela diminue la dépendance aux combustibles fossiles et favorise la durabilité des ressources naturelles.

4.4. Gestion de l'eau et utilisation efficace :

Les maisons durables utilisent des systèmes de collecte et de recyclage des eaux pluviales, ainsi que des dispositifs de gestion de l'eau pour réduire la consommation et les coûts. Cela permet une utilisation efficace de l'eau et soulage la pression sur les ressources hydriques locales.

4.5. Impact environnemental global :

La conception de maisons durables réduit l'empreinte carbone grâce à l'utilisation de matériaux écologiques et recyclables, la réduction des déchets de construction et la préservation des écosystèmes environnants. Cela contribue à la protection de l'environnement et à la préservation des ressources naturelles pour les générations futures...

L'architecture durable améliore la qualité de vie grâce à un environnement intérieur sain et confortable, et contribue à la préservation de l'environnement en réduisant la consommation d'énergie, en utilisant efficacement l'eau et en réduisant l'empreinte carbone. Promouvoir la conception durable dans le secteur de la construction est essentiel pour un avenir plus durable.

5. Le rôle des technologies avancées dans la réalisation du design moderne et de la culture arabe dans les maisons durables : Étudier l'utilisation des technologies avancées pour améliorer l'efficacité, la sécurité et le confort dans la conception.

Les technologies avancées jouent un rôle essentiel dans la conception des maisons durables en permettant d'améliorer l'efficacité énergétique, la sécurité et le confort, tout en préservant le design moderne et la culture arabe. Cet article explore comment l'intégration de ces technologies permet de concilier innovation, durabilité et respect de l'identité culturelle.

5.1. Utilisation de la domotique :

La domotique est une technologie clé dans les maisons durables, offrant un contrôle et une automatisation avancés pour l'éclairage, la température, la sécurité et les appareils électroménagers[7].



Figure I- 5 La technique Smart Home.

Son intégration permet aux occupants de gérer efficacement leur environnement, d'économiser de l'énergie et de bénéficier d'un confort optimal.

5.2. Systèmes de gestion de l'énergie :

Les maisons durables utilisent des systèmes avancés de gestion de l'énergie pour optimiser la consommation, tirer parti des sources d'énergie renouvelable et réduire les coûts énergétiques.

5.2.1. Intégration de la réalité virtuelle et augmentée :

La réalité virtuelle et augmentée sont utilisées dans la conception des maisons durables pour offrir une expérience immersive permettant d'explorer virtuellement l'espace, tester des configurations et prendre des décisions éclairées en termes de design et de fonctionnalités.



Figure I- 6 La réalité virtuelle dans la conception des maisons

5.2.2. Utilisation de matériaux avancés :

Les technologies avancées permettent l'utilisation de matériaux de construction innovants dans les maisons durables, améliorant ainsi l'efficacité énergétique et la durabilité tout en préservant l'esthétique du design moderne et de la culture arabe[8].

5.2.3. Systèmes de sécurité avancés :

Les maisons durables intègrent des systèmes de sécurité avancés, tels que la surveillance vidéo intelligente et les serrures biométriques, pour assurer la sécurité des occupants grâce à une surveillance en temps réel et à des dispositifs d'alarme connectés.

6. Conclusion :

En conclusion, l'intégration du design moderne, de la culture arabe et de la durabilité dans l'architecture des maisons offre une approche holistique pour créer des espaces fonctionnels, esthétiques et respectueux de l'environnement. En conciliant ces éléments, il est possible de préserver l'identité culturelle tout en répondant aux défis contemporains liés à la durabilité et à l'innovation technologique.

L'architecture arabe, avec ses caractéristiques architecturales distinctives telles que les arcs en ogive, les motifs géométriques et les moucharabiehs, offre une base solide pour intégrer la culture locale dans la conception des maisons durables. En utilisant des matériaux écologiques, en optimisant l'utilisation de la lumière naturelle, en concevant des systèmes de ventilation adaptés et en intégrant des sources d'énergie renouvelable, on peut créer des maisons durables qui reflètent l'esthétique arabe tout en minimisant leur impact sur l'environnement.

De plus, l'adoption de technologies avancées telles que la domotique, les systèmes de gestion de l'énergie et la réalité virtuelle permet d'améliorer l'efficacité énergétique, la sécurité et le confort des habitants. Ces technologies sont intégrées de manière discrète pour préserver l'authenticité du design arabe et offrir une expérience de vie moderne et pratique.[9]

L'architecture durable a un impact positif sur la qualité de vie des habitants en créant des environnements sains, confortables et économes en énergie. Elle contribue également à la préservation de l'environnement en réduisant la consommation des ressources naturelles, en favorisant la gestion efficace de l'eau et en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. En effet, l'investissement dans une architecture et un design d'intérieur durables qui intègrent à la fois le design moderne, la culture arabe, la durabilité et les avancées technologiques offre une opportunité de préserver l'environnement, de promouvoir la durabilité et de refléter l'identité culturelle locale.

Cette approche permet de concevoir des maisons durables qui allient esthétique, fonctionnalité, confort et respect de l'environnement, tout en préservant l'essence de l'architecture arabe et algérienne pour les générations futures.

Chapitre II

Etude de cas, maison R+1

1. Présentation de l'ouvrage :

1.2. Usage et implantation de l'ouvrage :

C'est un ouvrage à usage d'habitation, constitué d'un **RDC et 01** étages courant avec une terrasse non accessible (voir la figure II-1). L'ouvrage est situé à bordj Elghadir dans la wilaya de **BORDJ BOU ARRERIDJ** cette zone est considérée comme une zone de sismicité moyenne (**zone 2A**).

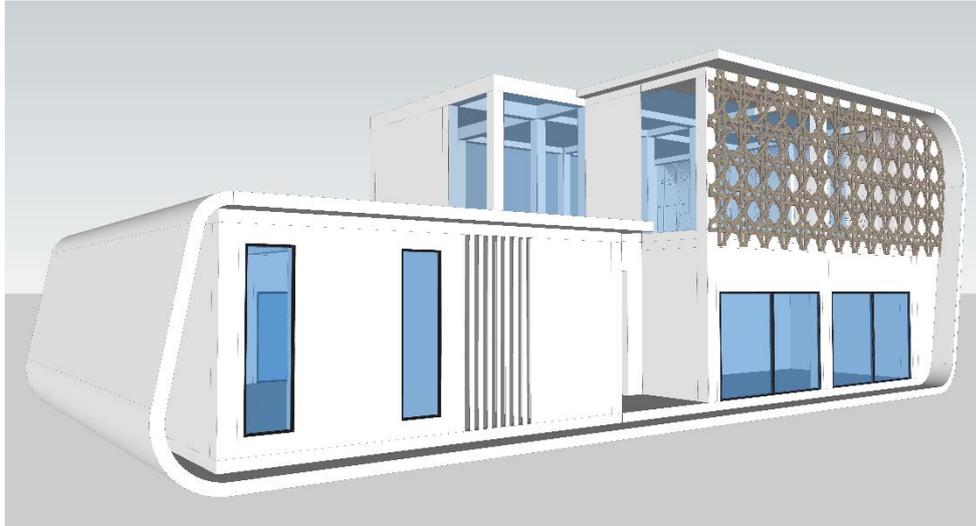


Figure II- 1: Projet R+1

1.3. Ossature et contreventement :

Le bâtiment est constitué par un système portiques auto-stables avec remplissages en maçonnerie rigide auto-stable dont la terrasse est non accessible et les planchers à corps creux (**16+5**) ou bien dalle pleine de **15cm**.

1.4. Caractéristiques et géométriques :

- Sens longitudinal, longueur..... **L=20.00 m ;**
- Sens transversal, largeur**l=10.00 m ;**
- Hauteur RDC**h_r 4.06 m ;**
- Hauteur étage courant..... **h_{Eh} = 4.06 m ;**
- Hauteur totale **h_T = 8.12 m ;**

Pour la méthode de calcul, on a appliqué le programme **ROBOT** pour la détermination des sollicitations **M, N, T** sous les différentes combinaisons des charges statiques et dynamiques, ainsi que la vérification, le dimensionnement et la détermination des sections d'acier dans les différents éléments structuraux conformément aux règle **B.A.E.L.91** et **RPA2003**.

Tableau II- 1 Les caractéristiques des matériaux utilisés

Béton	Aciers
Dosage en ciment 350 kg/m³	Aciers Fe E 400 ,
$F_{c28} = \mathbf{25,00}$ MPa	
$\sigma_{bc} = \mathbf{15,00}$ MPa.	

1.5. Caractéristiques du sol :

Un système de fondations superficielles ancrées à 1.50m à partir du terrain naturel avec une contrainte admissible de l'ordre de 1.50 bars prise dans le calcul de ces fondations.

2. Détermination des charges et surcharges :

2.1 Descente des charges :

2.1.1 Plancher terrasse inaccessible :

Tableau II- 2 : Les caractéristiques de plancher terrasse inaccessible

Protection gravillon	$0,05 * 20 = 1$ KN/m ² .
Etanchéité multicouches	$0,05 * 6 = 0,3$ KN/m ² .
Forme de pente	$0,10 * 22 = 2,2$ KN/m ² .
Isolation thermique	$0,04 * 4 = 0,16$ KN/m ² .
Poids propre du plancher (16+5)	$0,24 * 14 = 3,36$ KN/m ² .
Plafond placo	$0,02 * 10 = 0,2$ KN/m ² .
Charge permanent	$G_T = 7,22$ KN/m ²
Charge d'exploitation	$Q_T = 1,00$ KN/m ²

2.1.2 Plancher à étage courant :

Tableau II- 3: Les caractéristiques de plancher à étage courant

Carrelage (2cm)	$0,02 * 22 = 0,44$ KN/m ²
Morte de pose	$0,02 * 20 = 0,40$ KN/m ²
Lit de sable	$0,02 * 18 = 0,36$ KN/m ²
Plafond placo	$0,02 * 10 = 0,2$ KN/m ²
Poids propre du plancher	$0,24 * 14 = 3,36$ KN/m ²
Mur intérieur	$1,3$ KN/m ²
Charge permanent	$G_{EC} = 6,06$ KN/m ²

Charge d'exploitation	$Q_{EC} = 1,50 \text{ KN/m}^2$
-----------------------	--------------------------------

3. Prédimensionnement des poteaux :

(30x30) pour les niveaux (RDC, E.C, Terrasse)

Vérification selon R.P.A. 99 :

Min (b1, h1) ≥ 30 cm Vérifié

Min (b1, h1) ≥ he/20 Vérifié

1/4 < b1/h1 < 4. Vérifié

4. Prédimensionnement des poutres :

- Poutre principale (30x40)
- Poutre secondaire (30x35)
- Vérification selon R.P.A. 99 :
 - b ≥ 20 cm** Vérifié.
 - h ≥ 30 cm** Vérifié.
 - h/b ≤ 4** Vérifié.

