



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté Sciences et de la Technologie
Département de Génie civile et d'hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voie et ouvrage d'art

Réf. :

Présenté et soutenu par :
DJOUAMA Mohamed Walid
DAIF Lazhar

Le: 23/06/2024

Un nouveau principe de construction verte pour les Dôme Géodésique Ecologique

Jury :

Mr.	YAGOUB Mohamed	Dr	Université de Biskra	Rapporteur
Mr.	ADBESSELAM Issam	Dr	Université de Biskra	Co-encadreur

Année universitaire : 2023 - 2024

Dédicace

Dédicace A mon très cher père Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement jusqu'à ce jour, pour son amour, et ses encouragements. Que ce travail, soit pour vous, un faible témoignage de ma Profonde affection et tendresse. Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde Santé, bonheur et te protège de tout mal

A ma très chère mère autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protège et te donne la santé, le bonheur et longue vie

*Mes frères "**Wassim**" et "**Wissal**" que j'aime tant Pour leur petit mot et leur soutien.*

*Je dédie ce mémoire à la famille Djouama, en particulier à mon oncle et frère **Mohamed**.*

Je n'oublierai pas de citer mes collègues et amis avec qui j'ai toujours vécu les plus beaux moments:

*à mon camarade **Mahmoud** , je le remercie pour son soutien*

*Sans oublier **Fadhila** et **Moufida** Pour leur soutien et leurs encouragements et Je mentionne spécifiquement Salah, Ahmed et Dhia Eddine, Sameh et Djalil avec Nadhir Chahine, Zino et Hachem.*

Mon collègue Lazhar

Djouama Walid

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À ma chère mère et à mon cher père, pour leur amour inconditionnel et leur soutien indéfectible.

À ma femme qui incarne le symbole de l'amour, la plus noble et la plus chère à mon cœur, ma chère épouse. Merci pour ton soutien moral et tes encouragements constants tout au long de ma vie.

À mes chers enfants, Bilal, Oussama et Nour, je vous offre ces mots comme témoignage de mon amour et de ma fierté envers vous.

À mes collègues et à tous mes amis

Daif Lazhar

Remerciement

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

Dieu Tout-Puissant de m'avoir accordé la force, le courage et la patience pour faire ce travail, ainsi que l'audace de surmonter toutes les difficultés.

Mes parents pour leur patience et leurs encouragements qui m'ont été très utiles tout au long de mes études et à ma chère famille pour leur soutien moral et financier Ma gratitude va particulièrement à :

*Je remercie encadreur **Dr. YAGOUB Mohamed** et mon Co-encadreur **ADBESSELAM Issam** pour leur engagement dans ce modeste travail. Leur soutien quotidien, leur patience inébranlable, leurs conseils avisés et leur indéniable intérêt pour tous les étudiants ont été inestimables.*

Aux membres du jury pour avoir pris la peine d'évaluer ce modeste travail

Je tiens à remercier tous les ingénieurs et membres du lobby technologique.

Je n'oublierai pas les remerciements et l'appréciation de Mr. trira Boubaker est le responsable du laboratoire de mécanique

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui, par un geste, moral ou physique, ont participé à la réalisation de cette mémoire .

-Merci beaucoup-

Dj. Walid
D. Lazhar

Résumé

Il est tout à fait envisageable de construire des dômes géodésiques durables et efficaces dans la région de Biskra en utilisant des matériaux locaux tels que les el jerid et le plastique recyclé. L'objectif de ce travail est de démontrer que, par la combinaison de techniques de construction innovantes, une utilisation créative des matériaux et une approche axée sur la durabilité, ces structures peuvent répondre aux besoins locaux tout en minimisant l'impact environnemental. Ce projet pourrait également servir de modèle pour des initiatives similaires dans d'autres régions aux conditions climatiques et aux ressources comparables.

Mots clés

Dômes géodésiques, plastique, El-jeride, environnement, recyclage.

ملخص

من الممكن تمامًا بناء قباب جيوديسية متينة وفعالة في منطقة بسكرة باستخدام مواد محلية مثل جريد النخيل والبلاستيك المعاد تدويره. الهدف من هذا العمل هو إظهار أن هذه الهياكل، من خلال دمج تقنيات بناء مبتكرة واستخدام مبتكر للمواد وتوجيه النهج نحو الاستدامة، يمكن أن تلبي الاحتياجات المحلية وتقلل من الأثر البيئي بشكل كبير. يمكن أن يكون هذا المشروع نموذجًا لمبادرات مماثلة في مناطق أخرى ذات ظروف مناخية وموارد مماثلة.

الكلمات المفتاحية

القباب الجيوديسية، البلاستيك، جريد النخيل، البيئة، إعادة التدوير.

Sommaire

Dédicace	i
Remerciement	ii
Résumé	iii
Sommaire	vii
Liste des tableaux	ix
Liste des figures	xvi
Introduction Générale	2
Chapitre 1 :	
Etat de l'art sur le dôme géodésique	
1.1. Introduction	5
1.2. Types de dômes	5
1.2.1. Dôme nervuré de type Schwedler	5
1.2.2. Dôme à trois direction de type Lattice	6
1.2.3. Dôme de type Lamellaire	6
1.2.4. Dôme de type géodésique	7
1.3. Historique sur le dôme géodésique	7
1.4. Les principes du dôme géodésique	11
1.5. Composants du dôme géodésique	12
1.6. Les Matériaux	12
1.7. Fréquences du dôme	13
1.8. La raison d'utiliser une structure sphérique au lieu du processus rectangulaire traditionnel	14
1.9. Les avantages du dôme géodésique	14

1.10. Les inconvénients du dôme géodésique	16
1.11. Relevé bibliographique	16
1.12. Conclusion	17

Chapitre 3 :

Généralité sur les matériaux recyclés pour fabrication le dôme géodésique

2.1. Introduction	19
2.2. La valorisation de la matière par recyclage	20
2.3. Le recyclage en Algérie	21
2.4. Déchets plastiques et recyclage	21
2.5. L'impact des déchets plastiques sur l'environnement	22
2.5.1. La valorisation des déchets plastiques	23
2.5.2. Le processus de collecte et de tri et de recyclage	23
2.5.3. Etapes du recyclage des déchets plastiques	24
2.5.4. Avantages et limites du recyclage des plastiques	25
2.5.5. La valorisation des déchets plastiques en Algérie	26
2.6. Généralités sur le palmier dattier	27
2.7. Production de dattes et répartition géographique du palmier dattier	27
2.7.1. Dans le monde	27
2.7.2. En Algérie	28
2.8. Palmes	29
2.8.1. Déchets des palmiers dattiers	29
2.8.2. Déchets des palmiers dattiers	30
2.9. Conclusion	31

Chapitre 3 :

Partie Expérimental

3.1. Introduction	33
3.2. Préparation des matières premières	33
a. Préparation du plastique	33
b. Préparation El jaride	36
3.3. Fabrication et Installation des Éléments des Dômes géodésiques	38
a. Les nœuds	38
b. Les barres	41
3.4. Conclusion	46
Chapitre 04 :	
Discussion les Résultats des Essais Mécaniques	
4.1. Introduction	48
4.2. Propriétés mécaniques	49
4.2.1. Essai de traction du bois de rachis et plastiques recyclé	50
4.2.2. Essai de compression du bois	51
4.2.3. Essai de Fluxion du bois	52
4.3. Résultats et discussion	53
4.3.1. Essai de compression du bois	54
4.3.2. Essai de compression du bois	54
4.3.3. Essai de compression du bois	55
4.4. Conclusion	56
Conclusion Générale	58
Référence	60
Annexes	65

Liste des Figures

Figure	Définition de la figure	Page
Figure 1.1	Plan et vue de la ferme du dôme de Schwedler.	5
Figure 1.2	Dôme à trois direction de type Lattice.	6
Figure 1.3	Dôme de type Lamellaire.	6
Figure 1.4	Dôme de Type Géodésique.	7
Figure 1.5	Premier dôme géodésique construit en 1922 par Walter Bauersfeld pour la Zeiss Optical Company, pour accueillir un planétarium.	8
Figure 1.6	le premier dôme géodésique qui pouvait supporter son propre poids sans limites pratiques.	8
Figure 1.7	Le Dôme de Nagoya.	9
Figure 1.8	Tacoma Dôme (espace multifonctionnel).	9
Figure 1.9	Superior Dôme (Dôme supérieur).	10
Figure 1.10	Round Valley Ensphere (stade multi-sports).	10
Figure 1.11	Terminal de Carnival croisières (anciennement Spruce Goose Hangar).	11
Figure 1.12	La Biosphère de Montréal.	11
Figure 1.13	Fréquences du dôme.	13
Figure 2.1	Schéma simplifié du processus de recyclage.	20
Figure 2.2	L'effet des déchets plastique rejeté dans la nature.	23
Figure 2.3	Broyeur Plastique.	25
Figure 2.4	Répartition géographique du palmier dattier dans le monde.	28
Figure 2.5	Répartition géographique du potentialphoénicicole Algerian.	29
Figure 2.6	Schéma d'une palme.	29
Figure 3.1	Les déchets plastiques.	33
Figure 3.2	Les matières plastiques destinées au recyclage.	34
Figure 3.3	Le plastique est broyé.	34

Figure 3.4	La fusion le plastique broyé.	35
Figure 3.5	Moulage de plastique.	35
Figure 3.6	la collecte de feuilles de palmier.	36
Figure 3.7	Nettoyées les feuilles de palmier pour éliminer les saletés.	36
Figure 3.8	Les extrémités rugueuses et fines.	37
Figure 3.9	Opération de Ajustement.	37
Figure 3.10	Coupées à des longueurs mesurées.	38
Figure 3.11	Perçage Précis des Nœuds pour une Installation Optimale des Supports.	39
Figure 3.12	Machine à tourner pour éliminer.	39
Figure 3.13	La forme finale des Nœuds après Ajustement.	40
Figure 3.14	peinture les Nœuds.	40
Figure 3.15	Peinture les barres.	41
Figure 3.16	les Nœuds.	42
Figure 3.17	Préparation de l'atelier.	42
Figure 3.18	Assemblées pour les différentes unités du dôme.	43
Figure 3.19	Assemblées pour créer un dôme complet.	43
Figure 3.20	l'installation de la couverture.	44
Figure 4.1	Machine universelle de type TEST.	49
Figure 4.2	Test de traction du bois de rachis et plastiques recyclé.	50
Figure 4.3	Test de compression du bois de rachis et plastiques recyclé.	51
Figure 4.4	Test de flexion trois points du bois de rachis et plastiques recyclé	52
Figure 4.5	Résultats de l'essai de traction (a) bois de rachis, (b) plastique recyclé.	53
Figure 4.6	Résultats de l'essai de compression (a) bois de rachis, (b) plastique recyclé.	54
Figure 4.7	Résultats de l'essai de flexion (a) bois de rachis, (b) plastique recyclé.	55

Liste des Tableaux

Tableau	Définition du tableau	Page
Tableau 2.1	Capacité de recyclage en Algérie.	21
Tableau 4.1	Résultats de l'essai de traction.	47
Tableau 4.2	Résultats de l'essai de compression.	48
Tableau 4.3	Résultats de l'essai de flexion	49

Introduction générale

Introduction Générale

À notre époque marquée par des défis environnementaux croissants et la nécessité impérieuse de développement durable, les projets de construction qui allient art, technologie et responsabilité écologique se distinguent particulièrement. Parmi ces réalisations, le dôme géodésique se démarque par sa forme hémisphérique ou sphérique, composée de nombreux triangles interconnectés. Cette conception ingénieuse, initiée par R. Buckminster [1] Fuller dans les années 1940, demeure une référence pour sa robustesse et sa légèreté.

Un exemple récent de cette approche novatrice est l'utilisation de supports fabriqués à partir de feuilles de palmier recyclées, un matériau renouvelable et recyclé. Cette initiative audacieuse témoigne d'une avancée significative vers l'intégration de matériaux durables dans l'architecture contemporaine, choisis pour leurs excellentes propriétés mécaniques et leur capacité à résister efficacement aux contraintes structurelles.

Les matériaux utilisés dans la construction des dômes géodésiques varient en fonction des besoins spécifiques et de l'environnement d'implantation. Traditionnellement, le plastique est souvent privilégié pour sa flexibilité, sa légèreté et sa facilité de formage, tandis que les feuilles de palmier représentent une alternative biologique et durable, particulièrement valorisée dans certaines cultures locales.

Ces choix divers reflètent la polyvalence des dômes géodésiques, utilisés aussi bien pour des structures éphémères lors d'événements spéciaux que pour des habitats permanents ou écologiques dans des zones sensibles. Leur esthétique distinctive, leur efficacité structurelle et leur durabilité environnementale continuent d'inspirer les architectes et les constructeurs du monde entier.

En intégrant des feuilles de palmier recyclées et d'autres matériaux responsables dans la conception des dômes géodésiques, ce projet ne se contente pas de promouvoir la durabilité environnementale. Il incarne également un modèle d'équilibre entre les aspects économiques, sociaux et écologiques. Cette approche avant-gardiste illustre comment la technologie peut servir une architecture innovante, minimisant les impacts environnementaux tout en optimisant l'utilisation des ressources disponibles.

Dans le contexte actuel de prise de conscience accrue des enjeux environnementaux, ce projet représente une avancée significative vers un avenir plus durable. En réduisant la dépendance aux ressources non renouvelables et en limitant les déchets, le dôme géodésique composé de

Introduction Générale

feuilles de palmier et d'autres matériaux recyclés joue un rôle crucial dans la promotion de la durabilité et la préservation de notre planète pour les générations futures.

La problématique à explorer est la suivante : Comment construire des dômes géodésiques dans la région de Biskra en utilisant des matériaux locaux recyclés, tels que les feuilles de palmier (el jaride) et le plastique, tout en assurant la durabilité et l'efficacité de ces structures ?

Cette interrogation soulève un défi intéressant quant à la faisabilité et à la pertinence d'employer des ressources disponibles localement pour créer des structures architecturales modernes comme les dômes géodésiques. À Biskra, réputée pour ses palmiers et l'abondance de plastique dans diverses applications, exploiter ces matériaux pour la construction pourrait non seulement répondre aux besoins locaux mais aussi promouvoir une approche durable et écologique de l'architecture. En réfléchissant à cette possibilité, il est crucial d'évaluer la performance structurelle de ces matériaux dans le contexte climatique et environnemental spécifique à Biskra, ainsi que leur adaptabilité aux exigences techniques des dômes géodésiques. Cette approche pourrait également avoir des implications économiques et sociales positives en stimulant l'emploi local et en renforçant la résilience communautaire. En somme, explorer la faisabilité des dômes géodésiques à Biskra à partir de feuilles de palmier et de plastique locaux pose une question importante sur la viabilité et les avantages potentiels d'une construction écologique et adaptée aux ressources locales dans cette région spécifique. La structure de ce travail est la suivante :

- Le premier chapitre explore l'état de l'art concernant les dômes géodésiques.
- Le deuxième chapitre aborde les généralités sur l'utilisation des matériaux recyclés dans la fabrication des dômes géodésiques.
- Le troisième chapitre présente la partie expérimentale de cette étude.
- Le quatrième chapitre analyse et discute les résultats obtenus.