5. Action sismique :

5.1 Modélisation de la structure :

Dans cette étude, on procède par un modèle numérique élaboré sur le logiciel ROBOT. Les éléments porteurs poteaux - poutres sont modélisés par des éléments « *barres* »

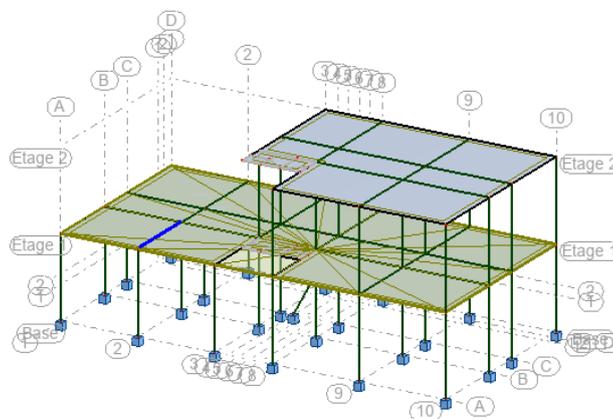


Figure II- 2 : Modèle numérique de la structure

5.2 Méthode d'analyse spectrale modale :

Cette méthode est basée sur la superposition modale, elle combine le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismique représentées par un spectre de réponse de calcul donné par la formule ci-dessous, pour obtenir la réponse de la structure.[10]

$$\frac{S_A}{g} = \begin{cases} 1.25 \left(1 + \frac{T}{T_1} \left(2.5\eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5\eta(1.25A) \frac{Q}{R} & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(1.25A) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0S \\ 2.5\eta(1.25A) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left(\frac{3}{T} \right)^{5/3} & 3.0S \leq T \end{cases}$$

5.2.1. Détermination les coefficients sismiques :

- Zone de sismicité MOYENNE (Région) : Zone sismique **2a**
- Groupe d'usage ; **2**
- Le site d'implantation **S2** ;

S2 (site ferme)

T2 = 0.40

T1 = 0.15

T=0.52

- Coefficient de pondération β ;
 $\beta = 0.20$ (Usage d'habitation)
- Facteur de correction d'amortissement η ;
 $\eta = 0.882$, $\xi \% = 7$
- Facteur d'amplification dynamique moyen D ;
D = 0.11
- Coefficient d'accélération de zone A ;
A = 0.15 (zone Ila, groupe 2)

- Facteur de qualité Q ;

$$Q = 1.15$$

- Coefficient de comportement R;

$$R = 3.5$$

6. Calcul et vérification de la superstructure :

6.1. Détermination de la masse sismique :

$$W_i = \beta Q + G \quad \text{avec } \beta = 0,2 \quad (\text{Usage d'habitation})$$

La masse globale à la base égale à $M = 374220.833 \text{ (kg)}$

6.2. Résultante des forces sismiques :

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II- 4: model de la participation massique

Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]
1,97	0,51	0,96	63,78
2,21	0,45	76,42	65,69
2,72	0,37	79,60	73,77
4,16	0,24	79,99	89,51
4,49	0,22	79,99	89,59
5,00	0,20	89,31	90,56
5,26	0,19	94,44	90,56
5,67	0,18	94,97	95,94
6,12	0,16	95,57	95,99
6,69	0,15	95,58	96,02
7,25	0,14	95,61	96,12
7,50	0,13	95,70	96,14
8,03	0,12	96,65	96,14
8,72	0,11	96,65	96,16
10,53	0,09	96,65	96,60

- La participation massique dépasse à **90%** dans les deux sens pour le 12^{ème} mode.
- La force sismique totale V appliquée à la base est calculée par la formule suivante :

$$V_s = \frac{A}{R} \frac{D}{Q} W$$

Avec :

$$V_s = 16.48 \text{ KN}$$

$$V_x = 266,02 \text{ KN}$$

$$V_y = 222,01 \text{ KN}$$

$$V_{x,y} > 80\% V_s = \text{KN} \quad \checkmark \text{ OK}$$

Donc, nous avons constaté que, la résultante des forces sismiques à la base V obtenue par combinaison des valeurs modales est supérieure à **80%** de la résultante des forces sismique V_s déterminée par la méthode statique équivalente.

6.3. Vérification les déplacements relatifs :

Le déplacement horizontal à chaque niveau "k" de la structure est calculé comme suit :

$$\delta_k = R \delta_{ek}$$

- δ_{ek} : déplacement dû aux forces sismiques F_i (y compris l'effet de torsion)
- R : coefficient de comportement

Le déplacement relatif au niveau "k" par rapport au niveau "k-1" est égal à :

$$\Delta_k = \delta_k - \delta_{k-1}$$

Tableau II- 5: Vérification des déplacements inter étages

Story	DrX(cm)= Δ_k	DrY(cm)= Δ_k	0.01H(cm)	$\Delta_k < 0.01h$
Etage 1	0,3	1,1	4.08	CV
Etage 2	0,3	1,6	4.08	CV

6.4. Effort normal réduit

On entend par effort normal réduit, le rapport :

$$v = \frac{N_d}{B_c \cdot f_{cj}}$$

Où

- N_d : Désigne l'effort normal de calcul s'exerçant sur une section de béton ; $N_d = 357,40 \text{ KN}$
- B_c : L'aire (Section brute) de cette dernière
- f_{cj} : La résistance caractéristique du béton
- Poteau RDC $30 \times 30 \text{ cm}^2$ $v = 0.17 < 0.3$ $\checkmark \text{ OK}$

6.5. Ferrailage des éléments résistants :

A- Ferrailage des poteaux :

Les poteaux sont des éléments structuraux verticaux. Ils constituent des points d'appuis pour les poutres et jouent un rôle très important dans la transmission des efforts vers les fondations.

Les sections des poteaux sont soumises à la flexion composée (**M, N**) qui est due à l'excentricité de l'effort normal "N" par rapport aux axes de symétrie et à un moment fléchissant "M" dans le sens longitudinal et transversal (dû à l'action horizontale).[11]

Une section soumise à la flexion composée peut être l'un des trois cas suivants :

- Section entièrement tendue **SET**.
- Section entièrement comprimée **SEC**.
- Section partiellement comprimée **SPC**.

B- Combinaisons d'actions :

En fonction du type de sollicitations, nous distinguons les différentes combinaisons suivantes :

a. Selon « BAEL 91 modifié 99 » :

a.1 – ELU :

$$1,35G + 1,5Q$$

a.2 - ELS:

$$G + Q$$

b. Selon RPA 99 : Situation accidentelle

$$G + Q + E$$

$$0,8G \pm E$$

Avec ;

- **G** : Charges permanentes.
- **Q** : Surcharges d'exploitation.
- **E** : Action du séisme.

A partir de ces combinaisons, on distingue les cas suivants :

$$1- N^{\max}, M^{\text{corr}}$$

2- $M^{\max}, N^{\text{corr}}$

3- $M^{\min}, N^{\text{corr}}$

Les résultats des efforts et ferrailage des poteaux sont regroupés dans le tableaux suivant :

Tableau II- 6: Les résultats des efforts et ferrailage

	FN	My	Mz
ELU	357,40	0,26	1,12
Acc	55,32	41,22	-4,00
Acc	111,35	-1,10	-41,86
Acc	3,05	-1,74	-12,66

$A_s=6.8\text{cm}^2$ (BAEL) 6HA12

$RPA =0.8/100*(30*30)=7.2\text{cm}^2$

C- **Ferrailage des poutres :**

Sollicitation de calcul

Tableau II- 7: Sollicitation de calcul

En appuis		En travée	
MELU(kn/m)	MELS(kn/m)	MELU(kn/m)	MELS(kn/m)
-71.11	-54.20	42.49	32.42

Ferrailage de la section :

a-BAEL91: $A_{\min}=0.23*F_t28/Fe*b*d$

b-RPA : $A_{\min}=0.5 \% B$

avec B : l'aire de la section de la poutre .

Tableau II- 8 : Ferrailage de la section

	Amin		Acalculée		Amax		choix Armatures	
	BAEL	RPA	At	A'	At	A'	A	A'
En Appuis	1,3	6	6.1	0	6.1	0	6HA12	0
en travée			3.5	0	6	0	6HA12	0

7. Etude de plancher :

Une dalle est un élément porteur, généralement horizontal, dont deux dimensions sont grandes par rapport à la troisième que l'on appelle épaisseur. Une dalle peut avoir une forme quelconque, être d'épaisseur variable. Cependant, les dalles les plus courantes sont rectangulaires et d'épaisseur

constante. Dans notre cas, on va étudier un panneau de dalle rectangulaire situé au plancher du sous-sol.

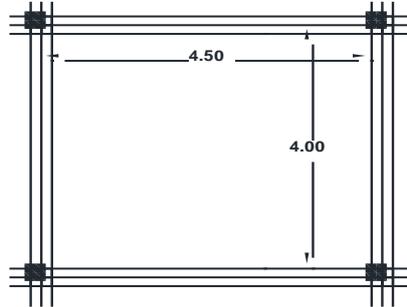


Figure II- 3 : Etude de plancher

1.1 Prédimensionnement de la dalle :

Le panneau a pour dimensions : $L_x = 4 \text{ m}$ et $L_y = 4.5 \text{ m}$

Soit $\alpha = L_x / L_y = 4 / 4.5 = 0.888 > 0.4 \rightarrow$ La dalle porte dans les deux sens dalle continue $h_0 = L_x/40 = 0.10\text{m}$

Pour prendre en compte de la normalisation des dalles, en plancher haut de parking, la sécurité incendie et l'isolation thermique on prend $h_0 = 20 \text{ cm}$

7.1.Estimation Des Charges :

Charge permanente :

- Protection gravillon..... $0.05 \cdot 20 = 1 \text{ KN/m}^2$.
- Etanchéité multicouches $0,05 \cdot 6 = 0.3 \text{ KN/m}^2$.
- Forme de pente $0,10 \cdot 22 = 2.2 \text{ KN/m}^2$.
- Isolation thermique $0.04 \cdot 4 = 16 \text{ KN/m}^2$.
- Poids propre du plancher (16+5)..... $0.24 \cdot 14 = 3,36 \text{ KN/m}^2$.
- Plafond placo..... $0.02 \cdot 10 = 0.2 \text{ KN/m}^2$.

-
- Charge permanent $G_T = 7.22 \text{ KN/m}^2$
 - Charge d'exploitation $Q_T = 1,00 \text{ KN/m}$

8. Calcul des sollicitations :

8.1.Moments fléchissant :

Moments dans le panneau de dalle articulée sur son contour le panneau de dalle porte dans les deux sens, pour une bande de largeur unité et au centre de la dalle, on a :

Sens lx : $M_{0x} = \mu * p * L^2_x$ et Sens ly : $M_{0y} = \mu * M_{0x}$

Tableau II- 9: calcul des coefficients μ_x et μ_y

$L_x \alpha =$ L_y	$\mu_x = 1/8 * (1 + 2.4 * \alpha)$	$\mu_y = \alpha * (1 - 0.95 * (1 - \alpha))$
0.888	0.0476	0.7438

A l'ELU : $P_u = 1.35G + 1.5Q = 11.99$ kN/m

A l'ELS : $P_s = G + Q = 8.72$ kN/m

8.2.Moments dans le panneau de dalle continu :

- Bande de largeur 1 m parallèle à lx :

On a $M_{0x} = \mu_x * p * L^2_x$

- En travée : $M_{tx} = 0.75 * M_{0x}$
- Sur appuis : $M_{ax} = 0.5 * M_{0x}$

- Bande de largeur 1 m parallèle à Ly :

On a $M_{0y} = \mu * M_{0x}$

- En travée : $M_{ty} = 0.75 * M_{0y}$
- Sur appuis : $M_{ay} = 0.5 * M_{0y}$

On récapitule les résultats dans le tableau suivant :

Tableau II- 10: calcul des moments en travée et sur appui dans les deux directions

	M_{0x} $= \mu_x * p * L^2_x$ (kN.m)	M_{0y} $= \mu_y * M_{0x}$ (kN.m)	M_{ax} $= 0.5 * M_{0x}$ (kN.m)	M_{tx} $= 0.75 * M_{0x}$ (kN.m)	M_{ay} $= 0.5 * M_{0y}$ (kN.m)	M_{ty} $= 0.75 * M_{0y}$ (kN.m)
ELU	9.13	6.79	4.565	6.847	3.395	5.092
ELS	6.64	4.93	3.32	4.98	2.465	3.697

Les valeurs minimales à respecter sont :

A ELU

En travée : $M_{ty} \geq M_{tx}/4$

$M_{ty}=5.092 \text{ KN. m} \geq M_{tx}/4 = 1.711 \text{ KN. m (ok)}$, Donc : $M_{ty}= 5.092 \text{ KN. m}$

Sur appuis : $M_{ay} = M_{ax}$, On a $M_{ay} = 3.395 \text{ KN. m}$ et $M_{ax} = 4.565 \text{ kN.m}$

- $M_{ay} < M_{ax}$ d'où $M_{ay} = 4.565 \text{ KN. m}$

A ELS

En travée : $M_{ty} \geq M_{tx}/4$

$M_{ty}=3.697 \text{ KN. m} \geq M_{tx}/4 = 0.924 \text{ KN. m (ok)}$, Donc : $M_{ty}= 3.697 \text{ KN. m}$

Sur appuis : $M_{ay} = M_{ax}$, On a $M_{ay} = 2.465 \text{ KN. m}$ et $M_{ax} = 3.32 \text{ KN. m}$

- $M_{ay} < M_{ax}$ d'où $M_{ay} = 3.32 \text{ kN.m}$

Tableau II- 11: moments retenus en travée et sur appui

	ELU		E LS	
	Sens l_x	Sens l_y	Sens l_x	Sens l_y
Moment en travée (kN.m)	6.847	5.092	4.98	3.697
Moment sur appui (kN.m)	4.565	3.395	3.32	2.465

8.3.Efforts tranchants V_{ux}

On a $0,40 < \alpha$

Au milieu du grand coté : $V_{ux} = Pu * Lx / 2 * (1 + \alpha / 2)$

Au milieu du petit côté : $V_{uy} = Pu * Lx / 3 < V_{ux}$

Tableau II- 12: calcul des efforts tranchants

	ELU	ELS
V_{ux} (kN)	16.56	12.38

V_{uy} (kN)	$15.98 < V_{ux}$	$11.89 < V_{ux}$
---------------	------------------	------------------

9. Calcul Des Armatures

Nécessité d'armatures transversales, la dalle est bétonnée sans reprise de bétonnage dans son épaisseur :

$$\tau_u = V_u/d = 0.01656 / 0.17 = 0.097 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau} = 0.07 * f_{c28} / 1.5 = 1.02 \text{ MPa}$$

$\tau_u < \bar{\tau}$ Donc les aciers transversaux ne sont pas nécessaires.

9.1. Armatures longitudinales :

Avec : $b=1\text{m}$; $d'=3\text{cm}$; $d=17\text{cm}$; $f_{bu}=12.46\text{MPa}$; $f_{su} = 347.826$

Tableau II- 13: Tableau de calcul des armatures longitudinales

		En travée « sens L_x »	En travée « sens L_y »	Sur appuis
Dimensionnement L'ELU	M_u (kn.m/m)	6.847	5.092	4.565
	$\mu_{by} = M_u / b * d^2 * f_{bu}$	0.019	0.014	0.012
	$\mu_i = 0.39 (f_e = 400 \text{MPa}) > \mu_{by}$	(Ok)	(Ok)	(Ok)
	$A \text{ cm}^2_{sc}$	0	0	0
	$\alpha = 1.25 * (1 - \sqrt{1 - 2\mu})$	0.020	0.017	0.015
	$y_u = \alpha * d$ (m)	0.0034	0.0028	0.00255
	Z (m) = $d - 0.4 y_u$	0.16864	0.1688	0.1689
	$A_{st} \text{ (cm}^2 \text{ /ml)} = M_u / Z * F_{su}$	1.19	1.10	1.01

2 Dispositions constructives

Choix des aciers

$\Phi \leq h/10 = 20 \text{ mm}$ Le diamètre maximum est 20 mm

Espacement :

$$3h$$

$$\text{Sens } l_x : S \leq \min \quad = 0.33 \text{ m}$$

$$0.33$$

$$4h$$

$$\text{Sens } l_y : S \leq \min \quad = 0.45 \text{ m}$$

$$0.45$$

$$\text{Sur appui : } S \leq 0.33m$$

Section minimale d'armature**Bande suivant l_y :**

$$12h_0 \text{ RL}$$

$$A_{y\min} = 8h_0 \text{ Fe } 400 = 8h_0 = \mathbf{1.6 * 10^{-4} m^2 / m}$$

$$6h_0 \text{ Fe } 500$$

$$A_{ty} = 1.10 * 10^{-4} < A_{y\min} \quad , A_{ty} = A_{y\min} \quad \text{Soit 4 HA 8 / m}$$

$$\rightarrow St = 0.25m < 0.45 \text{ m}$$

$$A_{ay} = 1.01 * 10^{-4} < A_{y\min} \rightarrow A_{ay} = A_{y\min} \quad , \text{ Soit 4 HA 8 / m}$$

$$\rightarrow St = 0.25m < 0.45 \text{ m}$$

Bande suivant l_x :

$$A_{x\min} = 3-\alpha / 2 * A_{y\min} = 2.384 * 10^{-4} m^2 / m$$

$$A_{tx} = 1.19 * 10^{-4} < A_{y\min} \quad (\text{ok}) \quad , A_{ay} = A_{y\min} \quad \text{Soit 4 HA 8 / m}$$

$$\rightarrow S = 0.25m < 0.33 \text{ m}$$

$$A_{ax} = \mathbf{1.01 * 10^{-4}} < A_{y\min} \rightarrow A_{ax} = A_{y\min} \quad , \quad \text{soit 4 HA 8 / m}$$

$$\rightarrow S = 0.25m < 0.33 m$$

9.2.CALCUL DES CHARGES SOLLICITANT DU BALCON :

A. Charges permanentes et surcharges d'exploitation :

1 - Carrelage (e = 2 cm ; $\zeta = 20 \text{ KN/m}^3$).....	0,4 KN/m^2
2 - Mortier de pose (e = 2 cm ; $\zeta = 20 \text{ KN/m}^3$).....	0,4 KN/m^2
3 - Lit de sable (e = 3 cm ; $\zeta = 18 \text{ KN/m}^3$).....	0,34 KN/m^2
4 - Dalle pleine (e = 15 cm ; $\zeta = 25 \text{ KN/m}^3$).....	3,75 KN/m^2
5 - Enduit au ciment (e = 2 cm ; $\zeta = 18 \text{ KN/m}^3$)	0,36 KN/m^2

$$\mathbf{G = 5,19 \text{ KN/m}^2}$$

$$\mathbf{Q = 3,50 \text{ KN/m}^2}$$

▪ Charge concentrée « F » :

- Enduit au ciment0,36 KN/m^2
- Maçonnerie ($e_p=10\text{m}$)0,90 KN/m^2
- Enduit au ciment.....0,36 KN/m^2

$$\mathbf{F = 1,62 \text{ KN/m}^2}$$

Pour une bande de 1m :

$$F = 1,62 \times 1,00 \times 1,00 = 1.62 \text{ KN}$$

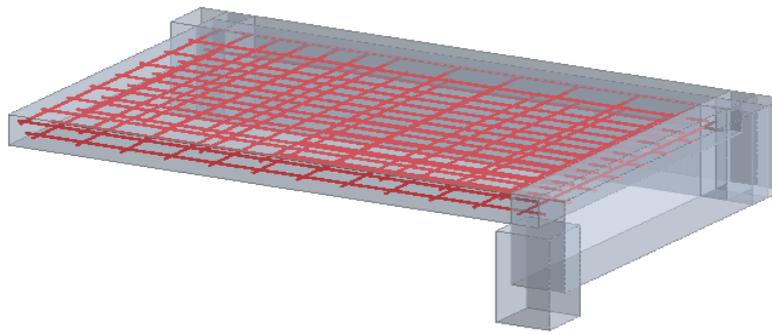


Figure II- 4: BALCON

9.3.CALCUL DE FERRAILLAGE :

Le calcul se fait en flexion simple pour une bande de 1m de longueur pour une section rectangulaire (b × h) = (100 ×20) cm²

Données : F_{c28} = 25 MPa ; F_{t28} = 2,1 MPa ; F_{bc} = 14,20 MPa ; Fe = 400 MPa.

Tableau II- 14 : calcul de ferrailage

Mu (KN.m)	μ	α	Z (cm)	choix	A_s (cm²)	Esp (cm)
28.69	0,055	0,07	13.12	4T10	2.94	20

- VERIFICATIONS :

A. Condition de non fragilité :

$$A_s \geq A_{smin} = 0,23 \times b \times d \times \frac{F_{t28}}{F_e}$$

A_s = 2.94 cm² ≥ A_{smin} = 1,300 cm².....Vérifiée

10. Conclusion :

En conclusion, l'ouvrage à usage d'habitation situé à Bordj Elghadir, dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, présente une conception adaptée à la zone de sismicité moyenne (zone 2A). La

structure du bâtiment, composée de portiques auto-stables et de remplissages en maçonnerie rigide auto-stable, est conçue pour résister aux charges sismiques potentielles.

Cependant, il est important de noter que la terrasse n'est pas accessible, ce qui peut être une limitation en termes d'utilisation de l'espace extérieur. Les planchers à corps creux (16+5) ou la dalle pleine de 15 cm offrent une résistance solide pour assurer la stabilité des étages.

Pour garantir la sécurité et la durabilité de l'ouvrage, il est impératif de respecter les normes de construction et les réglementations sismiques en vigueur. Il est recommandé de faire appel à des professionnels du génie civil et de l'architecture pour assurer une conception et une construction conformes aux normes.[12]

Une étude structurale approfondie, réalisée par des ingénieurs spécialisés en génie sismique, est recommandée pour évaluer la résistance du bâtiment aux séismes et pour optimiser sa conception structurelle.

En résumé, le bâtiment présente une structure adéquate pour faire face aux sollicitations sismiques de la zone, mais des mesures supplémentaires, notamment une évaluation structurale détaillée, doivent être prises pour garantir sa sécurité et sa conformité aux normes professionnelles en vigueur.