Chapitre 01
Etat de l'art sur le dôme géodésique

Chapitre 01

Etat de l'art sur le dôme géodésique

1.1. Introduction

En architecture, un dôme géodésique est une structure en treillis sphérique ou partiellement sphérique, dont les barres suivent les grands cercles de la sphère, appelés géodésiques. Les barres géodésiques s'entrecroisent pour former des éléments triangulaires, chacun ayant sa propre rigidité. Cette configuration permet une distribution équilibrée des forces et des tensions sur l'ensemble de la structure, créant ainsi une auto portance appelée tenségrité. Cette conception ne nécessite pas de piliers à l'intérieur, offrant ainsi un espace intérieur entièrement disponible.

1.2. Types de dômes

Les quatre modèles de dômes les plus populaires depuis vingt ans sont présentés ici :

1.2.1. Dôme nervuré de type Schwedler

Ce dôme (fig. 1.1) est un modèle architectural qui se distingue par ses principales membrures radiales, avec des arcs, qui reposent solidement sur une fondation. Un anneau de tension relie chaque membrure à la base et un anneau de compression au sommet. Afin de consolider la structure, on insère des membrures concentriques secondaires entre les principales. On obtient alors une rigidité optimale en ajoutant des membrures diagonales entre les secondaires. Ces constructions peuvent être fabriquées à partir de bois lamellé-collé, d'acier ou d'alliage. Ils sont très populaires aux États-Unis. [2]

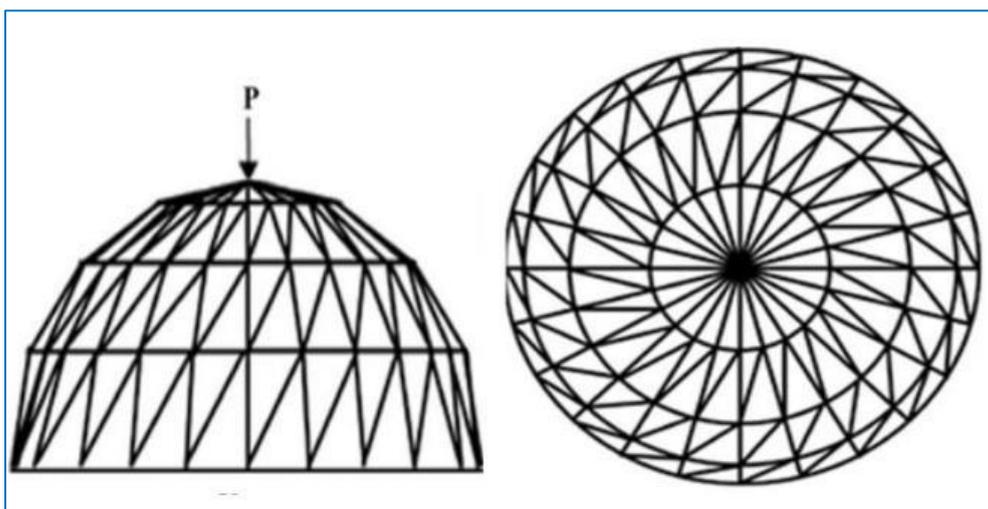


Figure 1.1 : Plan et vue de la ferme du dôme de Schwedler. [3]

1.2.2. Dôme à trois direction de type Lattice

Ce dôme (fig. 1.2) est constitué de trois groupes de tubes ronds qui se rencontrent dans trois directions différentes. Il est nécessaire de superposer chaque ensemble de tubes les uns aux autres et de les relier solidement par boulonnage à l'aide d'attaches spéciales. En outre, il est nécessaire de souder ensemble un tiers de ces attaches afin d'assurer la rigidité nécessaire. Ce modèle, connu pour sa simplicité de réalisation, est fréquent en Europe. [3]

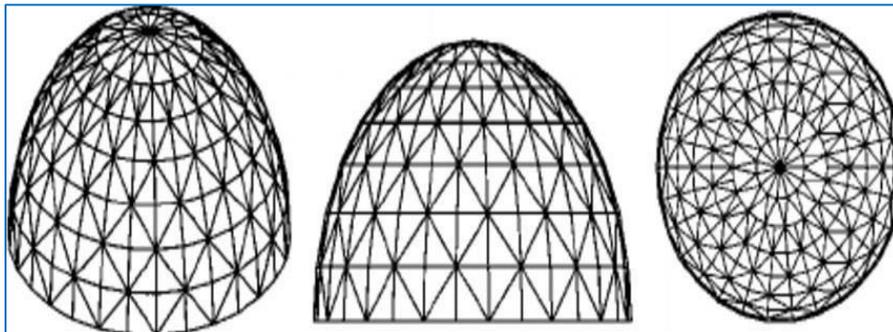


Figure 1.2 : Dôme à trois direction de type Lattice. [2]

1.2.3. Dôme de type Lamellaire

Ce dôme (fig. 1.3) est réalisé par l'assemblage d'un grand nombre d'unités semblables, qui prennent la forme de diamants triangulaires. Dans la plupart des cas, les membrures sont deux fois plus longues que le côté d'un diamant. Ce sont des membrures droites ou courbées, en acier, en aluminium ou en bois lamellé-collé. Le dôme peut être rigidifié soit par soudure des membrures au niveau des joints, soit par recouvrement à des fins structurales. Toutefois, pour les assemblages en bois lamellé-collé, il est indispensable d'avoir un anneau de tension à la base du dôme, comme le précise Schaefer en 1984. Ce modèle est extrêmement apprécié pour ses performances remarquables face aux vents violents, aux incendies ou aux séismes. Le superdôme mentionné ci-dessus fait partie de la catégorie Lamellaire. [2]

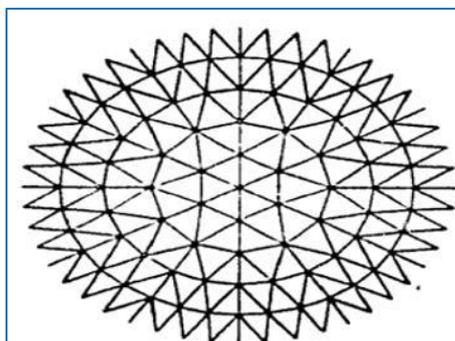


Figure 1.3 : Dôme de type Lamellaire. [2]

1.2.4. Dôme de type géodésique

Développé par B. Fuller dans les années 50. Ce type de dôme (fig. 1.4) est composé de segments convexes disposés en triangles équilatéraux connus sous le nom d'icosaèdres. On peut subdiviser ces triangles en utilisant des membrures médianes. Ces subdivisions, dont la fréquence augmente avec la portée du dôme, sont à la fois le nombre de longueurs de membrures différentes et la diminution de leur taille. Toutefois, avec l'augmentation de la fréquence, les dépenses de construction augmentent également. Bien que son intérêt scientifique soit indéniable et que ses performances structurales soient remarquables, comme le montre Makowski en 1984, Le dôme géodésique de ce genre demande une modification complexe des membrures situées sur la ligne de coupe afin d'assurer un contour homogène et plat. [2]

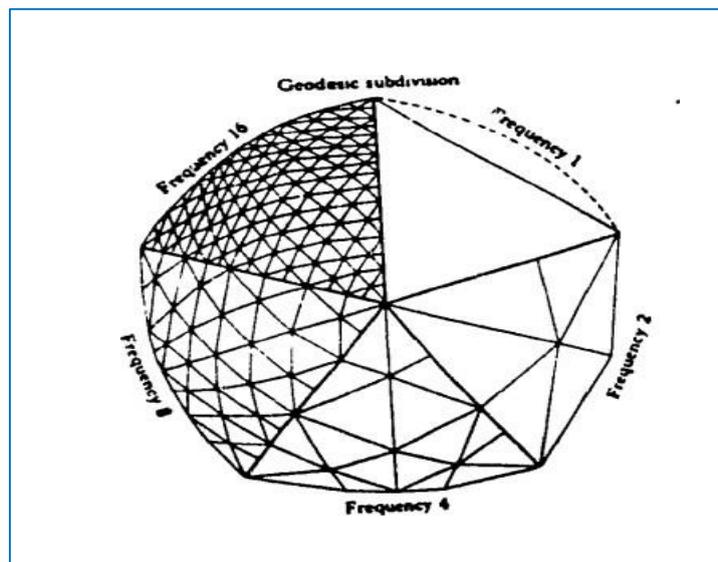


Figure 1.4 : Dôme de Type Géodésique. [2]

1.3. Historique sur le dôme géodésique

Le polymathe américain Richard Buckminster Fuller (1895-1983), qui a étudié l'architecture, le design, l'invention, l'écriture et la perspective, est très connu pour avoir découvert et popularisé le dôme géodésique. Durant les étés 1948 et 1949, Fuller, enseignant au Black Mountain College en Caroline du Nord, a reçu le soutien d'un groupe de professeurs et d'étudiants pour repenser un projet qui le ferait connaître et ouvrirait une nouvelle ère pour les dômes géodésiques. Malgré la création du premier dôme trente ans plus tôt par le Dr Walther Bauersfeld (1879-1959), Fuller a obtenu les brevets américains et est considéré comme l'inventeur de ce genre de constructions. [4]

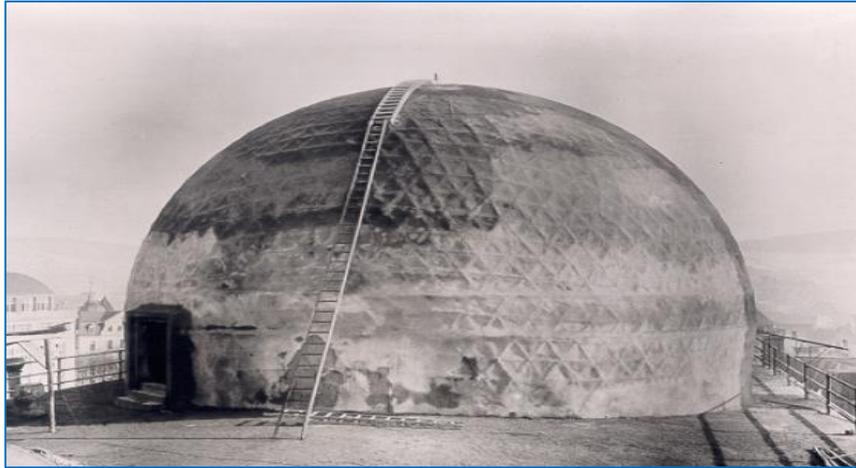


Figure 1.5 : Premier dôme géodésique construit en 1922 par Walter Bauersfeld pour la Zeiss Optical Company, pour accueillir un planétarium. [4]



Figure 1.6 : le premier dôme géodésique qui pouvait supporter son propre poids sans limites pratiques. [4]

Richard Buckminster Fuller construisit en 1949 le premier dôme géodésique capable de supporter son propre poids sans restrictions pratiques. Il s'agissait d'un dôme icosaèdre de 4,3 m de diamètre, fabriqué à partir de tubes en aluminium recouverts d'une couche de vinyle. Afin de prouver à ses sceptiques la solidité de sa création, Fuller fit suspendre plusieurs de ses élèves dans le cadre de l'organisation. Ces dômes furent ensuite utilisés par l'armée américaine, ce qui entraîna la création de plusieurs commandements militaires. Fuller fit construire sa propre maison à Carbondale (Illinois, États-Unis) à partir d'une structure similaire en tubes d'aluminium recouverts de vinyle à la demande de l'armée. [5]

L'objectif de Fuller à cette époque n'était pas essentiellement lié à des questions environnementales, mais plutôt à une stratégie de réduction des dépenses de logement. Fuller dessina ensuite le pavillon des États-Unis pour l'exposition universelle de Montréal en 1967.

Ce pavillon, de 76 m de diamètre et de 62 m de haut, avait une structure intérieure en sept niveaux, avec une structure en acier et en polymères. Ce dôme a rapidement été apprécié pour son faible impact sur l'environnement et sa résistance à tous les climats. On estime actuellement qu'il y a plus de 300 000 dômes géodésiques à travers le monde.

Actuellement, nous montrons quelques photos de la modernité dôme géodésique dans certains pays : Le Dôme de Nagoya (espace multifonctionnel, sport et concerts) : Nagoya, Japon, 187,2 m (614 pieds) de large, construit en 1997 par Takenaka Corporation. Coordonnées : 35° 11' 09,06" N, 136° 56' 50,95" E.

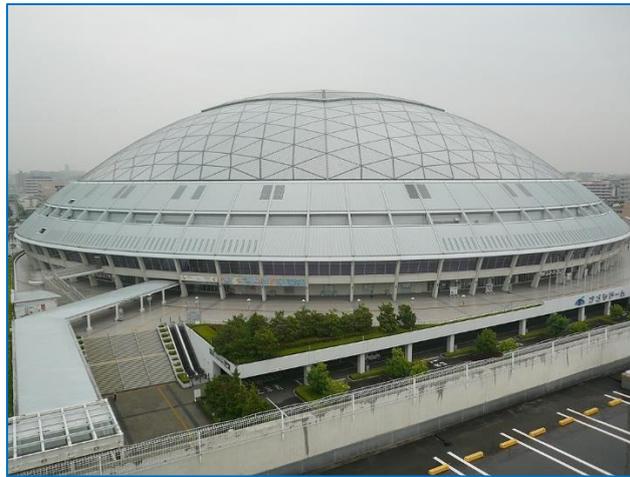


Figure 1.7 : Le Dôme de Nagoya. [5]

Tacoma Dome (espace multi-fonctionnel) : Tacoma (État de Washington, États-Unis), 161,5 m (530 pieds) de large, en bois, construit en 1983 par Western Wood. Coordonnées : 47° 14' 12" N, 122° 25' 36,61" O.

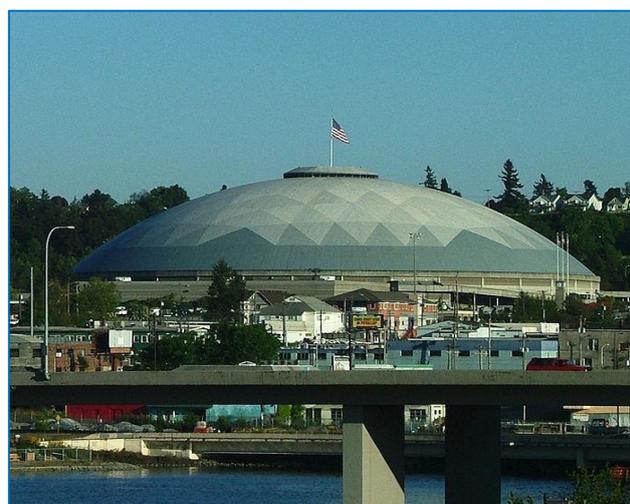


Figure 1.8 : Tacoma Dôme (espace multifonctionnel). [5]

Superior Dôme (Dôme supérieur), Northern Michigan University : Marquette (Michigan, États-Unis), 160 m (525 pieds) de large, dôme en bois construit en 1991 par Western Wood. Coordonnées : 46° 33' 36,66" N, 87° 23' 36,66" O.



Figure 1.9 : Superior Dôme (Dôme supérieur). [5]

Round Valley Ensphere (stade multi-sports), High School High School: Springerville (Arizona, États-Unis), 134,1 m (440 pieds) de large. Coordonnées: 34° 07' 13" N, 109° 17' 04,91" O.



Figure 1.10 : Round Valley Ensphere (stade multi-sports). [6]

Terminal de Carnival croisières (anciennement Spruce Goose Hangar) : port de Long Beach (Californie, États-Unis), 126,5 m (415 pieds) de diamètre, construit en 1982 par Temcor. Coordonnées : 33° 45' 04,82" N, 118° 11' 19,82" O.