Chapitre III

Fabrication de marbre artificiel et de carrelage à base des déchets de marbre naturel

1- Introduction

De nos jours la grande consommation des ressources naturelles en marbre et les déchets causés par la demande croissante et la technologie minière du marbre naturel ont un impact sévère sur l'environnement de la terre et l'environnement écologique, tandis que le marbre artificiel à base de ciment ou de résine est un bon alternatif au marbre naturel. La grande majorité des revêtements de bâtiments sont constitués de matériaux de revêtement tels que les briques en argile, les blocs de béton, les revêtements en vinyle, les pierres naturelles et artificielles. Parmi ceux-ci, la pierre naturelle (*marbre naturel*) est le matériau de construction préféré pour de nombreuses raisons, notamment l'accessibilité, la beauté, la durabilité, la dureté, la résistance et la durabilité. Cependant, la difficulté à extraire, transporter et couper la pierre naturelle a eu un effet indésirable sur les calendriers et les coûts des projets. Ainsi, l'industrie de la construction a équilibré l'attrait esthétique de la pierre naturelle et le coût d'un projet en créant une pierre artificielle. Le processus de production contrôlé de la pierre artificielle surmonte avec succès de nombreuses lacunes de la conception et de l'installation de la pierre naturelle. De plus, les propriétés souhaitées de la pierre artificielle telles que la cohérence des couleurs, la luminosité, la résistance et la durabilité permettent à la pierre artificielle d'être le matériau de revêtement extérieur à la croissance la plus rapide de l'industrie de la construction. La plupart des pierres artificielles sont essentiellement un mélange de béton (ciment, sable, gravier) et de pigments colorés spéciaux façonnés dans des moules spéciaux et détaillés conçus pour simuler la pierre naturelle. Les pierres artificielles sont généralement fabriquées dans des conditions contrôlées permettant au béton d'atteindre sa résistance maximale et de maintenir sa durabilité à long terme. De plus, l'utilisation d'agrégats légers et de petite taille permet de maintenir le poids de la pierre artificielle à un minimum. Des développements significatifs ont été réalisés dans la fabrication de pierres artificielles [13]. Sheahan a simulé la coulée de pierre pour une utilisation en tant que composant de construction à la place de la pierre sculptée naturelle. Les matériaux utilisés étaient du polyester insaturé léger pour le liant de résine, du calcaire concassé, du sable de silice (SiO_2) et de la poudre de carbonate de calcium broyé (CaCO_3). [10] Le processus produit une pierre ayant un aspect naturel proche, mais lourde et à forte conductivité thermique. a amélioré le liant de résine (polyester) en ajoutant un mélange 1 :1 de polypropylène (PP) et de polyéthylène (PE), et environ 1% de catalyseur comme le peroxyde de méthyle éthyl cétone (MEKP). Les principaux composants étaient l'hydrate d'alumine en tant que matériau de remplissage, et environ 1 à 2% de pigment. Les inconvénients du produit de Wiener comprennent une faible résistance à la conductivité thermique et une faible résistance aux taches. Santos et al. ont étudié les effets de la température sur le comportement mécanique des pierres artificielles. Leur étude portait sur trois types de pierres artificielles et deux

types de pierres naturelles (calcaire et granit), dans lesquelles ils ont étudié les effets de la température, du vieillissement thermique et du choc thermique sur la résistance à la flexion des matériaux. Leurs résultats révèlent que les pierres artificielles montrent des valeurs de résistance à la flexion plus élevées par rapport aux pierres naturelles lorsqu'elles sont testées à des températures allant jusqu'à 100°C et lorsqu'elles sont testées à température ambiante après avoir été soumises à un refroidissement rapide (choc thermique) de 200°C à 20°C. Yiu et al. [14] ont mené une étude en laboratoire sur les effets de l'altération sur le système de carrelage mural extérieur. Les carreaux muraux extérieurs ont été soumis à des effets d'altération sévères, notamment le vent, la pluie, l'humidité et l'attaque de polluants. Ils ont rapporté que la résistance au cisaillement avait diminué de plus de 50% au cours des 100 premiers cycles des 200 cycles thermiques et d'humidité. En résumé, la pierre artificielle offre des avantages tels qu'un coût inférieur, une durabilité accrue, une consistance de couleur, une facilité d'installation, une variété de designs et un impact environnemental moindre par rapport à la pierre naturelle. Cependant, il convient de noter que certains projets de construction peuvent nécessiter l'utilisation de pierre naturelle pour des raisons esthétiques ou patrimoniales.

Dans cette étude expérimentale, deux objectifs principaux ont été identifiés. Le premier objectif est axé sur la protection de l'environnement et la réduction des émissions de CO² liées à l'effet de serre. Pour atteindre à cet objectif, une nouvelle stratégie de recyclage des déchets de marbre naturel a été mise en place pour les utiliser dans la fabrication de faux marbre ou des carreaux. Cette initiative permet de réduire les déchets et de préserver les ressources naturelles, tout en offrant une alternative durable et respectueuse de l'environnement dans le domaine de la construction.

Le deuxième objectif de cette étude est de proposer un nouveau mélange de revêtement pour améliorer les propriétés physiques et mécaniques de la pierre artificielle existante. Ce mélange vise à améliorer la durabilité à long terme, la résistance aux chocs, le poids, la ductilité et la résistance de la pierre artificielle. Cette amélioration permettra de renforcer l'utilisation de la pierre artificielle dans diverses applications de construction, tout en offrant des avantages supplémentaires tels que la réduction des coûts de maintenance et une durée de vie plus longue.

2- Programme expérimental :

Le programme de recherche avait pour objectif de recycler les déchets de marbre naturel pour fabriquer des pierres artificielles et des carreaux, tout en incorporant différentes propriétés souhaitées telles que l'apparence naturelle, la résistance, la durabilité, le poids léger, la résistance

aux chocs, la ductilité. Pour atteindre à notre objectif majeur, diverses méthodes ont été étudiées et des mélanges ont été préparés en utilisant des matériaux tels que des pierres concassées, des pigments pour la coloration et des résines de polyester comme matériau de liaison et un ciment blanc.[15]

Les différents mélanges ont été préparés pour la fabrication de deux types de pierres artificielles : une monocouche et des carreaux, en utilisant des déchets de pierre naturelle recyclés. Les mélanges ont été préparés en utilisant des matériaux bien gradués tels que des pierres concassées et d'autres matériaux tels que des pigments pour la coloration, des résines de polyester comme matériau de liaison et du ciment blanc. Les propriétés améliorées ci-dessus ont été étudiées dans la deuxième partie du programme de recherche, tandis que la première partie se concentre sur le processus de fabrication. Le programme d'essais expérimentaux comprenait : l'étalement, les masses volumiques absolues et apparentes, la vitesse ultrasonique, la résistance à la compression, et l'absorption d'eau. Les résultats des tests ont été comparés à ceux des échantillons de pierre naturelle.

2-1. Les matériaux utilisés :

Nous allons étudiés les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition des pierres de marbre et des carreaux, ces essais sont réalisés au niveau de laboratoire de génie civil de notre université (Université EL BACHIR EL IBRAHIMI Bordj Bou Arreridj).

2.1.1 Le ciment :

Dans cette étude, nous avons utilisé un ciment blanc pour fabriquer des pierres de marbre et des carreaux, les caractéristiques chimiques du ciment blanc utilisé sont représentées dans le tableau III-1.

Tableau III- 1 : Les compositions chimiques du ciment utilisé.

Oxides	CaO	SiO ₂	SO ₃	Al ₂ O ₃	FeO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
Ciment	65.20	19.29	4.77	2.42	0.24	0.04	0.02	0.85	4.37	0.63

2.1.2 La résine :

Dans notre étude expérimentale, nous avons employé une résine constituée de deux éléments, une résine liquide et un durcisseur, qui possède une forte capacité d'adhérence et de résistance à l'usure. Cette résine est également insensible à la température et aux conditions climatiques. Pour accélérer la réaction, nous avons ajouté un accélérateur qui permet l'interaction entre les deux composants lors de leur mélange (Voir la figure III.1).

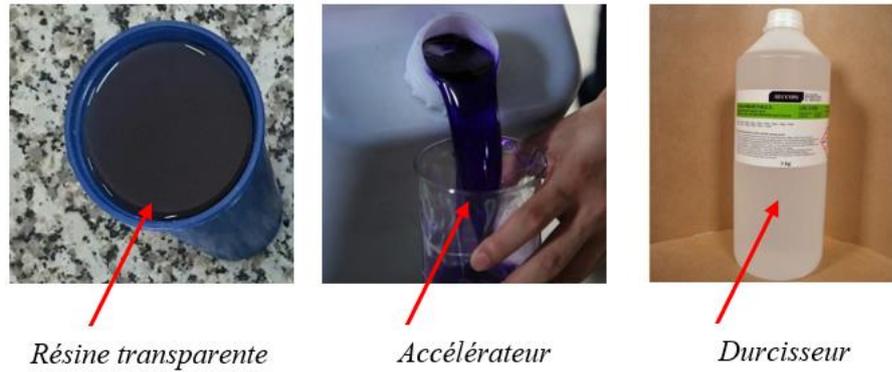


Figure III- 1: Les produits chimiques utilisés pour fabriquer le marbre et le carrelage.

Cette résine présente des propriétés telles qu'une réactivité moyenne, une résistance aux taches, une faible viscosité, une teneur élevée en solides, une faible teneur en styrène, une résistance à la dégradation de l'eau et aux chocs thermiques élevés, et une résistance à de nombreuses solutions et solvants organiques et inorganiques. En effet ; cette résine est caractérisée par une densité de $1,23 \text{ g/cm}^3$ à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, et un temps de gel de 12 à 15 minutes à $25\text{-}35 \text{ }^\circ\text{C}$. [16]

2.1.3 Déchets de marbre :

Les déchets de marbre sont les matériaux qui restent après la découpe, la taille et le polissage du marbre brut pour en faire des produits finis.



Figure III- 2: Déchets de marbre

Pour fabriquer des pierres de marbre et des carreaux à partir de déchets de marbre naturel, nous avons procédé à leur broyage dans notre laboratoire en utilisant la machine de Los Angeles. Selon les étapes suivantes :

- *Concassage* : Le craquage des déchets de marbre est un procédé utilisé pour réduire le volume de déchets de marbre afin d'être réutilisé ou éliminé plus efficacement.
- Les résidus de marbre de différentes tailles et couleurs sont collectés après le processus de tri, ils ont nettoyé des impuretés et de la terre qui y adhère.

- Après le séchage des déchets de marbre, nous utilisons le concasseur pour le briser en petites tailles.
- La dernière étape est le tamisage, où la poudre de marbre est séparée du reste avec des tamis.



Figure III- 3: Méthode de broyage des déchets de marbre

La figure III-4 présente les résultats de l'analyse granulométrique du sable utilisé, tandis que le tableau III-2 résume les propriétés physiques de ce même sable.

Tableau III- 2: Les propriétés physiques du sable utilisé.

Propriétés physiques	Masse volumique absolue (kg/m^3)	Masse volumique apparente (kg/m^3)	Equivalent de sable (%)	Module de finesse (%)
Sable	2694.95	2524.27	58.35	2.8

D'après les données présentées dans le tableau III-2, on peut conclure que le sable utilisé est de très bonne qualité et contient une faible quantité de particules fines.

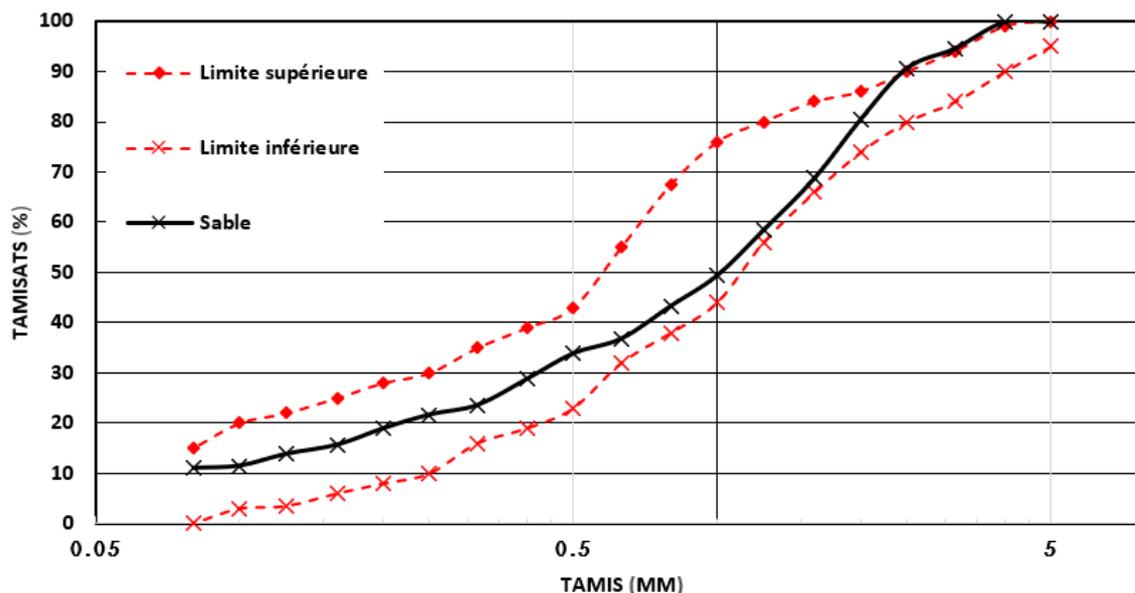


Figure III- 4: Courbe granulométrique du sable broyé

Nous avons constaté que le sable que nous avons utilisé se situe dans la plage d'équivalence recommandée, ce qui suggère que ce sable est parfaitement adapté pour être utilisé dans la préparation de nos mélanges.

2. Formulation et mode de fabrication des carreaux :

Nous avons élaboré des formulations préliminaires pour la fabrication de carreaux à partir de déchets de marbre naturel, en utilisant différentes proportions de ciment blanc, d'eau, de sable broyé, de rapport E/C et la quantité de superplastifiant nécessaire. Les valeurs utilisées sont représentés en pourcentage volumique dans le tableau III-3.

Tableau III- 3 : La composition de mélange de mortier utilisé pour un volume de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.

Matériaux	Ciment	Eau	Sable 0/1	Sable 0/3	SP*
Quantité (%)	21	10	23	45	1

SP* : Superplastifiant

2.2.1 Malaxage et mis en œuvre des éprouvettes pour le test de résistance mécanique :

Le volume de mortier nécessaire pour effectuer des essais d'étalement et fabriquer trois éprouvettes de dimensions $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ a été préparé. La préparation a été effectuée en utilisant un malaxeur à mortier à axe vertical, en commençant par introduire le ciment et l'eau du robinet dans la cuve, puis en ajoutant progressivement le sable. Cette méthode permet de mélanger efficacement et uniformément

les ingrédients pour obtenir un mortier homogène et de la bonne consistance. Les éprouvettes sont ensuite laissées à sécher avant d'être soumises à des tests de résistance à la compression.



Figure III- 5: Malaxeur à mortier

Nous avons adapté le même temps de malaxage pour toutes les formules car l'utilisation d'une séquence de malaxage déférente peut modifier grandement l'efficacité des adjuvants et peut donc conduire à des performances différentes. Cependant, la méthode de malaxage peut varier selon le rapport E/C, ainsi que l'efficacité du superplastifiant utilisé. À cet effet, le superplastifiant est ajouté dans nos mélanges (mortiers et bétons) avec la dernière quantité d'eau de gâchage (1/3) qui correspond généralement au début de la période dormante.

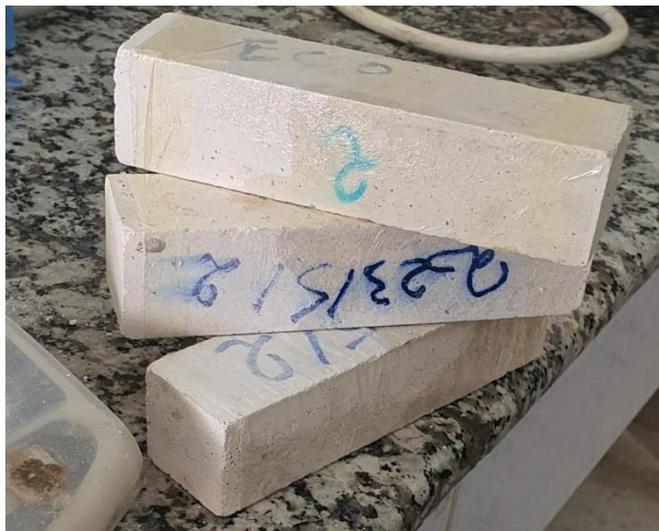


Figure III- 6: Les mortiers confectionnés à base de ciment blanc

Les éprouvettes ont été fabriquées en coulant le mortier dans des moules en trois couches successives. Chaque couche a été placée sur une table vibrante pour favoriser l'évacuation des bulles d'air et piquée pour améliorer l'adhérence avec la couche supérieure. Les moules ont ensuite été placés

dans le laboratoire du département Génie Civil, où la température ambiante était d'environ $20 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 24 heures. Après cette période, les éprouvettes ont été démoulées et conservées dans un bac d'eau du robinet à une température constante de 20°C jusqu'à la date des tests de flexion (résistance à la traction indirecte) et de compression.

2.2.2 Mode de fabrication du carrelage à base de déchets de marbre et le ciment blanc :

Le processus de fabrication des carreaux à base de déchets de marbre implique plusieurs étapes, à savoir :

- Tri et disposition des déchets de marbre de différentes couleurs dans un moule de $25 \times 25 \text{ cm}^2$, en veillant à une répartition homogène des couleurs ;
- Préparation du mélange en utilisant un mortier composé de sable broyé (à base de déchets de marbre naturel), de ciment blanc et de superplastifiant (conformément au *tableau III-3*) ; le mélange est ensuite versé dans le moule et vibré pour éliminer les bulles d'air ;
- Polissage : après un délai de **24** heures, l'échantillon est démoulé et poli à l'aide d'une machine spéciale pour obtenir une surface lisse et brillante.



Figure III- 7: Mode de fabrication du carrelage à base de déchets de marbre

3. Formulation et mode de fabrication des pierres de marbre :

La formulation et le mode de fabrication des pierres de marbre peuvent varier en fonction de l'utilisation prévue et des spécifications requises. Dans notre programme expérimental, les pierres de marbre sont fabriquées à partir de sable broyé obtenu par le broyage de déchet de marbre, de résine et de pigments (les quantités sont représentées dans le *tableau III-4*), selon les étapes suivantes :

- Préparation du moule : le moule est nettoyé et enduit d'un agent de démoulage pour faciliter l'extraction de la pierre de marbre une fois qu'elle est durcie.
- Mélange des ingrédients : le sable, la résine et les pigments sont mélangés dans des proportions spécifiques pour obtenir la texture et la couleur souhaitées. Le mélange est effectué manuellement ou à l'aide d'un mélangeur mécanique.
- Coulage : le mélange est versé dans le moule préparé et nivelé pour obtenir une surface plane et uniforme.
- Durcissement : la pierre de marbre est laissée à durcir pendant une période de temps spécifique, généralement de quelques heures, selon la température et l'humidité de l'environnement.
- Démoulage : une fois que la pierre de marbre est suffisamment durcie, elle est retirée du moule en utilisant des outils appropriés.
- Polissage : la pierre de marbre peut être polie pour améliorer sa brillance et sa finition. Cette étape peut être effectuée manuellement ou à l'aide de machines spéciales.

Tableau III- 4: La composition de mélange de marbre artificiel pour un volume de $4 \times 2 \times 16 \text{ cm}^3$.

<i>Pierres de marbre artificiel à base de résine pour un volume de $4 \times 2 \times 16 \text{ cm}^3$.</i>					
<i>Matériaux</i>	Résine	Durcisseur	Accélérateur	Sable 0/1	Sable 0/3
Quantité (%)	26.51	0.5	0.5	24.5	47.99
<i>Pierres de marbre artificiel à base du ciment pour un volume de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.</i>					
<i>Matériaux</i>	Ciment	Eau	Sable 0/1	Sable 0/3	SP*
Quantité (%)	21	10	23	45	1

4. Les essais réalisés :

4.1 La masse volumique à l'état frais :

Pour effectuer cette mesure, on utilise un récipient de volume et de masse connus. Ce récipient est rempli entièrement de mortier et sa surface libre est ensuite arasée. On pèse alors le récipient plein. Le rapport entre la masse du béton (masse du récipient plein à laquelle on soustrait la masse du récipient vide) sur le volume du récipient correspond à la masse volumique du béton frais exprimée en kg/m^3 .

4.2 Essai d'étalement :

La fluidité est calculée en fonction du changement du diamètre du cône supérieur et du diamètre final de l'échantillon (voir la figure suivante).



Figure III- 8: Table à choc pour l'essai d'étalement

4.3 Vitesse ultrasonique :

Pour déterminer les vides présents dans les échantillons, nous avons procédé à un test de la vitesse ultrasonique tel que présenté dans la figure III-9. Les vitesses ont été calculées en utilisant la formule suivante :

$$V = \frac{D}{T}, \text{ en } m/s$$



Figure III- 9: Appareil d'ultrason

4.4 Essai d'absorption capillaire :

Pour déterminer le coefficient d'absorption d'eau et la teneur en humidité des échantillons de ciment blanc et de résine pendant 24 heures (voir la figure III-10).

Les résultats sont donnés selon la relation suivante :

$$C = \frac{M_t - M_i}{A}, \text{ en } kg / m^2$$

M_i : la masse initiale

M_t : la masse mesurée suivant le temps

A : la surface en contact avec l'eau en mm^2 respectivement.