Figure 1.11 : Terminal de Carnival croisières (anciennement Spruce Goose Hangar). [7]

La Biosphère de Montréal, dôme géodésique transparent de 80 m de diamètre.
Coordonnées : 45° 30' 50,59" N, 73° 31' 53,2" O.



Figure 1.12 : La Biosphère de Montréal. [5]

1.4. Les principes du dôme géodésique

Le dôme géodésique, une structure architecturale très pratique, se caractérise par sa forme hémisphérique résultant d'une triangulation géométrique. La combinaison de ces trois principes hémisphérique, par triangulation et modulable à la guise de chacun en fait une fondation architecturale avec de nombreux avantages.

Le cercle est une géométrie très répandue, remontant aux premières constructions humaines comme les tipis, les yourtes, les huttes et les tourelles. Depuis les premiers temps de l'architecture, l'homme s'est inspiré de la nature afin de concevoir des habitations durables et pratiques. En même temps, la géodésie est une science qui évalue et représente la surface de la Terre. Son nom provient du grec Gaïa, qui signifie "terre", et daïaïent, qui signifie "diviser". Le dôme géodésique est donc l'aboutissement de la collaboration entre l'observation de la nature et les lois mathématiques qui gouvernent son fonctionnement.

L'architecte, designer, inventeur et écrivain américain R. Buckminster Fuller a créé un dôme icosaédrique qui se caractérise par une excellente répartition des forces, une caractéristique essentielle dans le domaine de la construction. Elle pourrait entraîner une transformation de l'habitat en accord avec les défis écologiques actuels. Même s'il remonte aux années 1950, le dôme géodésique n'a pas encore été à son apogée. Cependant, il n'y a pas de doute sur ses bénéfices géométriques et architecturaux par rapport aux structures traditionnelles. Cette évolution, aujourd'hui principalement employée dans des projets d'auto-construction ou par des artisans, pourrait aider à diminuer l'impact environnemental de la construction d'habitations. [8]

1.5. Composants du dôme géodésique

Les entretoises, éléments essentiels de la construction d'un dôme géodésique, sont des tiges qui se croisent pour constituer sa structure. Elles sont constituées d'alliages métalliques ou de bois, leur longueur étant variable en fonction du type de dôme géodésique. Effectivement, il existe divers types de dômes, chacun se distinguant par la complexité de son réseau d'éléments triangulaires. Plus cette complexité est élevée, plus la classification du dôme géodésique s'élève. Les entretoises des dômes de classe inférieure sont généralement de longueur uniforme, tandis que les entretoises des dômes de classe supérieure doivent être de longueurs différentes afin de former une sphère parfaite. Heureusement, il existe en ligne des formules de calcul qui permettent de calculer la longueur des entretoises et les rayons des dômes géodésiques.

1.6. Les Matériaux

Il est possible de choisir différents matériaux pour la construction du dôme :

- L'acier, qui est le matériau le plus communément utilisé,
- Le bois, qui apporte une esthétique beaucoup plus naturelle,
- Les plaques de plâtre, légers et peu cher,
- Le plastique,
- Le béton, etc.

Il peut arriver que certains dômes géodésiques utilisent des composants fabriqués avec du matériel recyclable, ce qui rend ces derniers encore plus écologiques.

Les différents matériaux aboutiront également à différents types de dômes géodésiques. L'acier est le matériau le plus communément utilisé dans la fabrication des moyeux qui connectent le réseau d'entretoises (appelés aussi connecteurs ou raccords). Certains dômes géodésiques sont faits de composants fabriqués avec du matériel recyclable, ce qui les rend encore plus écologiques.

1.7. Fréquences du dôme

Le nombre de divisions ou de subdivisions effectuées le long de chaque élément de la structure géodésique est appelé fréquence d'un dôme géodésique. En particulier, une fréquence de dôme correspond au nombre de divisions ou de segments qui s'étendent de part et d'autre de l'élément triangulaire.

Par exemple, un dôme géodésique de fréquence 3 implique la présence de trois subdivisions par rapport à chaque triangle. Globalement, plus la fréquence d'un dôme est élevée, plus il y a de divisions le long des éléments triangulaires, ce qui entraîne une structure plus complexe et souvent une sphère plus précise dans sa forme finale. Plusieurs éléments influencent les fréquences des dômes géodésiques, tels que la taille et la forme souhaitées du dôme, ainsi que les contraintes structurelles et esthétiques propres au projet. Il est crucial d'avoir une connaissance approfondie des fréquences et de leur influence sur la conception et la construction des dômes géodésiques afin de concevoir des structures sûres, durables et esthétiques. [9]

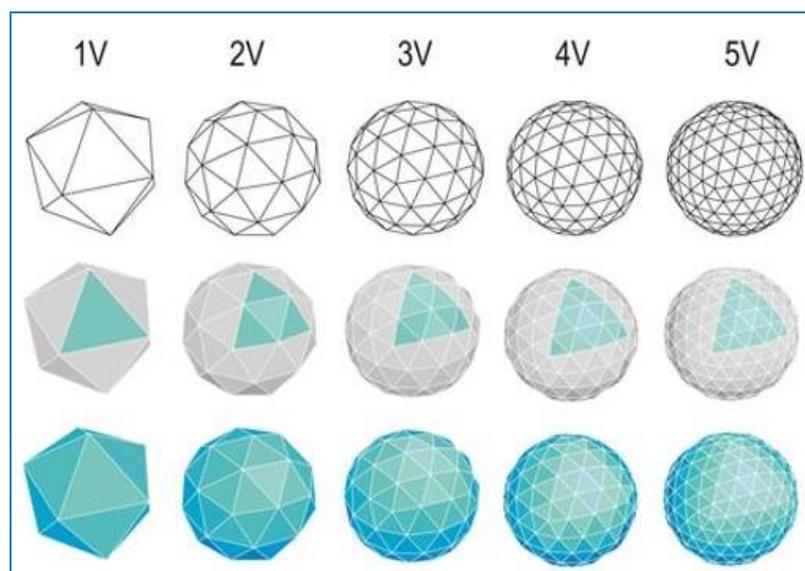


Figure 1.13 : Fréquences du dôme. [9]

1.8. La raison d'utiliser une structure sphérique au lieu du processus rectangulaire traditionnel

Raison économique : Les dômes géodésiques présentent de nombreux bénéfices. En premier lieu, ils offrent de grandes économies en matériaux et en énergie de chauffage. À la différence des constructions classiques qui n'ont pas d'angles dans la sphère (environ 1/3 de plus en surface), les dômes géodésiques exploitent avec efficacité chaque centimètre de leur surface au sol. Grâce à leur structure géométrique, elles distribuent les forces de façon équilibrée, ce qui permet de diminuer l'utilisation de matériaux lourds et donc plus onéreux. En outre, leur structure aérodynamique renforce leur résistance aux forces naturelles, ce qui les rend particulièrement résistantes aux tremblements de terre.

D'un point de vue esthétique et pratique, les dômes géodésiques proposent une expérience exceptionnelle. Leur chaleur et leur beauté exceptionnelle sont perceptibles tant de l'extérieur que de l'intérieur. En outre, la structure ne comportant pas de piliers de soutien permet une grande liberté d'aménagement de l'espace intérieur, favorisant ainsi une utilisation créative et efficace de l'espace disponible. [9]

1.9. Les avantages du dôme géodésique

La résistance et la durabilité inégalées d'une structure de dôme géodésique ne sont pas seulement des prouesses techniques ; ils ouvrent également la voie à un mode de vie durable et à d'autres aspects importants. [10]

- ***Efficacité énergétique*** : Les dômes géodésiques ont une forme sphérique à la fois simple et puissante. Elle utilise l'espace intérieur de manière optimale tout en réduisant la surface extérieure. En outre, il est possible de concevoir des dômes géodésiques qui sont économiques en énergie. Leurs formes arrondies permettent de conserver la chaleur, ce qui diminue les dépenses énergétiques et la dépendance aux énergies fossiles pour le chauffage. Il est beaucoup plus simple de contrôler la température de l'air à l'intérieur d'un dôme que dans un bâtiment traditionnel, et ces structures sont moins sensibles aux changements de température extérieurs. Ces importantes économies d'énergie proposent une solution de refuge durable qui préserve l'équilibre fragile des ressources de notre planète.
- ***Faible impact environnemental*** : Les dômes géodésiques permettent une isolation performante qui diminue la consommation d'énergie et, par conséquent, les émissions de carbone, ce qui joue un rôle crucial dans la lutte contre le changement climatique.

L'utilisation de moins de matériaux dans leur conception est plus faible que celle des bâtiments traditionnels, et leur durabilité accrue renforce leur durabilité, ce qui en fait un choix judicieux pour une construction écologique.

- **Espace utilisable** : Les dômes géodésiques sont très efficaces en matière de matériaux, avec moins de matériaux nécessaires pour couvrir une surface donnée que les structures de toit plat classiques. En outre, leur absence de coins supprime toute perte d'espace, ce qui permet d'avoir plus d'espace pour une variété d'activités telles que la relaxation, le divertissement, l'entraînement et les repas, entre autres.
- **Permet un éclairage naturel** : La lumière pénètre aisément à travers les panneaux des géodômes, ce qui crée un espace ouvert et lumineux pendant la journée et permet de réduire le besoin d'éclairage artificiel jusqu'à la tombée de la nuit. La présence élevée de lumière naturelle dans les dômes géodésiques ne se limite pas à diminuer la consommation d'énergie, mais elle respecte également les principes de la conception biophilique, permettant une harmonie entre les espaces intérieurs et le monde naturel. Le Hypedome S Clear est un dôme entièrement transparent, parfait pour un studio d'art ou une salle de loisirs où la lumière naturelle est primordiale.
- **Visuel attrayant** : Le style architectural des dômes géodésiques est à la fois pratique et impressionnant. Leur réseau de panneaux, bien qu'apparemment complexe, rappelle un design à la fois contemporain et élégant. La beauté des géodômes suscite souvent l'admiration des gens, qu'ils soient à l'intérieur ou à l'extérieur.
- **Faible entretien** : Certaines constructions géodésiques utilisent des matériaux durables tels que le polycarbonate, ce qui les rend imperméables et résistants à l'usure naturelle. La maintenance est également généralement simple : les dômes en polycarbonate peuvent être nettoyés à l'eau ou à l'aide d'un détergent doux (et même sous pression).
- **Portabilité** : Les géodômes sont conçus de manière modulaire, ce qui facilite leur transport et leur construction (et leur déconstruction si besoin).
- **Polyvalent** : Les géodômes ont une grande capacité d'adaptation et peuvent être employés à diverses fins - comme des pièces de jardin pour agrandir l'espace de vie ou même pour agrandir les espaces de travail. Détaillons ici quelques-unes des utilisations des dômes géodésiques.

Les constructions soucieuses de l'environnement ont privilégié les dômes géodésiques en raison de leur durabilité et de leur adaptabilité, ce qui a renforcé leur position dans l'histoire culturelle, des mouvements contre-cultures aux festivals contemporains.

1.10. Les inconvénients du dôme géodésique

- La géode ou le dôme géodésique ne sont encore que très peu répandus comme principe de création architecturale. Celui-ci peut être considéré comme moderne, original ou encore marginal. C'est tout à son avantage selon nous, mais cette vision du dôme peut apporter des difficultés dans l'obtention d'un permis de construire, par exemple.
- La configuration d'un dôme géodésique est plutôt complexe. Si vous souhaitez construire vous-même une serre géodésique, il est nécessaire de mener une étude approfondie et de réaliser un travail manuel considérable. Cependant, vous pouvez monter vous-même des modèles de serre géodésique en kit préfabriqué. Si la forme du dôme est inférieure ou égale à une demi-sphère, vous pourriez également perdre du volume en périphérie. Toutefois, il est possible de résoudre ce problème en installant un soubassement qui permettra d'accroître la hauteur intérieure. [11]

1.11. Relevé bibliographique

Dominika Bysiec et al. [12] Cette recherche a présenté deux méthodes pour former la topologie maillée de structures légères. Comme des dômes sphériques. Les deux méthodes présentées sont définies pour diviser la face initiale des polyèdres. Les structures obtenues diffèrent par la méthode de connexion des points nodaux. Tels étaient les points. Il a été obtenu en appliquant l'algorithme de calcul de coordonnées sphériques présenté dans la recherche, lequel a ensuite été converti au système cartésien à l'aide de formules de conversion. Deux modèles de structures des dômes sont représentés sur la base de 4608 et Jahron selon la méthode de la première division, et sur le modèle 4704 en utilisant la deuxième méthode proposée qui est l'analyse numérique. Et donc la nouveauté. Cet article est une application de formules et d'algorithmes de dômes géodésiques basés sur du dodécaèdre régulier à l'octaèdre régulier, qui n'a pas été introduit jusqu'à présent. Option. La forme de la structure a des implications pour le développement durable, dictées par les aspects structurels et visuels. Considérations qui conduisent à la conception d'une structure légère à faible consommation d'équipement de construction matériel (acier), qui peut sans aucun doute s'avérer utile lors de la réalisation de la forme finale de la structure. En outre, Grâce à cette recherche, on peut conclure qu'en utilisant la première méthode pour créer un dôme géodésique, le réseau est plus clair, plus sécurisé et nécessite moins d'expertise en conception.

La capacité des concentrateurs solaires lumineux (LSC) à concentrer l'énergie solaire directe et diffuse. L'irradiation présente un potentiel passionnant en tant que photovoltaïque intégré aux

bâtiments (BIPV) en environnement urbain. Comme Les éléments BIPV, ou LSC, sont souvent considérés comme des fenêtres solaires semi-transparentes qui peuvent être intégrées de manière transparente Sur la façade du bâtiment et dans des applications architecturales telles que les dispositifs de récupération d'énergie solaire.

Application explorée dans Rechercher *Thomas Flynn et al.* [13] Un panneau de dôme géodésique solaire pour le développement d'une serre communautaire en cours à Derry, Irlande du Nord. Un dôme géodésique de 4 V et de 2 m de diamètre a été conçu à l'aide du logiciel Revit, ainsi que du modèle Insight Solar Analysais. Optimisation du dôme géodésique LSC et calcul du potentiel solaire. La plaque triangulaire LSC avait une superficie de 875 cm² Ils sont conçus à l'aide d'un logiciel de lancer de rayons pour obtenir des paramètres d'efficacité. Plus tard, il a été fabriqué en utilisant... Guide d'onde acrylique éclairé 6T66, cellule solaire en silicium montée sur bord et testé à l'extérieur pendant 29 heures. Autorité Un rendement de conversion de 0,60 % a été mesuré par rapport à un rendement théorique de conversion de puissance de 1,49 %. Dans le Idéalement situé dans le dôme, le panneau LSC produira 444,22 wattheures, soit au total 74,2 kWh par an. Bien que la Cette production d'énergie est essentielle, car le transport du panneau du dôme géodésique LSC semi-transparent peut réduire le niveau d'énergie solaire. Le rayonnement se situe dans la gamme des rayonnements photo synthétiquement actifs, plus adaptés à la croissance des plantes et à l'effet de serre.

1.12. Conclusion

Les dômes géodésiques restent une solution architecturale de premier plan, grâce à leur structure triangulée qui combine robustesse et efficacité dans la gestion des charges tout en optimisant l'utilisation des matériaux. Leur conception modulaire facilite leur adaptation à une variété d'environnements, qu'ils soient temporaires ou permanents. Les récents progrès dans les matériaux et les techniques de construction renforcent leur durabilité, améliorent leur efficacité énergétique et élargissent leurs possibilités architecturales. En conséquence, les dômes géodésiques demeurent une solution innovante et écologiquement durable pour l'architecture contemporaine.

Chapitre 02

**Généralité sur les matériaux recyclés
pour fabrication le dôme géodésique**

Chapitre 02

Etat de l'art sur le dôme géodésique

2.1. Introduction

À un moment où les défis environnementaux se multiplient et les pressions de la croissance urbaine sont constantes, il est devenu essentiel d'utiliser les ressources de manière plus efficace et durable. Au sein de cette situation, il est mis en évidence l'importance du recyclage des matériaux et de leur utilisation dans divers secteurs afin de préserver l'environnement et de diminuer les conséquences néfastes des activités humaines sur l'environnement. Une approche novatrice pour promouvoir la durabilité est d'utiliser des matériaux recyclés pour la construction de bâtiments architecturaux et civils, tels qu'un dôme géodésique. En combinant innovation et durabilité, cette technologie d'ingénierie singulière représente une option prometteuse par rapport aux matériaux classiques. Il offre la possibilité d'utiliser de nouveaux matériaux, comme le plastique et les feuilles de palmier, afin de créer des structures solides et belles. Dans cette recherche, nous examinons les difficultés et les possibilités associées à l'utilisation de la technologie des dômes géodésiques à partir de matériaux recyclés. En étudiant les avancées technologiques et les concepts novateurs dans ce domaine, notre objectif est de saisir comment nous pouvons améliorer la durabilité et l'efficacité des ressources en adoptant ces méthodes novatrices et durables.

Parmi les matériaux couramment utilisés pour la fabrication de dômes géodésiques recyclés, on trouve : [14]

- ✓ Plastique recyclé : Les bouteilles en plastique PET recyclées, par exemple, peuvent être remplies de terre ou d'autres matériaux et utilisées comme éléments de construction pour les dômes.
- ✓ Verre recyclé : Les bouteilles en verre recyclées peuvent être intégrées dans les murs du dôme pour ajouter de la lumière naturelle et créer des motifs esthétiques intéressants.
- ✓ Acier recyclé : Les poutres en acier recyclé peuvent être utilisées comme armature structurelle pour les dômes, offrant une résistance et une durabilité élevées.
- ✓ Bois recyclé : Les planches de bois recyclées peuvent être utilisées pour la construction des éléments internes ou pour la fabrication de revêtements intérieurs et extérieurs des dômes.
- ✓ Papier recyclé : Le papier recyclé peut être utilisé comme isolant ou comme matériau de remplissage non structurel pour les dômes.

En utilisant des matériaux recyclés pour la fabrication des dômes géodésiques, non seulement on réduit les déchets et l'empreinte écologique, mais on crée également des structures durables et écologiques.

2.2. La valorisation de la matière par recyclage

Dans la majorité des situations, éviter les déchets demeure la solution la plus efficace. Dans cette situation, on aborde le problème à sa source. Il est impossible de prévenir l'accumulation permanente de déchets de matières recyclables. Mais qu'est-ce qu'il faut faire avec ceux-ci? Souvent, ces déchets sont trop précieux pour être déposés sur une décharge. Il est donc important de considérer l'amélioration du secteur du recyclage.

Définition : Il s'agit de réintroduire un déchet (comme une bouteille en verre ou une canette métallique...) dans un processus de fabrication afin de concevoir de nouveaux objets. [15]

Notions générales L'objectif de la récupération est de séparer certains produits ou composants des déchets afin de les réutiliser, les réutiliser ou les recycler. (DOFMANN, 1985). L'organisation de filières spécialisées permet de recycler les produits en fin de vie, offrant ainsi à toutes les entreprises et/ou à tous les particuliers la possibilité de récupérer les déchets. On peut observer ci-dessous un schéma simplifié du processus de recyclage, qui comprend la collecte et la production d'un nouveau produit à partir des déchets. [16]

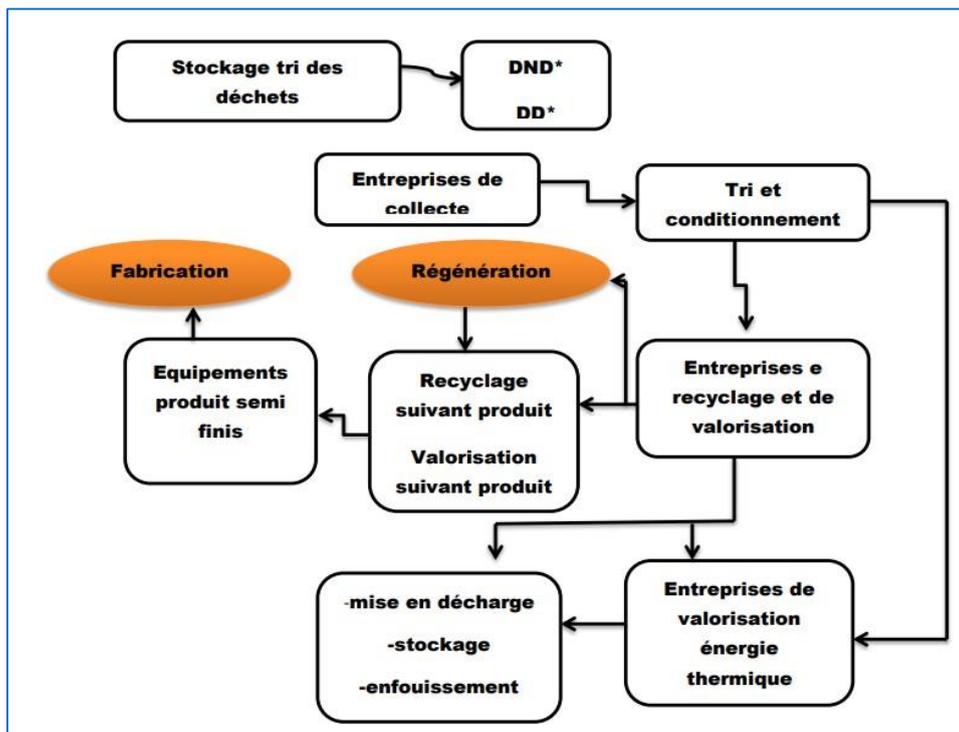


Figure 2.1 : Schéma simplifié du processus de recyclage. [17]

2.3. Le recyclage en Algérie

D'après les services du MATE, l'Algérie a la capacité de collecter environ 760 000 tonnes de déchets par an, soit 3,5 milliards de DA. Le papier joue un rôle essentiel dans la récupération et le recyclage, avec une quantité de 385 000 tonnes par an (tableau). Parmi les 192 unités qui produisent plus de 2 millions de tonnes d'emballage plastique en Algérie, seulement 4 000 tonnes sont récupérées (soit 0,0002 %). [17]

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

Tableau 2.1 : Capacité de recyclage en Algérie. [17]

2.4. Déchets plastiques et recyclage

Le mot « plastique » provient du grec « plastikos ». Correspondant à « capable de mouler ». Selon Plastics Europe (2018), ce mot fait référence à la plasticité ou à la malléabilité d'un matériau, ce qui lui permet de se couler, d'être extrudé ou de se presser en différentes formes. Le plastique est principalement constitué de polymères organiques tels que le polyéthylène, le nylon et le chlorure de polyvinyle (PVC). [17]. Il est possible de former ces types de plastique de manière souple et de les modifier afin de créer des formes légèrement élastiques ou rigides. [18]. Les exigences de la vie quotidienne sont nombreuses pour le plastique, qui est spécialement conçu pour satisfaire tous les besoins et à toutes les formes. Le plastique possède une grande variété de caractéristiques ; il ne se limite pas à être un matériau simple, mais il est composé de plusieurs centaines de matériaux. Il est possible de fabriquer des matériaux en plastique à partir de diverses sources. Les ressources utilisées peuvent être fossiles (pétrole brut, gaz, etc.) ou renouvelables (cane à sucre, amidon, huiles végétales, etc.) ou même minérales (sel). Peu importe la composition de leurs matières premières, certains plastiques peuvent également se dégrader naturellement. Cela implique que si les déchets organiques sont collectés et traités de manière adéquate, ils peuvent se dégrader biologiquement et devenir du compost. [19]. En dehors des bioplastiques encore très minoritaires, la fabrication de plastique est basée sur la pétrochimie à partir du pétrole - raffiné en naphta - ou du gaz naturel. En 2016, la

production de pétrole par la pétrochimie a représenté 17,4 millions de barils par jour, soit un peu moins de 20 % de la consommation mondiale brute. Historiquement, les groupes pétroliers et les chimistes sont considérés comme les grands producteurs, qui ont souvent séparé leurs activités en chimie lourde et en chimie fine. [20] De plus, le plastique C'est semble-t-il le chimiste américain d'origine belge Leo Hendrik Baekeland qui, vers 1909, a utilisé le terme de « matières plastiques » pour désigner des produits à base de macromolécules (résines, élastomères, fibres artificielles). Il avait créé le premier plastique synthétique deux ans auparavant, la bakélite, qui a longtemps été utilisée comme matière première dans nos anciens combinés téléphoniques.

2.5. L'impact des déchets plastiques sur l'environnement

Les plastiques sont devenus indispensables et incontournables dans notre quotidien, la consommation annuelle de plastiques a connu une augmentation significative. Les avantages de leur légèreté, de leur résistance, de leur conception facile, de leur durabilité et de leur coût abordable expliquent leur croissance phénoménale. D'après une étude de l'Agence américaine de l'environnement de 2003, 80 % des déchets plastiques sont déversés dans les fosses, 8 % sont incinérés et 7 % sont recyclés. En 2012, la quantité de plastique produite à l'échelle mondiale aurait été de 288 millions de tonnes. [21].

La moitié supérieure de cette quantité a été consacrée à des produits de consommation jetables, ce qui a entraîné la création de déchets liés aux matières plastiques. La majorité des matériaux plastiques ne sont pas biodégradables et ne réagissent pas chimiquement dans l'environnement. Le polychlorure de vinyle (PVC) et le polycarbonate (PC) sont des plastiques qui peuvent libérer lentement des substances toxiques dans l'air.

Il est également nécessaire d'utiliser des produits chimiques potentiellement toxiques lors de la fabrication du plastique, tels que des stabilisateurs ou des colorants. Les risques environnementaux de nombreux produits n'ont pas été évalués et leur impact sur la santé humaine et l'environnement sont actuellement incertains, comme les phtalates utilisés dans la fabrication du PVC. [22, 23] De plus en plus de produits plastiques, notamment les emballages, sont débarrassés peu de temps après leur achat, ce qui suscite une inquiétude grandissante quant aux espaces d'enfouissement nécessaires pour les déchets plastiques. [24] Environ 23% des déchets plastiques sont constitués de polyéthylène à basse densité (PEBD), suivi de 17,3% de polyéthylène à haute densité (PEHD), 18,5% de polypropylène (PP), 12,3% de polystyrène (PS), 10,7% de polychlorure de vinyle (PVC), 8,5 % de polyéthylène téréphtalate (PET) et 9,7%

Chapitre 02 : Généralité sur les matériaux recyclés pour fabrication le dôme géodésique

d'autres types de déchets. [25]. En ce moment, les polymères sont couramment employés dans pratiquement tous les secteurs, notamment dans les secteurs de l'emballage, de l'automobile, de l'électricité, de la construction, de l'électronique, de l'agriculture et d'autres secteurs. Subramanian [26], les plastiques constituent un faible pourcentage de la quantité de déchets, mais ils jouent un rôle très important. On estime que la quantité de déchets ménagers produites dans notre pays s'élève à 9 millions de tonnes par an. Ce nombre est en constante hausse. Selon les estimations chiffrées, il est estimé que 0,8 kg/habitant/jour pour l'agglomération de grandes villes. L'usage de produits emballés en Algérie et à travers le monde a entraîné une augmentation des déchets de matières plastiques et des problèmes pour les enfouir ou les retirer. [27].



Figure 2.2 : L'effet des déchets plastique rejeté dans la nature. [28]

2.5.1. La valorisation des déchets plastiques

On est amené à classer les déchets de matières plastiques par catégories et par secteurs d'application. [27]

- Déchets industriels ;
- Déchets de distribution (transport, emballage) ;
- Déchets des consommateurs finaux.

2.5.2. Le processus de collecte et de tri et de recyclage

La récolte et la sélection Il est essentiel de collecter, trier et recycler les déchets plastiques produits par les entreprises, les ménages et les administrations publiques.

Chapitre 02 : Généralité sur les matériaux recyclés pour fabrication le dôme géodésique

Le processus essentiel de collecte consiste à retirer les matières recyclables des dépotoirs et à les acheminer vers des usines de transformation ou de manutention. On incinère ou enfouit les déchets non recyclables dans un centre d'enfouissement technique. Il existe différentes méthodes de collecte pour le plastique d'emballage ménagers et d'autres déchets plastiques. [28]

- La collecte en apport volontaire ;
- La collecte sélective en porte-à-porte ;
- La collecte des encombrants.

Le tri : Peu importe l'origine du plastique collecté (bouteilles, tubes, châssis de fenêtres...), il peut être essentiel de procéder à un tri, un nettoyage et une purification préalables afin de garantir une valorisation judicieuse.

- Etape 1 : Les habitants déposent leurs bouteilles dans des poubelles adaptées, des camions spéciaux les emmènent dans des centres de tri.
- Etape 2 : Ils sont chargés dans un tapis roulant, on les secoue dans des cribles pour ôter les petits déchets.
- Etape 3 : Les matériaux sont séparés mécaniquement ou manuellement, ils sont triés par catégories (bouteilles, flacon plastiques, couleur).
- Etape 4 : Ils sont compactés, pour les transporter plus facilement dans des usines de recyclage.