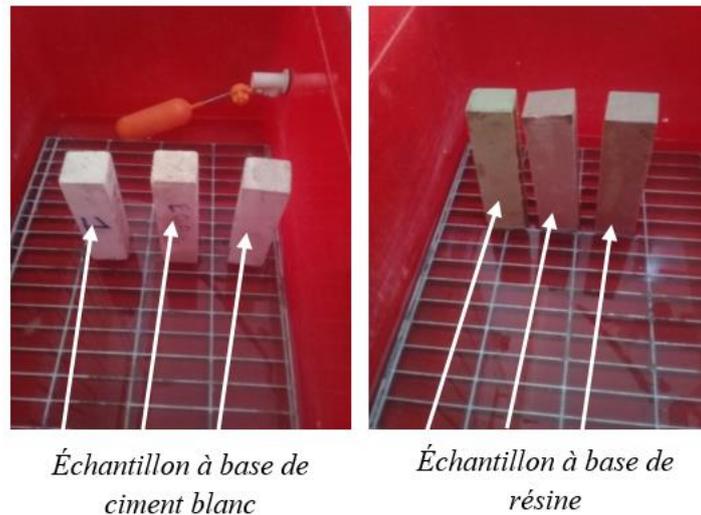


Figure III- 10: Dispositif pour l'essai d'absorption capillaire.

4. Les essais mécaniques :

L'essai de compression est mené sur des éprouvettes $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ (NF EN 12390-3, 2003). La vitesse de chargement est constante. La machine d'essai est une presse de capacité maximale de 1500 KN conforme à la norme (NF EN P 18-412, 1981). La mise en charge doit être d'une manière continue jusqu'à la rupture de l'éprouvette (figure III -11).



Figure III- 11: Presse utilisée pour des essais mécaniques

5. Résultats et discussions des résultats :

5.1. Comportement du mortier à l'état frais :

Des tests d'étalement (réalisés sur une table à secousses) ont été effectués conformément à la norme ASTM C1437 pour mesurer l'étalement des mélanges. Les résultats de ces tests ont été représentés dans la figure III-12 pour les différents mélanges[17].

D'après la figure III-12, on peut voir que le mélange à base de ciment blanc présente une mauvaise ouvrabilité par rapport le mélange à base de résine, cela peut être expliquer par la viscosité de résine par rapport au ciment.

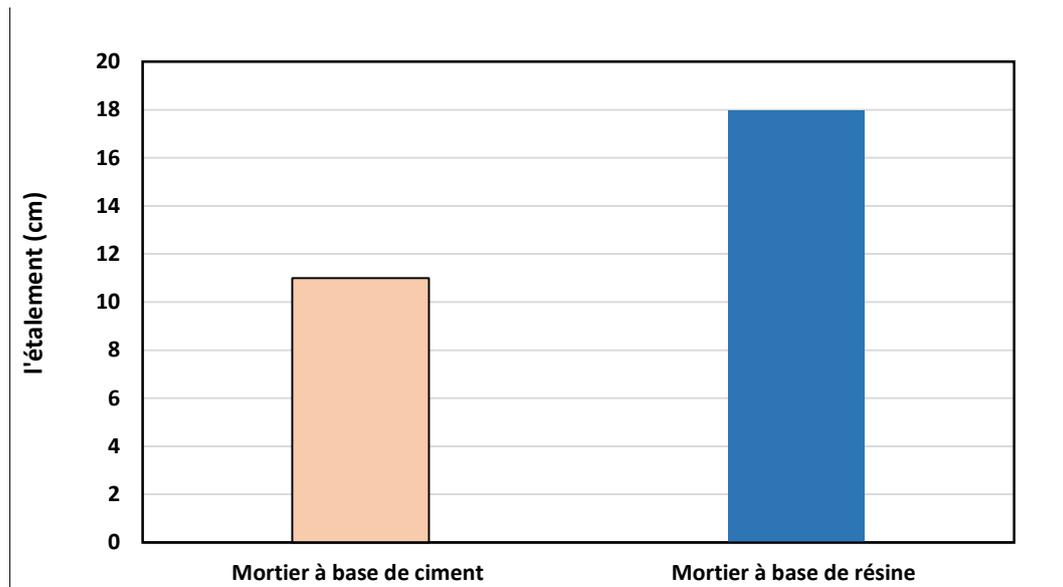


Figure III- 12: l'étalement pour les différents mélanges

5.2.La masse volumique à l'état frais durci :

En mesurant la masse volumique à l'état durci du mortier étudié, il est possible de déterminer le rendement de la formulation en comparant le volume expérimental avec le volume théorique. La figure III-13 représente les masses volumiques à l'état durci des différents mélanges testés.

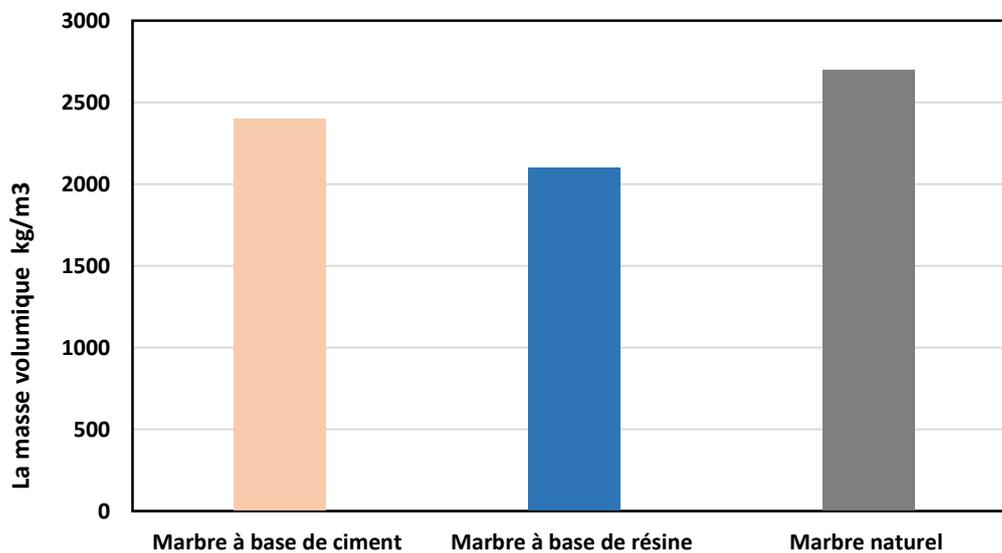


Figure III- 13: la masse volumique à l'état durci des différents échantillons

A partir la figure III-13, on constate que les densités des pierres de marbre artificiel sont inférieures à celles des mortiers à base de ciment blanc et le marbre naturel, cela est expliqué par la faible densité du mélange.

5.3. La résistance mécanique :

Des tests d'écrasement ont été réalisés sur des échantillons cubiques de dimensions 4 x 4 cm² afin de mesurer la résistance moyenne de trois échantillons à différents âges de durcissement (comme indiqué dans la figure III-11). Les résultats des tests de compression pour les différents mélanges sont représentés dans la figure III-14.

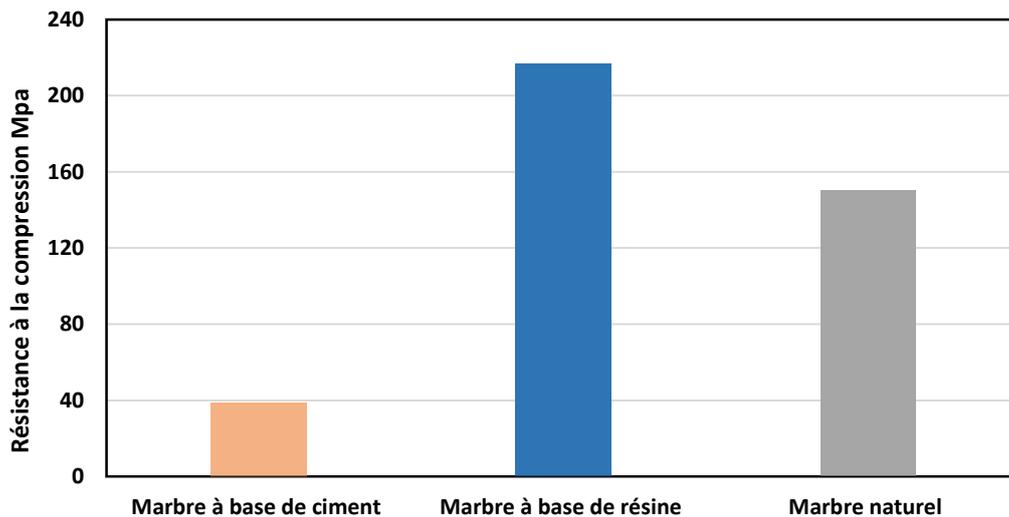


Figure III- 14: La résistance à la compression des différents échantillons

Le mortier à base de résine a enregistré la résistance à la compression la plus élevée parmi les échantillons testés, atteignant 217 MPa. Cette performance remarquable peut s'expliquer par l'utilisation d'un liant, qui offre généralement une résistance mécanique supérieure à celle des ciments traditionnels.

Le mortier à base de ciment blanc a une résistance à la compression de 40 MPa, ce qui est inférieur à la résistance de la pierre de marbre naturel et du mortier à base de résine. Cependant, l'incorporation de résine dans ce mortier a entraîné une légère amélioration de sa résistance par rapport au mortier classique.

Le mortier à base de résine présente une résistance à la flexion de 35 MPa, ce qui est la valeur la plus élevée parmi les échantillons testés. Cette performance supérieure peut être attribuée à la qualité du liant utilisé, qui est généralement reconnu pour offrir de bonnes performances en termes de résistance à la flexion. (Voir la figure III-15)

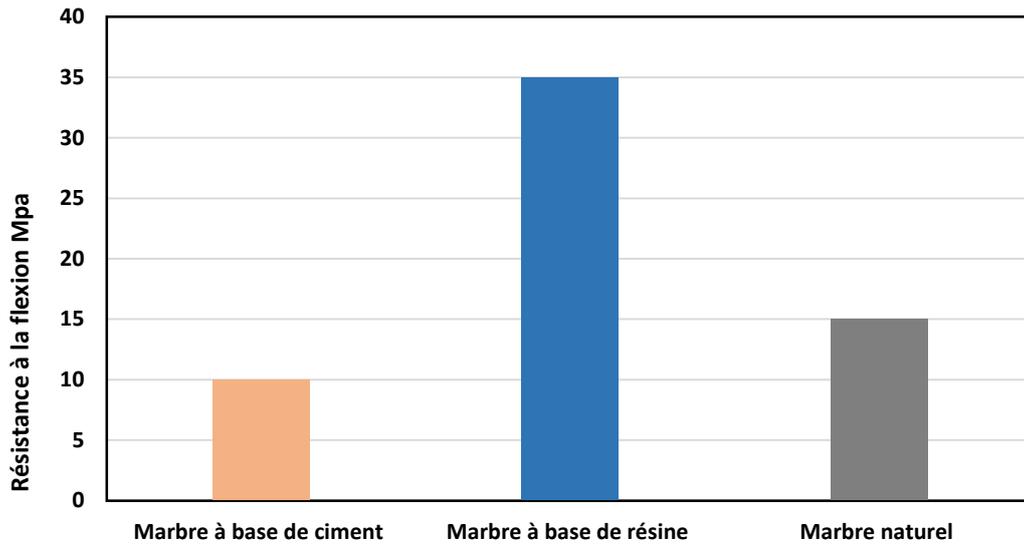


Figure III- 15: La résistance à la compression des différents échantillons

5.4.L'absorption par immersion totale :

Les résultats expérimentaux des essais d'absorption d'eau de différents mortiers sont présentés dans la figure III-16.