Le ruban de Möbius, également appelé le logo du recyclage, assure que le produit et/ou son emballage peuvent être recyclés. La flèche initiale « représente la collecte des matériaux usés, la seconde la réutilisation et la création de nouveaux produits à partir des déchets, tandis que la troisième souligne l'importance du consommateur qui demande de plus en plus des produits recyclés. [29]

2.5.3. Etapes du recyclage des déchets plastiques

- **Le broyage, lavage et séchage** : Une fois que les déchets plastiques ont été collectés et triés, ils sont broyés, transformés en paillettes, puis lavés à chaud. Il est nécessaire de sécher entièrement les paillettes propres. (Tout résidu d'humidité peut avoir un impact sur la qualité du produit final). [30]

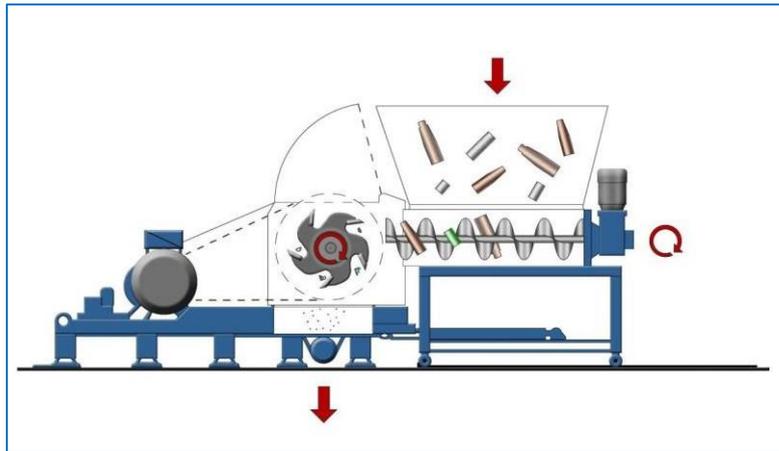


Figure 2.3 : Broyeur Plastique. [31]

➤ La fonte et le filtrage

On introduit les paillettes séchées dans une extrudeuse où la chaleur et la pression font fondre le plastique. (Tous les types de plastique possèdent un point de fusion spécifique). Un filtrage serré est effectué sur le plastique fondu, ce qui permet de retirer toute contamination qui aurait résisté au processus de lavage. [30]

➤ La granulation

On refroidit les pailles avant de les découper en granules. Elles sont stockées pour être vendues et expédiées. Les granules obtenus seront utilisés comme matière première pour de nouveaux produits, tandis que les usines de transformation les traitent. Ils font partie de la chaîne de transformation qui leur est propre et en sortent sous forme de matériau prêt à être utilisé. [33]

2.5.4. Avantages et limites du recyclage des plastiques

On peut dire que le recyclage des plastiques a plusieurs avantages que d'inconvénients, et cela on peut le constater à travers plusieurs exemples qui sont :

➤ Avantages du recyclage : [34]

- En triant les déchets, on joue un rôle essentiel dans la chaîne du recyclage et contribue activement au développement durable. En effet, le processus de recyclage implique l'utilisation de matières premières secondaires provenant des déchets, ce qui permet d'éviter toutes les étapes d'extraction et de transformation de la matière première naturelle, qui sont polluantes et coûteuses en énergie.
- Le recyclage permet de rompre avec la chaîne indéfectible des ressources transformées en produits qui, à la fin de leur vie, deviennent des déchets à éliminer. L'utilisation de

matière première provenant de déchets à la place de matière première naturelle crée ainsi une boucle vertueuse. Par exemple, une quantité de plastique équivalente à 800 kilos de pétrole brut (source : site internet). Dans un contexte de pénurie de ressources pétrolifères à moyen terme, une telle économie revêt une grande importance.

- Il est démontré que les entreprises qui travaillent dans le respect de l'environnement sont considérées de manière beaucoup plus positive. Ainsi, l'utilisation du recyclage contribue à améliorer l'image de votre entreprise auprès de vos clients et du grand public.
 - Contribuer à l'économie locale : Le recyclage encourage l'économie locale et aide ainsi à générer des emplois.
- **Les limites de recyclage :** [35]

Différentes limites existent, elles sont illustrées comme suit :

- La limite initiale est politique. Il est fréquemment employé dans la communication des entreprises qui proposent des produits à courte durée de vie. L'entreprise génère des déchets, mais elle affirme qu'ils peuvent être recyclés et, sous prétexte d'écologie, les distribue à grande échelle. Enfin, dans cette situation, le recyclage agit comme un alibi et dissimule la seule volonté de produire davantage, sans pour autant accorder l'importance à la réduction des déchets.
- Le recyclage est coûteux, il entraîne également divers coûts, tels que des frais de transport et de traitement généralement assez élevés.
- Le prix de la main-d'œuvre est également considérable. En règle générale, la collecte, le tri et le traitement des déchets requièrent une grande quantité de personnel. Les déchets recyclés seront moins compétitifs en termes de prix sur le marché lorsque le coût de la main-d'œuvre est élevé.
- La consommation d'énergie est importante lors du recyclage (broyage, lavage, séchage, extrusion et granulation). Ainsi, une charge considérable pour la société.

2.5.5. La valorisation des déchets plastiques en Algérie

Avec un taux de recyclage inférieur à 10%, l'Algérie n'est pas classée parmi les pays qui accordent la plus grande importance à leurs déchets, dont le volume est pourtant en constante hausse en raison de la croissance démographique et de la consommation. La production annuelle de déchets solides en Algérie est estimée à près de 23 millions de tonnes, dont plus de la moitié est composée de déchets ménagers et assimilés (entreprises, hôpitaux, écoles, collectivités, etc.). En Algérie, les déchets solides représentent la part la plus significative, avec

environ 11 millions de tonnes par an en 2014. Un Algérien génère en moyenne près de 1 kg de déchets plastiques par jour. La quantité de ces déchets augmente annuellement de 3%, selon les chiffres de l'Agence nationale des déchets (AND). Une étude allemande (GIZ) a estimé à plus de 2,5 millions la quantité annuelle des déchets industriels. Les déchets ne manquent pas, mais c'est le sort qui leur est réservé qui pose problème. Près de la moitié des déchets ménagers et assimilés sont déversés dans des décharges. La mise en décharge est considérée comme une pratique moins coûteuse par rapport à l'incinération ou le compostage. L'Algérie a vu ces dernières années des entrepreneurs qui ont tenté l'expérience à travers des microentreprises. Le plastique est le deuxième déchet le plus généré par notre mode de consommation et celui dont le volume a le plus augmenté ces dernières années. [36]

2.6. Généralités sur le palmier dattier

Phoenix dactylifera L. est une espèce de palmiers dattiers arborescents à tronc onopodial. Les faisceaux libéroligneux présents dans le stipe semblent relier directement chaque racine à une palme spécifique ; les vaisseaux conducteurs présentent des cloisons terminales avec des perforations scalariformes. Au début de sa vie, le palmier dattier présente un cambium extra fasciculaire dans le méristème, sous le point végétatif, qui a pour fonction de développer le tronc. Cette assise de prolifération des cellules lui confère son calibre définitif, puis disparaît. Son bourgeon terminal ou zone de croissance en longueur est simple. On retrouve fréquemment des cicatrices de l'ancien palmer sur le stipe.

Les palmes (Djérid) sont rapprochées en hélices sur le stipe grâce à une gaine pétrolière bien développée (cornia) enfouie dans un feutrage fibrilleux appelé life. Leur pétiole (rachis) est semi-cylindrique, épineux vers la base (chouque) et toujours dur. Le limbe, qui est entier et fripé au début de la croissance, se développe ensuite et se divise en folioles. Sa nervation est pennée. Les folioles ont toujours un limbe coriace, avec une cuticule épaisse, recouverte d'une mince couche de cire : la nervure de chaque foliole fait saillie à la face inférieure ; les folioles sont. Informations générales sur les palmiers dattiers. 5 copies. Les palmes peuvent atteindre 2 à 6 m de long et avoir une durée de vie de 3 à 7 ans. Il y en a environ 200 par arbre.

2.7. Production de dattes et répartition géographique du palmier dattier

2.7.1. Dans le monde

Le dattier est un arbre xérophile qui ne peut normalement fleurir et produire de la fructification que dans les déserts chauds [37]. Plantation intensive du palmier dattier en Afrique

méditerranéenne et au Moyen-Orient. (Figure 2.4). L'Espagne est l'unique pays d'Europe à cultiver des dattes, notamment dans la palmeraie d'Elche [38]. Au XVIII^e siècle, le palmier dattier a été introduit aux États-Unis d'Amérique. Il n'a réellement commencé à être cultivé que dans les années 1900 avec l'importation de variétés d'Irak [39]. On cultive également le palmier dattier à une échelle plus réduite au Mexique, en Argentine et en Australie. Environ 7 millions de tonnes de dattes sont produites à l'échelle mondiale et ont plus que doublé depuis les années 1980. La datte est classée cinquième parmi les fruits les plus cultivés dans les régions arides et semi-arides. Selon la F.A.O, la datte est produite à 7,62 millions de tonnes à l'échelle mondiale en 2010. [40]

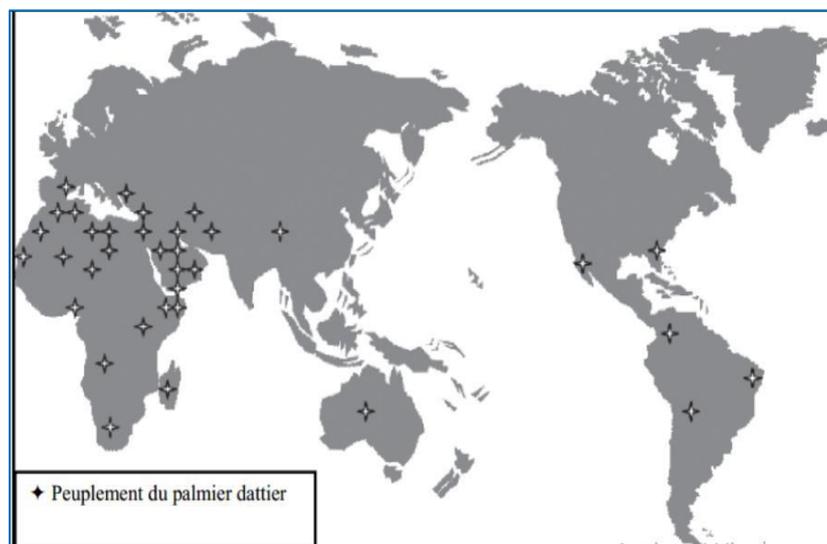
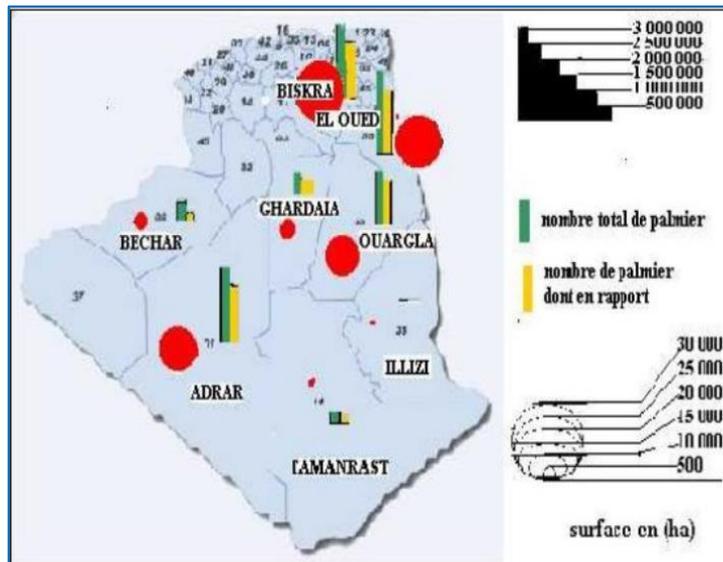


Figure 2.4 : Répartition géographique du palmier dattier dans le monde. [41]

2.7.2. En Algérie

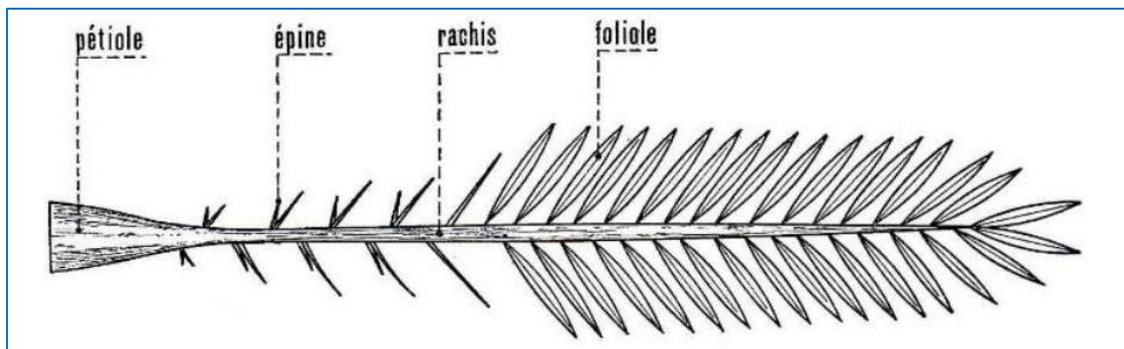
On estime que la production s'élève à 492.217 tonnes, avec 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (DegletNour), 164.453 tonnes (33 %) de dattes sèches (Dégela Beida et autres) et 83.128 tonnes, soit 17 %, de dattes molles (Gars et autres). À l'heure actuelle, la palmeraie algérienne, qui comprend plus de 11 millions de palmiers, est composée de 09 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf de la région. Dans d'autres wilayas, le palmier dattier est également présent dans des zones de transition entre la steppe et le Sahara, que l'on qualifie de « marginales » par rapport aux palmeraies sahariennes. [42] En Algérie, le palmier dattier occupe une superficie de 103.129 hectares. Cela varie d'une wilaya à l'autre. Les wilayas de Biskra et d'El-Oued ont la plus grande superficie, avec une superficie totale de 53.533ha, soit 52%, représentant plus de la moitié de la superficie totale occupée par le palmier dattier (Figure 2.5).



2.8. Palmes

Une palme, également connue sous le nom de Djérid, est une feuille pennée (qui comprend des folioles disposées de part et d'autre d'un axe médian). Le tronc est en partie engagé par la base pétolière, ou pétiole (connue sous le nom de Kornat), et en partie recouvert par le fibrilleux, ou life. [44]

Le pétiole, ou base du rachis, est semi-cylindrique, plus ou moins ailé, et contient les épines (Choucas) et les folioles. Le pétiole présente une texture dure et assez rigide (Figure 2.6).



2.8.1. Déchets des palmiers dattiers

Avec une préoccupation grandissante quant à l'épuisement des ressources fossiles et aux risques environnementaux liés à leur utilisation excessive, il est prévu que le monde se tournera vers des sources naturelles renouvelables comme les biomasses. Les nouvelles technologies qui abordent l'aspect environnemental suscitent un vif intérêt pour les fibres naturelles en tant que renforcement. Dernièrement, les avancées technologiques actuelles et les meilleures

communications ont eu un impact sur l'usage des produits dattiers (à l'exception des dattes). Les fibres naturelles provenant des résidus de palmiers dattiers sont intéressantes car elles sont renouvelables et facilement disponibles. Il y a huit types de résidus fournis par le palmier (tronc, pétiole, febrilium, rachis, épines, feuille, spathe, grappes), dont on peut ajouter les grains de dattes comme neuvième résidu. Les déchets sont recueillis lors de l'élagage saisonnier, une pratique agricole indispensable. En réalité, les feuilles de palmier dattier constituent une des principales sources naturelles de fibres, dont les utilisations ont été étendues à pratiquement tous les domaines scientifiques. Par ailleurs, le palmier dattier est perçu comme une ressource industrielle limitée en matières premières. [46] L'importance socioéconomique du palmier dattier est particulièrement importante en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Ces nations représentent 62 millions des 105 millions d'arbres de la planète, répartis sur plus d'un million d'hectares. Ces « arbres » ne sont pas seulement cultivés pour leurs fruits précieux (dattes), mais aussi pour fabriquer du carburant, du bois et abriter les cultures terrestres. Environ 6,5 millions de tonnes métriques de dattes sont produites à travers le monde, ce qui entraîne une activité commerciale considérable. Au niveau mondial, 1,5 millions de tonnes de déchets de palmier dattier sont abandonnés chaque année, dont 125 000 tonnes (8,33 %) sont à prendre en compte pour l'Algérie. De nos jours, la production mondiale, l'utilisation et l'industrialisation des dattes ne cessent d'augmenter. Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), des pays producteurs tels que l'Égypte (1 352 950 tonnes métriques), l'Arabie Saoudite (1 078 300 tonnes), l'Iran (1023 130 tonnes), les Émirats arabes unis (775 000 tonnes) et l'Algérie (710 000 tonnes) enregistrent une augmentation de la production de dattes. [47]

2.8.2. Statistiques sur le nombre de palmiers dans la région de Biskra

Biskra, surnommée « l'épouse de Ziban », se trouve à 470 km au sud-est d'Alger. La province de Biskra s'étend sur une superficie de 21 671 kilomètres carrés et abrite une population de 600 000 habitants.