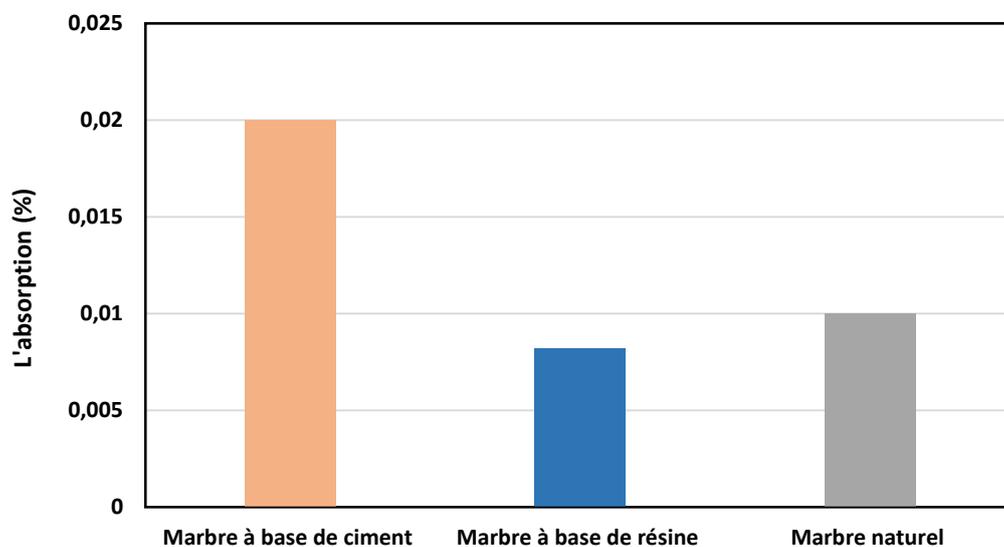


Figure III- 16: Le taux d'absorption total des différents échantillons

Le béton mortier à base de résine présente le taux d'absorption le plus bas parmi les échantillons testés, avec une valeur de 0,02. Cela suggère que ce type de béton a une bonne capacité d'étanchéité, ce qui peut être avantageux dans des applications où il est important de maintenir une faible perméabilité ou de réduire les transferts de liquides.

5.5. La vitesse ultrasonique :

L'auscultation par ultrasons est une méthode de contrôle non-destructif qui permet d'évaluer l'homogénéité du béton ou du mortier, en mesurant la vitesse de propagation des ondes longitudinales à travers ces matériaux. Cette méthode repose sur le principe de mesurer le temps nécessaire à une onde pour parcourir une distance donnée. La relation entre la vitesse de propagation des ultrasons et la résistance à la compression est influencée par de nombreuses variables, notamment l'âge du mortier, les conditions d'humidité, etc. Figure III-17 présente la vitesse de l'ultrason qui se traverse un prisme de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.

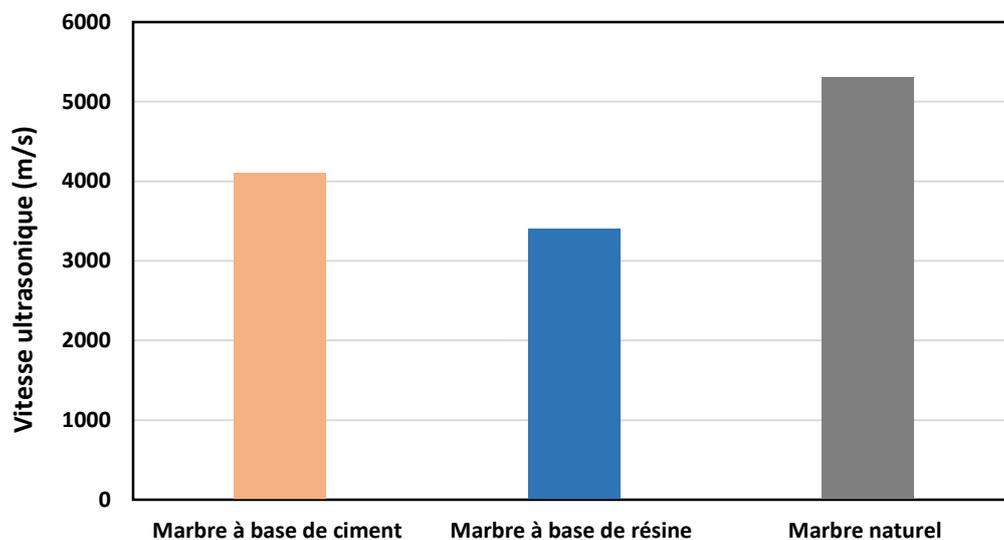


Figure III- 17: La vitesse ultrasonique des différents échantillons

Afin d'obtenir des résultats plus précis, nous avons effectué trois tests sur chaque échantillon de mortier, puis calculé la moyenne des trois mesures. Selon la figure III-17, les mélanges les plus performants sont ceux à base de résine, qui affichent une vitesse d'ultrason de 3200 m/s, inférieur à celle du mortier à base de ciment blanc. Cependant, les pierres naturelles ont une vitesse de propagation du son légèrement plus élevée que celles à base de résine.

6. Conclusion :

Ce chapitre a porté sur une étude comparative des différents types de marbre, à savoir le marbre naturel, le marbre avec le ciment blanc et le marbre à base de résine. Des tests ont été effectués en laboratoire pour évaluer leurs performances selon différents critères tels que la résistance à la compression, la résistance à la flexion, la vitesse ultrasonique et l'absorption capillaire.

Les résultats obtenus ont mis en évidence les caractéristiques distinctives de chaque type de marbre. En termes de résistance mécanique, le marbre à base de résine s'est avéré être le plus performant, suivi par les pierres de marbre naturel, puis le mortier à base de ciment blanc. Cette différence peut être attribuée aux propriétés spécifiques des matériaux utilisés dans la composition de chaque type de mortier.

Chapitre IV

Application Eco Binaa

1. Introduction :

L'Algérie connaît un développement notable dans le secteur de la construction et du génie civil, ce qui nécessite des solutions innovantes, efficaces et fiables pour améliorer la qualité du travail et augmenter l'efficacité des opérations d'ingénierie et d'architecture. Dans ce contexte, nous sommes heureux de vous présenter notre application électronique Eco Binaa, qui vise à répondre à ces besoins et à réaliser des progrès tangibles dans ce secteur vital. Cette application se distingue par une gamme variée de services clés qui contribuent à faciliter les opérations et à renforcer l'efficacité.

2. Problème :

Le secteur du bâtiment et de la construction en Algérie nécessite des solutions efficaces et fiables pour améliorer la qualité du travail et augmenter l'efficacité des processus d'ingénierie et d'architecture.

3. Hypothèses :

- Les professionnels du secteur sont ouverts à l'utilisation des technologies numériques pour faciliter leurs opérations et améliorer leur productivité.
- Les utilisateurs sont prêts à adopter une plateforme numérique pour réserver des rendez-vous, accéder à des informations sur les artisans et les spécialistes, acheter des matériaux de construction et louer des équipements.
- Il existe une demande croissante de matériaux de construction de haute qualité et fiables sur le marché local.
- La location d'équipements de construction est une option rentable pour les professionnels qui n'ont pas besoin d'acheter et de posséder des équipements coûteux.

4. Objectifs :

- ✓ Faciliter la planification des réunions et l'interaction entre les clients et les ingénieurs spécialisés en permettant aux utilisateurs de réserver des rendez-vous via l'application.
- ✓ Mettre en relation les utilisateurs avec des artisans et des spécialistes qualifiés en fournissant des profils et des informations détaillées sur leurs compétences et leurs services.
- ✓ Fournir une plateforme de commerce électronique offrant une large gamme de matériaux de construction de qualité, permettant aux utilisateurs de sélectionner et d'acheter facilement les produits dont ils ont besoin.

- ✓ Faciliter la location d'équipements de construction en offrant un service pratique et abordable aux utilisateurs, réduisant ainsi les coûts liés à l'acquisition d'équipements spécialisés.

4.1 Faciliter la planification des réunions et l'interaction entre les clients et les ingénieurs spécialisés en permettant aux utilisateurs de réserver des rendez-vous via l'application :

L'objectif principal est de simplifier le processus de planification des réunions entre les clients et les ingénieurs spécialisés. En permettant aux utilisateurs de réserver des rendez-vous via l'application, on élimine les contraintes de communication et de convenance, réduisant ainsi les retards et les conflits d'emploi du temps. De plus, en fournissant des informations détaillées sur les compétences et l'expertise des ingénieurs spécialisés, les utilisateurs peuvent choisir le professionnel qui correspond le mieux à leurs besoins spécifiques.[18] Cela facilite une interaction plus efficace et productive lors des réunions, car les participants peuvent se préparer en amont et se concentrer sur les aspects clés de leurs projets.



The screenshot displays the EcoBina application interface. At the top, there is a back arrow, the EcoBina logo, and the word 'Envoyé'. Below this is a green banner with white text: 'Nous sommes l'équipe EcoBina, remplissez le formulaire, prenez rendez-vous.' The form contains several fields: 'Votre nom et prénom' with the value 'Ay*** Nou***', 'votre numéro téléphone' with '06 65 73 ** **', 'Votre adresse e-mail' with 'aym*****@univ-bba.dz', 'Votre wilaya' with a dropdown menu showing 'Bordj Bou Arreridj', 'comment pouvons-nous vous aider' with a dropdown menu, and 'votre description'. At the bottom, there is a green button with a white envelope icon and the text 'Envoyer un message'.

Figure IV- 1 : L'interface de notre application

4.2 Mettre en relation les utilisateurs avec des artisans et des spécialistes qualifiés en fournissant des profils et des informations détaillées sur leurs compétences et leurs services :

L'objectif est de faciliter la recherche et la sélection des artisans et des spécialistes qualifiés pour les utilisateurs. En fournissant des profils complets comprenant des informations sur les compétences, l'expérience, les réalisations antérieures et les services offerts, les utilisateurs peuvent prendre des décisions éclairées lorsqu'ils choisissent les professionnels avec lesquels ils souhaitent travailler. Cela permet également de renforcer la confiance entre les utilisateurs et les artisans, car les utilisateurs peuvent consulter les avis et les recommandations d'autres clients précédents. La mise en relation directe facilite également la communication, permettant aux utilisateurs de discuter de leurs projets, d'obtenir des conseils d'experts et de clarifier les détails avant de s'engager dans une collaboration.

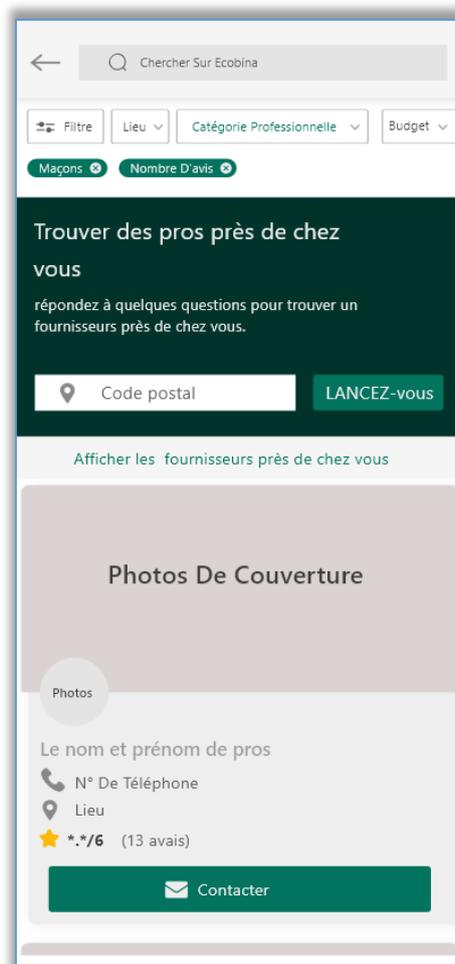


Figure IV- 2: Nos contacts

4.3 Fournir une plateforme de commerce électronique offrant une large gamme de matériaux de construction de qualité, permettant aux utilisateurs de sélectionner et d'acheter facilement les produits dont ils ont besoin :

L'objectif est de simplifier le processus d'achat de matériaux de construction en offrant une plateforme de commerce électronique intégrée à l'application. Les utilisateurs auront accès à une vaste gamme de produits de construction de haute qualité provenant de fournisseurs réputés. Ils pourront parcourir les différentes catégories de matériaux, comparer les spécifications et les prix, et effectuer des achats en ligne de manière pratique et sécurisée. Cette fonctionnalité réduit la nécessité de se rendre physiquement dans les magasins, ce qui permet d'économiser du temps et des efforts. De plus, en garantissant la qualité et la fiabilité des matériaux disponibles sur la plateforme, on améliore la confiance des utilisateurs et on contribue à la réalisation de projets de construction durables et durables.

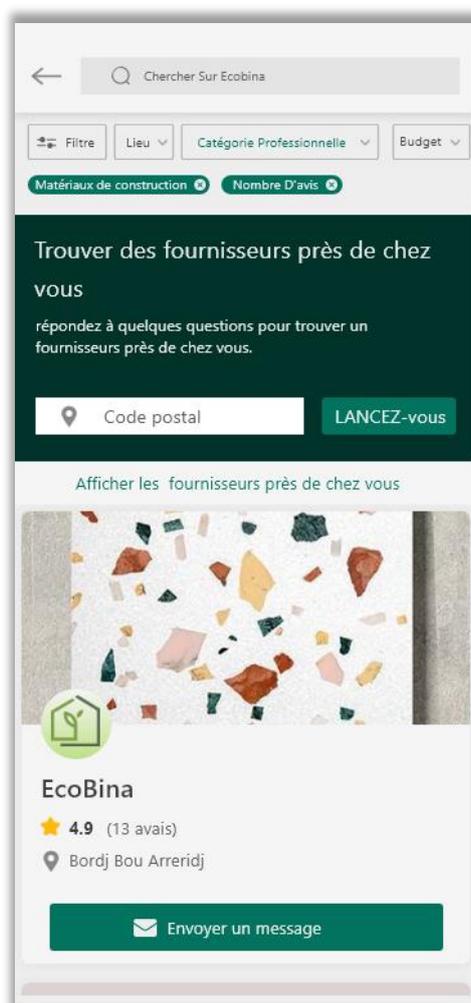


Figure IV- 3: Nos produits

4.5 Faciliter la location d'équipements de construction en offrant un service pratique et abordable aux utilisateurs, réduisant les coûts liés à l'acquisition d'équipements spécialisés :

L'objectif est de répondre aux besoins des utilisateurs en matière d'équipements de construction spécifiques en proposant un service de location pratique et économique. Les utilisateurs pourront consulter une liste complète d'équipements disponibles à la location, avec des

descriptions détaillées, des caractéristiques techniques et des tarifs compétitifs. En offrant une variété d'options[19], des petits outils aux grandes machines, l'application facilite la recherche et la sélection des équipements nécessaires pour les projets de construction. Les utilisateurs peuvent économiser sur les coûts d'achat initiaux, éviter les dépenses d'entretien et de stockage à long terme, et louer les équipements dont ils ont besoin pour des périodes spécifiques. Cela favorise la flexibilité et l'efficacité des opérations de construction, permettant aux utilisateurs de réaliser leurs projets de manière rentable.

5. Conclusion :

En conclusion, l'application électronique Eco Bina offre une solution complète et innovante pour améliorer le secteur de la construction et du génie civil en Algérie. En facilitant la planification des réunions, la mise en relation avec des artisans qualifiés, l'accès à une plateforme de commerce électronique pour l'achat de matériaux de construction et la location d'équipements spécialisés, Eco Bina vise à augmenter l'efficacité, la productivité et la qualité du travail dans ce secteur vital. En adoptant ces solutions numériques, les professionnels du secteur peuvent optimiser leurs opérations, gagner du temps et réduire les coûts associés à la construction. Avec l'engagement envers l'innovation et la fiabilité, Eco Bina aspire à contribuer au développement durable et à la croissance continue du secteur de la construction en Algérie.

Conclusion générale

Le présent mémoire de recherche porte sur l'étude de l'aspect architectural et structurel des ouvrages, en prenant en compte plusieurs aspects tels que l'impact environnemental, l'aspect économique, la décoration et la durabilité des ouvrages.

En ce qui concerne l'aspect architectural, l'architecture arabe est connue pour être raffinée, élégante et fonctionnelle, en utilisant des éléments clés tels que des arcs en ogive, des moucharabiehs, des zelliges, des calligraphies en arabesque, des dômes et des minarets. Elle est également influencée par des traditions locales, la religion, l'histoire et les conditions environnementales, avec une forte utilisation de matériaux locaux et des techniques de construction adaptées au climat chaud et sec de la région.

L'aspect de la décoration est également important dans la conception des bâtiments durables. Les bâtiments durables doivent être esthétiquement agréables pour les occupants, pour qu'ils se sentent à l'aise et productifs dans leur environnement de travail ou de vie. Cela peut être réalisé en utilisant des couleurs et des textures appropriées, en maximisant l'utilisation de la lumière naturelle et en utilisant des matériaux de haute qualité pour créer des espaces de vie confortables et agréables.

L'aspect environnemental est une considération clé dans la conception des bâtiments durables. Les bâtiments ont un impact significatif sur l'environnement, notamment en termes d'énergie et de ressources consommées[20], ainsi que de déchets produits. Les bâtiments durables sont conçus pour minimiser cet impact en utilisant des matériaux durables et écologiques, en réduisant la consommation d'énergie et d'eau, et en utilisant des systèmes de chauffage et de climatisation efficaces.

Pour la durabilité des ouvrages, est une considération clé dans la conception des bâtiments durables. Les bâtiments durables sont conçus pour durer, en utilisant des matériaux durables et de haute qualité, et en minimisant la nécessité de remplacements fréquents. Cela réduit les coûts de maintenance et de remplacement, ainsi que l'impact environnemental des déchets de construction et de démolition.

L'aspect économique est également important dans la conception des bâtiments durables. Les bâtiments durables sont conçus pour être économiquement viables à long terme, en minimisant les coûts de construction, d'exploitation et de maintenance. Cela peut être réalisé en utilisant des matériaux durables et économiques, en maximisant l'utilisation de l'espace et en utilisant des systèmes de chauffage et de climatisation efficaces.

En ce qui concerne la fabrication de pierres de marbre, le marbre à base de résine a présenté de bonnes performances mécaniques et un poids léger, suivi par le marbre naturel et le marbre à base de ciment blanc. Ces résultats suggèrent que les différents types de marbre peuvent être utilisés dans des applications nécessitant une résistance mécanique et une faible perméabilité.

Références bibliographiques

1. Humbert, P., A. Dubouchet, G. Fezans, and D. Remaud, *CESAR-LCPC, un progiciel de calcul dédié au génie civil*. Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées, 2005. **256**: p. 7-37.
2. Volait, M. *Le remploi de grands décors historiques dans l'architecture moderne: l'hôtel particulier Saint-Maurice au Caire (1875-79)*. in *5èmes rencontres internationales du patrimoine architectural méditerranéen*. 2013.
3. Zerrouk, H., *la culture comme un levier de développement urbain durable et développement socio-économique*. 2019.
4. Yopez-Salmon, G., *Construction d'un outil d'évaluation environnementale des écoquartiers: vers une méthode systémique de mise en oeuvre de la ville durable*. Université Bordeaux, 2011. **1**.
5. Fleury, F., N. Arab, and L.S. Kabra, *IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ARCHITECTURE DANS LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE*. 2022.
6. Poirier, V. and M. Arch, *Diagnostic de la maison pavillonnaire québécoise durable: entrevues auprès d'architectes et de professionnels du milieu*. 2013, Université de Sherbrooke.
7. Fauchoux, S., C. Hue, and I. Nicolaï, *TIC et développement durable: Les conditions du succès*. 2010: De Boeck Supérieur.
8. Djebli, A., A. Boumenakh, S. Bourafa, and W.E. Boulfani, *Revitalisation écologique des équipements touristiques de sante et de bien être: Cas de Beni Haroun-Mila*. 2017, Université de Jijel.
9. Jammoussi, J., *Les Humanités Numériques*. Vol. 1. 2020: Averroes & Cie.
10. BEY RAGUED, Y. and H.E. KHELOUFI, *MODÉLISATION DU COMPORTEMENT SISMIQUE D'UNE STRUCTURE MIXTE (PORTIQUE+ VOILE) EN BÉTON ARME PAR LA METHODE DYNAMIQUE MODALE SPECTRALE*. univ msila.
11. PERCHAT, J., *Béton armé. Règles BAEL*.
12. Dejeant, F., P. Garnier, and T. Joffroy, *Matériaux locaux, matériaux d'avenir*. 2021: CRAterre.
13. HERIHIRI, O., *Formulation et Caractérisation des Bétons Légers*. 2010, Université Mohamed Khider-Biskra.
14. Zarrad Turki, I., *Valorisation des sédiments marins dans une matrice agrosourcée: caractérisation expérimentale des biocomposites et modélisation du comportement mécanique*. 2016, Amiens.
15. Khelil Cherfi, O., A. Mouas, and F. DEBIEB, *Le Mortier a base de déchets Plastiques*. 2013.
16. Desnoes, E., *Élaboration de résines et de matériaux composites thermodurcissables renouvelables*. 2021, Université du Québec à Trois-Rivières.
17. Dallel, D., *Etude expérimentale modèle de l'imbibition capillaire de substrats poreux à volume et structure de pores ajustables*. 2012, Université de Haute Alsace-Mulhouse.
18. Paganelli, C. and E. Mounier. *Stratégies informationnelles en milieu professionnel: du réseau personnel à la Toile*. in *Tracer l'horizon informationnel du XXIe siècle: Frontières, passerelles et carrefours: 37ème congrès annuel de l'Association Canadienne des Sciences de l'Information*. 2009.
19. Dupont 1, C., *Les négociations commerciales*. *Négociations*, 2011(1): p. 11-32.
20. Dionne, J.-P., *Conception intégrée, processus facilitateur pour la réduction des impacts sur l'environnement et l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments*. 2015, École de technologie supérieure.