Bin Saleh a souligné que malgré les conditions climatiques difficiles, marquées par une augmentation significative des températures, la qualité des dattes a été maintenue. Il a également mentionné que les efforts pour lutter contre les ravageurs des palmiers dattiers, notamment le « bufarwa », ont permis de traiter environ 800 000 palmiers, réduisant ainsi les pertes annuelles causées par ces nuisibles.

En ce qui concerne la richesse palmicole, la province de Biskra enregistre chaque année l'entrée en production de milliers de nouveaux palmiers. Actuellement, elle dispose d'une richesse palmique significative d'environ 4 millions de palmiers, dont 3,7 millions sont productifs. [48]

2.9. Conclusion

En employant des matériaux recyclés pour la construction du dôme géodésique, nous montrons comment la technologie peut être exploitée de manière novatrice et durable afin de favoriser un environnement plus sain pour tous. Cette étape n'est pas seulement une preuve de notre aptitude à repenser l'utilisation des ressources, elle témoigne également de notre engagement croissant en faveur de la préservation de l'environnement et de la mise en œuvre du développement durable. Ce travail ne se limite pas à l'utilisation de matériaux renouvelables, il témoigne aussi de l'esprit d'innovation et de créativité dans le domaine de l'architecture et de la conception environnementale. Avec de telles initiatives, nous contribuons à la création d'un avenir plus durable et en harmonie avec la nature.

Chapitre 03
Partie Expérimental

Chapitre 03

Partie Expérimentale

3.1. Introduction

Les dômes géodésiques représentent une forme architecturale unique, caractérisée par leur structure triangulée qui offre à la fois légèreté et robustesse. À l'ère moderne, où la durabilité et l'efficacité des matériaux de construction sont de plus en plus prioritaires, l'exploration de nouvelles combinaisons comme le plastique et les feuilles de palmier revêt une importance cruciale. L'étude expérimentale de dômes géodésiques à l'Université de Biskra, en utilisant des matériaux tels que le plastique et les feuilles de palmier, il est essentiel de contextualiser l'importance de cette recherche et ses implications potentielles.

L'Université de Biskra, réputée pour son engagement dans la recherche en génie civil et en architecture écologique, sert de cadre idéal pour ce type d'expérience novatrice. En intégrant le plastique, un matériau polyvalent souvent recyclable, avec les feuilles de palmier, un matériau local renouvelable et durable, cette étude cherche à démontrer la faisabilité technologique et la viabilité économique de nouvelles approches de construction.

3.2. Préparation des matières premières

a. Préparation du plastique

Collecte : Les déchets plastiques sont collectés de plusieurs manières, dont les plus importantes sont les suivantes : Collecte dans les entrepôts et les camions de collecte.



Figure 3.1 : Les déchets plastiques.

Tri : il s'agit de l'étape la plus importante du recyclage des matières plastiques ; c'est la base du recyclage, car les matières plastiques nécessitent un bon tri des déchets plastiques, car le plastique perd ses propriétés si d'autres éléments sont présents avec lui.



Figure 3.2 : Les matières plastiques destinées au recyclage.

Lavage : Le plastique est lavé pour éliminer les impuretés et la saleté qui s'y sont accumulées. Le plastique est lavé dans de l'eau chaude avec du savon liquide concentré dans des bassins spéciaux.

Séchage : après avoir été lavé, le plastique est transféré du bassin de lavage à l'aire de séchage et laissé à sécher pendant le temps nécessaire.

Broyage : Le plastique est broyé en petits morceaux à l'aide d'une machine spéciale afin de maximiser l'efficacité du processus de fusion et de moulage lors des étapes ultérieures.



Figure 3.3 : Le plastique est broyé.

La fusion : Le processus de fusion consiste à exposer le plastique broyé à des températures élevées, ce qui transforme le plastique en un liquide plastifié qui peut être utilisé dans le processus de moulage.



Figure 3.4 : La fusion le plastique broyé.

Le moulage : Après avoir été fondu, le plastique est coulé dans des moules spéciaux faits à la main, que nous avons créés pour nous aider à façonner la forme que nous voulons.

Compression : Après le processus de coulage du plastique dans le moule, vient le processus de pressage où le plastique fondu est pressé dans le moule, car ce processus est considéré comme faisant partie de l'obtention de la forme finale.



Figure 3.5 : Moulage de plastique.

b. Préparation El jaride

Collecte : Le processus de fabrication commence par la collecte de feuilles de palmier à partir de diverses sources telles que les oasis de palmiers, les plantations et autres, et les feuilles sont soigneusement collectées pour garantir leur qualité et leur adéquation au processus de fabrication.



Figure 3.6 : la collecte de feuilles de palmier.

Nettoyage : les feuilles de palmier sont nettoyées pour éliminer les saletés et les impuretés en surface, puis les feuilles extérieures sont retirées avec précaution sans endommager les feuilles intérieures.



Figure 3.7 : Nettoyées les feuilles de palmier pour éliminer les saletés.

Élagage : Les extrémités rugueuses et fines d'el jaride sont coupées après le nettoyage à l'aide d'outils tranchants tels que des ciseaux ou des scies, et cette opération est effectuée des deux côtés d'el jaride afin d'obtenir une forme uniforme adaptée au processus de fabrication ultérieur.



Figure 3.8 : Les extrémités rugueuses et fines.

Ajustement : La surface de la barre est nivelée par le tour pour éliminer les défauts et les excès et rendre la surface plane et saine. Cette opération est réalisée en déterminant le diamètre approprié de la barre à obtenir en fonction du diamètre du trou dans le nœud et en réglant la machine en conséquence.

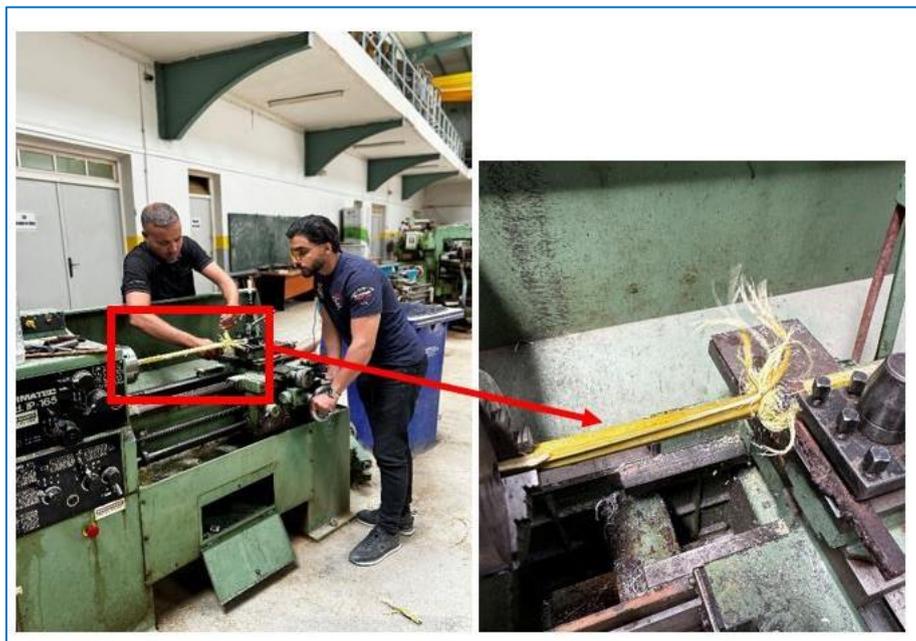


Figure 3.9 : Opération de Ajustement.

Coupe : Après le nivellement, les tiges sont coupées à des longueurs mesurées et calculées à l'aide d'outils de coupe appropriés tels que des ciseaux ou des scies. Les longueurs doivent être calculées avec précision afin de garantir la conformité avec les spécifications et les exigences relatives à la forme géométrique finale.



Figure 3.10 : Coupées à des longueurs mesurées.

3.3. Fabrication et Installation des Éléments des Dômes géodésiques

a. Les nœuds

Refroidissement : Après le processus de compression, le plastique moulé est immédiatement refroidi à l'eau froide afin de stabiliser la forme et de réduire la période de refroidissement naturel.

Perçage : Après avoir obtenu une forme définitive, les nœuds sont percés latéralement aux dimensions soigneusement étudiées à l'aide d'une perceuse électrique. Les dimensions doivent être calculées avec précision pour garantir que les supports sont installés correctement et à la pente souhaitée.



Figure 3.11 : Perçage Précis des Nœuds pour une Installation Optimale des Supports.

Ajustement : Le processus de moulage après refroidissement peut laisser des marques excessives et des bords irréguliers. Nous utilisons alors une machine à tourner pour éliminer ces marques et lisser les bords afin d'améliorer l'aspect final et de le rendre utilisable.



Figure 3.12 : Machine à tourner pour éliminer.



Figure 3.13 : La forme finale des Nœuds après Ajustement.

Peinture : Enfin, avant de commencer le processus de peinture, la surface doit être nettoyée des impuretés. Après le nettoyage, nous effectuons le processus de peinture, car elle doit être compatible avec la matière plastique et capable de résister aux conditions environnementales changeantes.



Figure 3.14 : peinture les Nœuds.

b. Les barres

Après avoir nivelé, les tiges sont sectionnées aux longueurs calculées avec précision à l'aide d'outils de coupe appropriés, tels que des cisailles ou des scies. Il est crucial de respecter ces longueurs pour garantir la conformité aux spécifications et à la forme géométrique finale.

Peinture : Après avoir terminé le processus de coupe et préparé les barres, l'étape suivante consiste à peindre ces barres avec de la résine afin de former une barrière imperméable et de protéger les barres des rayures et des salissures qui pourraient les altérer, ainsi que de les empêcher d'absorber l'humidité de l'air qui pourrait les endommager à l'avenir, et de boucher les petits ports de la pièce qui sont généralement un lieu de rassemblement des bactéries.

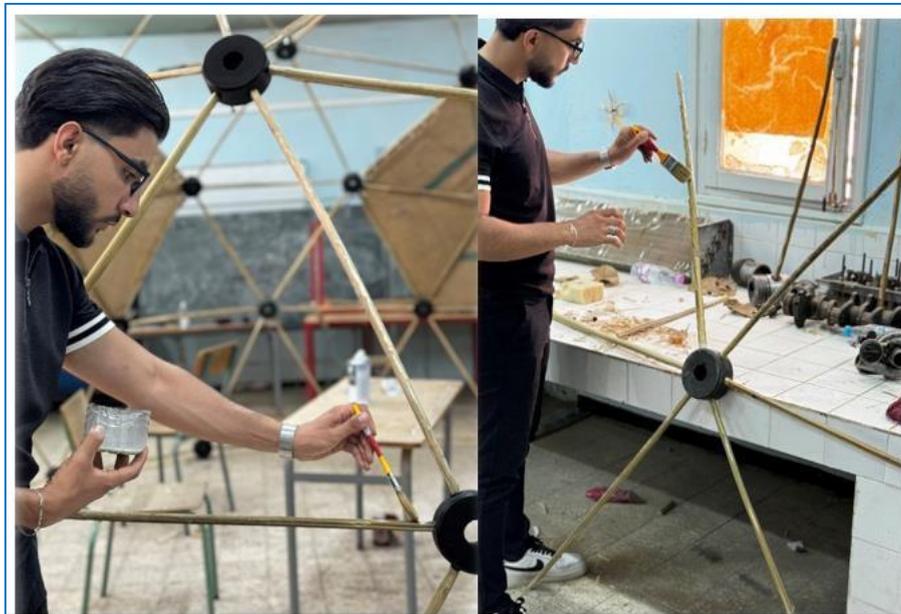


Figure 3.15 : Peinture les barres.

3.3.1. Montage des Dômes géodésiques

La première étape : La collecte des matières premières

- ✓ Collecte des matériaux : Les matières premières préalablement préparées sont collectées. En préparation du processus de montage.



Figure 3.16 : les Nœuds.

- ✓ Préparation de l'atelier : Nettoyage et préparation de l'atelier de montage pour que ses dimensions soient supérieures aux dimensions du dôme.



Figure 3.17 : Préparation de l'atelier.

La deuxième étape : Assemblage des pièces éparses

- ✓ Les pièces sont assemblées pour les différentes unités du dôme, qui comprennent des unités pentagonales et hexagonales, et elles sont assemblées séparément.



Figure 3.18 : Assemblées pour les différentes unités du dôme.

La troisième étape : Assemblage des unités et construction du dôme

- ✓ Assemblage des pièces individuelles : Après avoir assemblé les différentes pièces, celles-ci sont assemblées entre elles pour créer un dôme complet.



Figure 3.19 : Assemblées pour créer un dôme complet.

La quatrième étape : la pose du couvercle

- ✓ Après avoir créé la forme finale du dôme, l'étape suivante est l'installation de la couverture, ici elle est recouverte de toile de jute pour nous aider à refroidir l'intérieur du dôme.
- ✓ Le jute a été utilisé, par exemple mais non exclusivement, comme matériau de couverture pour cette coupole, fait de fibres de jute. Nous le choisissons avec soin pour assurer sa résistance aux dommages et aux éléments extérieurs tels que le soleil, tout en appréciant son aspect esthétique. En même temps, il est doté de pores qui permettent à l'air de circuler pour ventiler l'intérieur efficacement.



Figure 3.20 : l'installation de la couverture.

La cinquième étape : système de refroidissement (humidification)

Le dôme géodésique est équipé d'un système de refroidissement (humidification) innovant comprenant un système de brumisation d'eau soutenu par des capteurs mesurant périodiquement la température et l'humidité. Le système de brumisation d'eau est activé sur la surface extérieure de la toile grâce à une pulvérisation continue d'eau lorsque la température augmente et l'humidité diminue. Cela permet de rafraîchir l'air circulant à travers la toile à l'intérieur de la

coupole, créant ainsi un environnement frais et confortable qui contribue au bien-être des personnes pendant les journées chaudes.

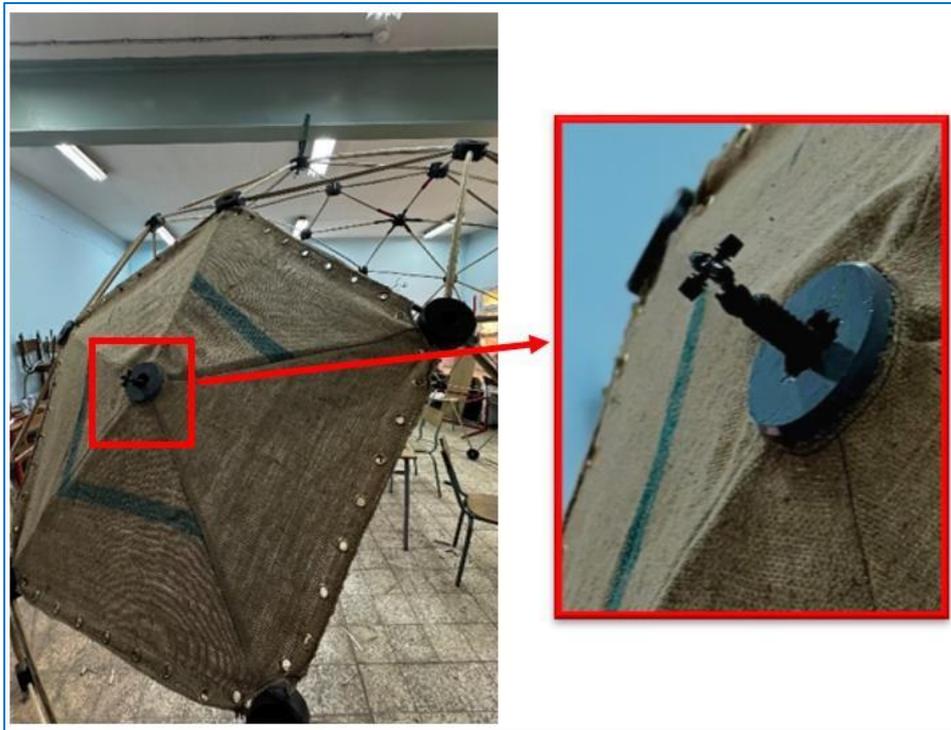


Figure 3.21 : Le système de brumisation d'eau.

Sixième étape : Utilisation d'applications de refroidissement

Les capteurs envoient des alertes à une application dédiée, offrant à l'utilisateur un contrôle direct sur le système de brumisation. Cela lui permet de démarrer ou d'arrêter le système selon les besoins, assurant ainsi un environnement confortable à l'intérieur du dôme à tout moment.

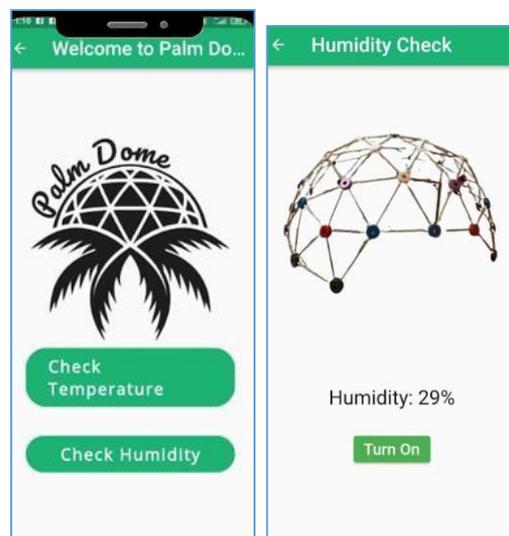


Figure 3.22 : Interface de l'application.

3.4. Conclusion

La fabrication et l'utilisation des dômes géodésiques dans la région de Biskra représentent une approche innovante et durable pour relever les défis climatiques et environnementaux. Leur conception efficace, leur durabilité et leur adaptabilité en font une solution idéale pour diverses applications, allant des habitations et des serres aux installations touristiques. En intégrant ces structures, Biskra peut non seulement améliorer la qualité de vie de ses habitants mais aussi promouvoir un développement durable et écologique.

Chapitre 04
Discussion les Résultats des Essais
Mécaniques

4.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord les divers matériaux étudiés ainsi que les techniques utilisées pour évaluer leur structure mécanique. Les déchets recyclables de plastique et les déchets renouvelables de palmiers dattiers (Rachis) sont largement disponibles, comme mentionné dans le chapitre II. L'objectif de cette section de l'étude est la caractérisation mécanique des matériaux utilisés.

Nous avons utilisé plusieurs méthodes pour analyser la structure et les propriétés mécaniques des matériaux sélectionnés. Les essais mécaniques effectués comprennent la traction, la compression et la flexion. Ces tests nous permettent de déterminer des paramètres clés tels que la résistance à la rupture, le module d'élasticité et la résilience des matériaux.

Ces approches nous ont fourni une compréhension approfondie des performances mécaniques du plastique recyclé et du bois de rachis du palmier dattier, mettant en lumière leurs caractéristiques distinctes et leurs applications potentielles dans divers secteurs industriels. Cette étude constitue une base solide pour l'optimisation future de ces matériaux en vue de leur utilisation durable et efficace dans des applications réelles.

4.2. Propriétés mécaniques

Les essais mécaniques les plus fréquemment utilisés sont les essais de traction, de compression et de flexion à trois points. Ces essais mécaniques ont été réalisés à l'aide d'une machine universelle de type TEST, pilotée par un ordinateur, pour déterminer les caractéristiques mécaniques du bois de palmier dattier (Rachis) pour les barres et du plastique recyclé pour les nœuds utilisés dans notre projet.

Lors de l'essai de traction, les échantillons sont soumis à une force de traction jusqu'à ce qu'ils se rompent, ce qui permet de mesurer la résistance à la rupture et le module d'élasticité. L'essai de compression, quant à lui, consiste à appliquer une force de compression sur les échantillons pour évaluer leur capacité à résister à des charges compressives. Enfin, l'essai de flexion à trois points implique l'application d'une force au centre de l'échantillon, soutenu à ses extrémités, pour déterminer sa résistance à la flexion et sa rigidité. Ces essais permettent de caractériser les propriétés mécaniques essentielles des matériaux étudiés, fournissant ainsi des informations cruciales pour leur utilisation dans des applications structurales.



Figure 4.1 : Machine universelle de type TEST.

4.2.1. Essai de traction du bois de rachis et plastiques recyclé

Les éprouvettes de traction du bois de rachis et du plastique recyclé sont fixées aux têtes d'amarrage après avoir couvert la zone de fixation avec un ruban adhésif en papier pour éviter le glissement et l'écrasement de l'éprouvette (figure 4.2). La vitesse de l'essai est de 2 mm/min.

Cette précaution est essentielle pour garantir que les forces appliquées lors de l'essai sont correctement transmises aux éprouvettes sans causer de dommages ou de déplacements indésirables. La vitesse d'essai de 2 mm/min est choisie pour assurer une application uniforme et contrôlée de la force, permettant une mesure précise des propriétés mécaniques des matériaux.



Figure 4.2 : Test de traction du bois de rachis et plastiques recyclé.

4.2.2. Essai de compression du bois

L'essai de compression a été effectué avec des éprouvettes en bois de rachis et en plastique recyclé selon la norme NF B51-007-ISO 3132-1975. [49] La vitesse de l'essai est constante à 5 mm/min, comme illustré dans la figure (figure 4.3), pour déterminer la courbe charge-déplacement et la charge de rupture de l'éprouvette.

Cette norme précise les conditions et les méthodes de réalisation de l'essai de compression, assurant ainsi la reproductibilité et la fiabilité des résultats obtenus. La vitesse constante de 5 mm/min permet d'appliquer la force de manière régulière et contrôlée, facilitant l'analyse des propriétés mécaniques des matériaux étudiés.

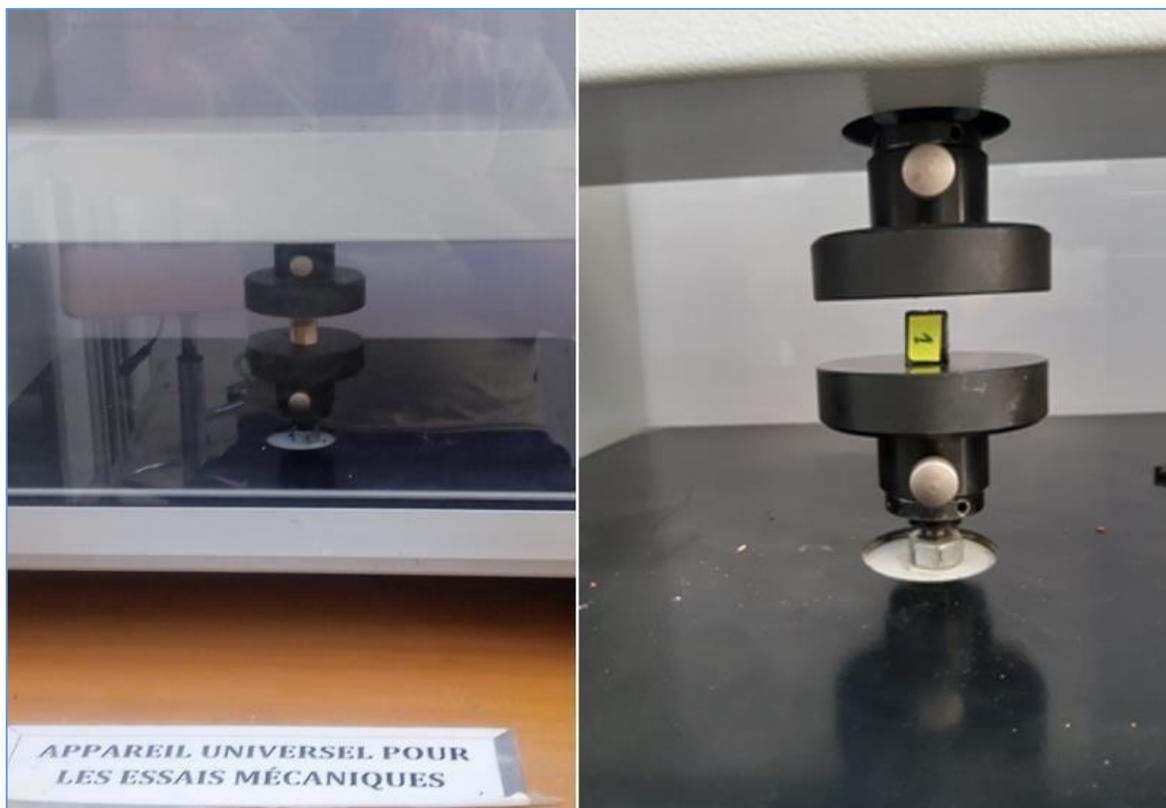


Figure 4.3 : Test de compression du bois de rachis et plastiques recyclé.

4.2.3. Essai de flexion trois points du bois de rachis

Le test de flexion statique s'effectue selon la norme **NF EN ISO 178**. [50] La vitesse de l'essai est de 2 mm/min, comme illustré dans la figure 4.4. En exploitant les courbes charge-déplacement obtenues par l'essai de flexion trois points, on peut déterminer le module d'élasticité en flexion **E_f** conformément à la norme **NF T 51-001**. [51]

Ces courbes charge-déplacement fournissent des informations essentielles sur le comportement des matériaux sous charge, permettant ainsi de calculer le module d'élasticité en flexion, qui est un indicateur clé de la rigidité et de la résistance des matériaux étudiés.

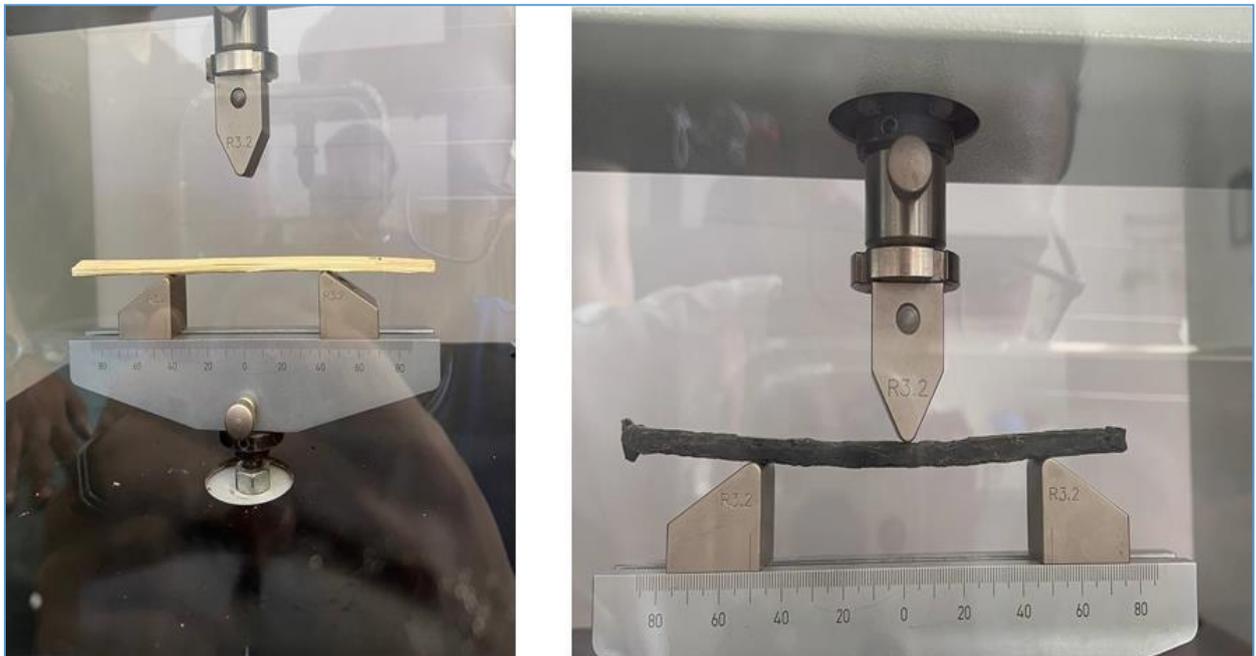


Figure 4.4 : Test de flexion trois points du bois de rachis et plastiques recyclé.

4.3. Résultats et discussion

□ Propriétés mécaniques

4.3.1. Essai de traction du bois de rachis et de plastique recyclé

Les résultats obtenus de l'essai de traction sur les éprouvettes en bois de rachis et de plastique recyclé sont présentés sous forme de courbes de contrainte-déformation. Ces courbes montrent une partie linéaire relativement importante, suivie d'un domaine réduit où apparaît la non linéarité.

Cette partie linéaire indique un comportement élastique du matériau, où la contrainte est proportionnelle à la déformation. Le domaine non-linéaire, plus restreint, correspond au comportement plastique du matériau, où des déformations permanentes se produisent avant la rupture. Ces observations sont essentielles pour comprendre les propriétés mécaniques du bois de rachis et pour évaluer son aptitude à diverses applications structurelles.

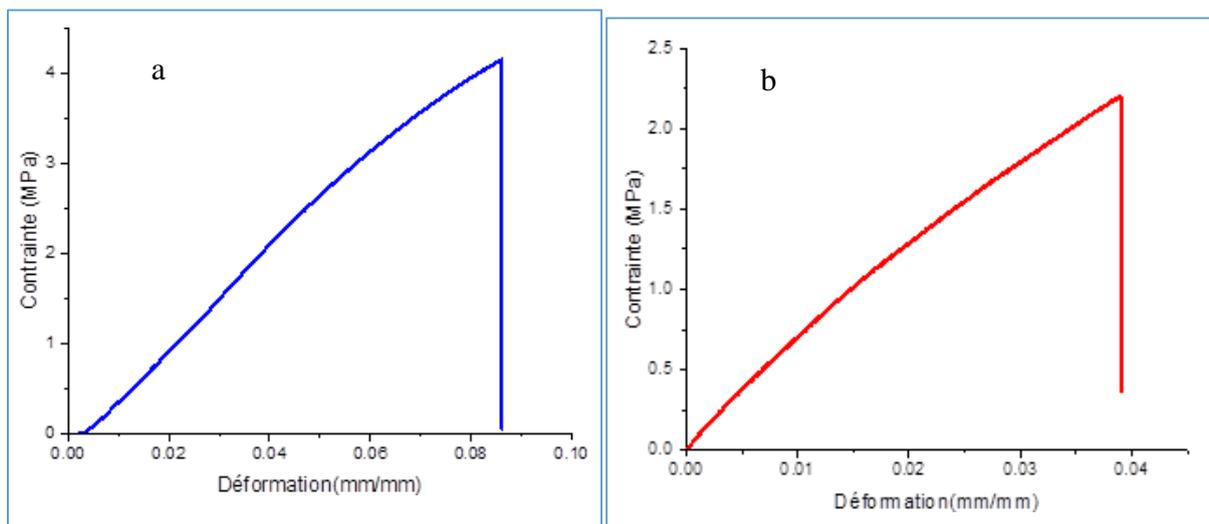


Figure 4.5 : Résultats de l'essai de traction (a) bois de rachis, (b) plastique recyclé.

	σ_{\max} [MPa]	ϵ [mm/mm] $_{\max}$
Bois de rachis	4.45±0.98	0.086±0.009
Plastique recyclé	2.23±0.52	0.04±0.005

Tableau 4.1 : Résultats de l'essai de traction.

4.3.2. Essai de compression du bois de rachis et de plastique recyclé

Les courbes contrainte-déformation de la Figure 4.5 issues des essais de compression des éprouvettes montrent le caractère anisotrope du matériau (BP) testé. Dans le domaine élastique, les éprouvettes conservent leur forme, que ce soit cubique pour le plastique et cylindrique pour le bois de rachis. En effet, les propriétés mécaniques des deux matériaux sont présentées dans le Tableau II.5, obtenues à partir des courbes.

Ces courbes révèlent que les matériaux présentent des comportements différents selon la direction de la contrainte appliquée, mettant en évidence l'anisotropie du bois de rachis en particulier. Les propriétés mécaniques telles que le module d'élasticité et la résistance à la compression, extraite de ces courbes, sont essentielles pour évaluer la performance et la durabilité des matériaux dans des applications spécifiques.

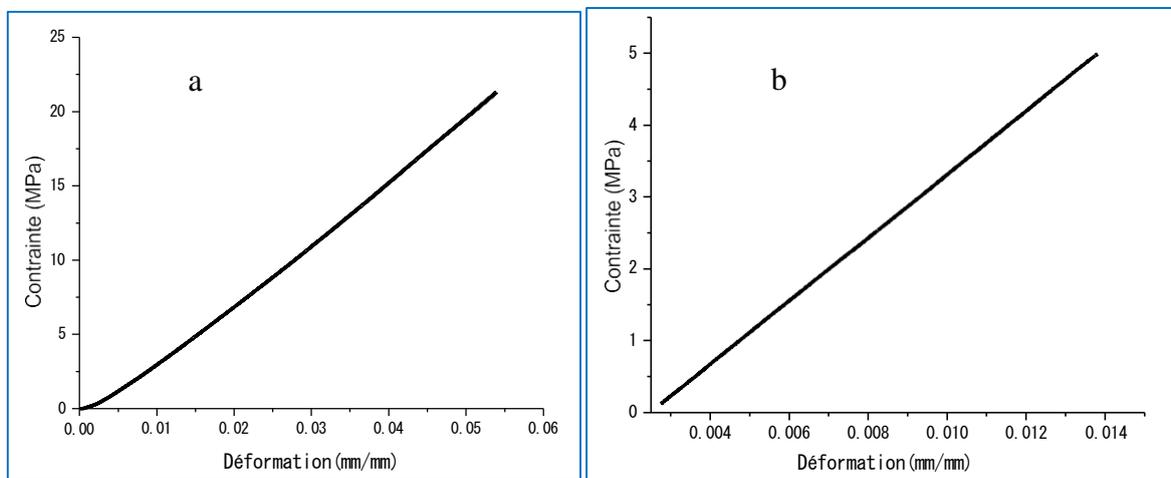


Figure 4.6 : Résultats de l'essai de compression (a) bois de rachis, (b) plastique recyclé.

	σ_{\max} [MPa]	ϵ_{\max} [mm/mm]
Bois de rachis	21.28±0.56	0.053±0.011
Plastique recyclé	4.98±0.32	0.013±0.006

Tableau 4.2 : Résultats de l'essai de compression.

4.3.3. Essai de flexion trois points du bois de rachis et de plastique recyclé

Les résultats obtenus à partir des essais de flexion trois points sur les éprouvettes de bois de rachis et de plastique recyclé sont illustrés dans le graphe charge-déplacement de la Figure 4.6. Ce graphique montre la relation entre la charge appliquée et le déplacement enregistré pour chaque matériau. Pour les éprouvettes de bois de rachis, on peut observer une courbe typique indiquant une déformation progressive jusqu'à un point de rupture, caractéristique des matériaux composites naturels. La pente initiale de la courbe reflète la rigidité du bois, tandis que la partie non linéaire de la courbe indique le début de la déformation plastique et des microfissures internes avant la rupture. En ce qui concerne les éprouvettes en plastique recyclé, le graphe charge-déplacement présente également une courbe spécifique. Cette courbe tend à montrer une plus grande élasticité initiale, suivie d'une déformation plastique plus prononcée avant la rupture. Les variations dans les courbes peuvent être attribuées à la nature hétérogène du plastique recyclé et aux propriétés de ses composants mélangés.

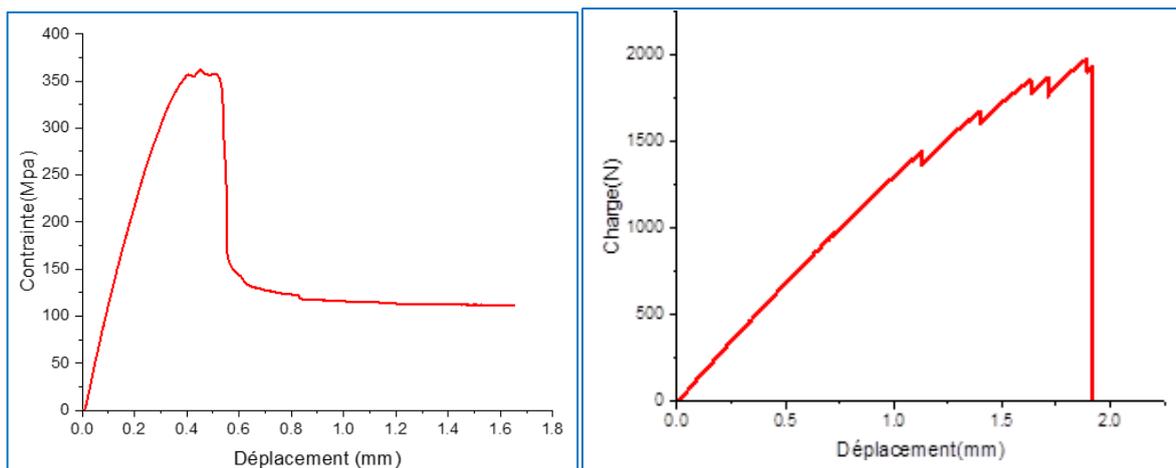


Figure 4.7 : Résultats de l'essai de flexion (a) bois de rachis, (b) plastique recyclé.

	σ_{\max} [MPa]	ϵ_{\max} [mm/mm]
Bois de rachis	363.23±12.52	1.75±0.23
Plastique recyclé	1800±95.39	1.85±0.15

Tableau 4.3 : Résultats de l'essai de flexion.

4.4. Conclusion

Les résultats obtenus à travers ce chapitre ont permis d'identifier de manière approfondie les propriétés mécaniques du bois de rachis du palmier dattier et du plastique recyclé à travers une série d'essais mécaniques comprenant la traction, la compression et la flexion. Ces analyses ont révélé des caractéristiques distinctes pour chaque matériau, fournissant des informations précieuses pour leur utilisation potentielle dans diverses applications industrielles.

Pour le bois de rachis du palmier dattier, les essais de traction ont mis en évidence sa résistance à la traction et sa capacité à supporter des charges importantes dans une direction axiale. En compression, le bois de rachis a montré une bonne résistance à l'écrasement, illustrant sa capacité à résister à des forces compressives élevées sans déformation excessive. Enfin, les essais de flexion ont révélé une rigidité initiale significative suivie d'une déformation plastique avant la rupture, caractérisant le comportement mécanique du bois de rachis sous contrainte.

Quant au plastique recyclé, les essais de traction ont révélé une élasticité initiale suivie d'une phase de déformation plastique avant la rupture, mettant en évidence sa capacité à absorber l'énergie et à maintenir des performances mécaniques même sous charge. En compression, le plastique recyclé a montré une résistance à l'écrasement variable en fonction de la composition des matériaux recyclés, soulignant l'impact de cette diversité sur ses propriétés mécaniques.

En conclusion, les essais mécaniques réalisés dans ce chapitre ont enrichi notre compréhension des propriétés mécaniques du bois de rachis du palmier dattier et du plastique recyclé. Ces connaissances sont essentielles pour guider le développement de nouveaux matériaux composites et optimiser leur utilisation dans des applications industrielles spécifiques. Il serait bénéfique d'approfondir ces recherches en explorant d'autres aspects des matériaux, tels que leur comportement thermique et leur durabilité à long terme, afin de maximiser leur potentiel dans une économie circulaire et durable.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Un nouveau principe de construction verte pour les dômes géodésiques écologiques marque une avancée majeure dans la recherche de solutions architecturales durables et innovantes. En intégrant des matériaux recyclés tels que le jérid et le plastique, ainsi que des ressources renouvelables, ces structures proposent une alternative viable et respectueuse de l'environnement aux méthodes de construction traditionnelles.

L'adoption de technologies modernes, comme l'isolation avancée, les énergies renouvelables et les systèmes de ventilation naturelle, améliore l'efficacité énergétique et réduit l'empreinte carbone des bâtiments. La conception modulaire des dômes simplifie non seulement leur construction et leur démontage, mais permet également une réutilisation et un recyclage efficaces des matériaux, prolongeant ainsi leur cycle de vie.

Ce mémoire illustre de manière remarquable comment l'innovation technologique peut se conjuguer avec la durabilité environnementale dans les domaines de l'ingénierie et de l'architecture modernes. En utilisant du jérid et du plastique recyclés, le projet démontre une conception avancée et une utilisation créative de matériaux réutilisés, symbolisant un engagement envers un avenir plus sain pour la planète.

En exploitant des ressources naturelles renouvelables et des matériaux recyclés, ce projet crée un environnement bâti qui minimise les déchets et réduit l'empreinte écologique. Il améliore également l'efficacité énergétique et la durabilité des conceptions architecturales. Ces initiatives audacieuses permettent de relever les défis environnementaux actuels et de viser un équilibre durable, bénéfique à la fois pour l'environnement et pour les communautés locales.

En adoptant ces nouveaux principes, nous pouvons non seulement répondre aux défis actuels en matière de durabilité et de changement climatique, mais aussi jeter les bases d'un avenir où l'innovation et le respect de l'environnement vont de pair, garantissant ainsi un monde plus sain et plus durable pour les générations à venir.

Références

Référence

- [1] R. Buckminster Fuller, "Geodesic Dome Design," 1940.
- [2] FULLER, R. Buckminster. Synergetics: explorations in the geometry of thinking. Estate of R. Buckminster Fuller, 1982.
- [3] https://www.researchgate.net/figure/Plan-and-view-of-Schwedlers-dome-truss_fig4_310596707 02/04/2024
- [4] https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%B4me_g%C3%A9od%C3%A9sique 02/04/2024
- [5] <https://www.spsplusarchitects.com/round-valley-ensphere.html> 02/04/2024
- [6] https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Spruce_Goose_dome 02/04/2024
- [7] <https://freedhome.x10.mx/dome-geodesique/> 02/04/2024
- [8] <https://mygeodome.com/dome-geodesique-quoi-historique-usages-pratiques-avantages/>
- [9] South, J. (2000). Geodesic Domes: Construction and Design Manual. Architectural Press.
- [10] KENNER, High. Geodesic math and how to use it. University of California Press, 2003.
- [11] Assessment of large-area luminescent solar concentrators as building-integrated geodesic dome panels
- [12] BYSIEC, Dominika; JASZCZYŃSKI, Szymon; MALESKA, Tomasz. Analysis of Lightweight Structure Mesh Topology of Geodesic Domes. *Applied Sciences*, 2023, 14.1: 132.
- [13] FLYNN, Thomas, et al. Assessment of large-area luminescent solar concentrators as building-integrated geodesic dome panels. *Sustainable Buildings*, 2023, 6: 7.
- [14] Brown, P., & Taylor, S. (2018). Sustainable Construction Materials: Recycled and Industrial By-Products. Butterworth-Heinemann.
- [15] Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). Handbook of Solid Waste Management. McGraw-Hill.
- [16] Dofmann, J. (1985). Waste Management and Recycling Strategies. Environmental Publishing House.
- [17] Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE). Rapport annuel sur la gestion des déchets en Algérie.
- [18] Smith, J., & Doe, A. Propriétés mécaniques des plastiques : flexibilité et modifications. Éditions Plastiques et Composites.

Références

- [19] Dupont, T., & Martin, S. Plastiques : caractéristiques, sources et dégradation. Éditions Techniques et Industrielles.
- [20] Smith, J., & Doe, A. (2016). Fabrication de plastique à partir de la pétrochimie. Éditions Industrielles et Techniques.
- [21] Mohamed Touhami Gouasmi, Effet d'agrégats légers a base de poly téréphtalate d'éthylène Sur les propriétés des mortiers, Université d'Oran (faculté sciences exactes et appliquées),(2013).
- [22] Plastics Europe. Plastics – the Facts 2014/2015. Accédé 4 mars, 2017. Disponible document/ 20150227150049final_plastics_the_facts_2014_2015_260215.pdf Meikle JL. American. Au: <http://www.plasticseurope.org/documents>
- [23] TRAORE, B, Elaboration et caractérisation d'une structure composite (sable et déchets plastiques recyclés) : amélioration de la résistance par des charges en argiles, l'université Félix Houphouet-Boigny sciences de la terre, (2018).
- [24] Derias, M., Subramanian, A., Allan, S., Shah, E., El-Teraifi, H., & Howlett, D. (2014). THE UTILISATION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE INVESTIGATION OF INVASIVE LOBULAR CARCINOMA—A RETROSPECTIVE STUDY IN TWO DISTRICT GENERAL HOSPITALS: 0388. International Journal of Surgery, 12, S16-S17.
- [25] Moore Recycling Associates. 2014 Postconsumer Plastics Recycling in Canada. Accédé 23 avril, 2016. Disponible au: http://www.plasticsmarkets.org/jsfcontent/Canada14Report2_jsf_1.pdf.
- [26] Eco-Entreprises Québec and RECYC-QUEBEC. Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2012-2013. ISBN 978-2-923955-06-3 (PDF), 2015.
- [27] Bissagou koumba gaelle, fragmentations chimique et physique de plastiques et micro plastiques en eau douce sous irradiation UV-visible, Université Clermont Auvergne, (2018).
- [28] <https://www.ouest-france.fr/environnement/ecologie/pourquoi-le-plastique-t-il-un-impact-tres-negatif-sur-l-environnement> 09/05/2024
- [29] Labed,S.(2017) Influence des taux élevés des fines calcaires sur le comportement mécanique et rhéologique des mortiers à base du sable de carrière, mémoire de master université Mohamed kheider biskra.

Références

- [30] <https://www.paprec.com/fr/comprendre-le-recyclage-2/tout-savoir-sur-les-matieres-recyclables/plastiques/> 21/05/2024
- [31] <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.b2bplast.fr%2Fbroyeur-plastique> 21/05/2024
- [33] <https://innofibre.ca/la-granulation-et-ses-applications/> 21/05/2024
- [34] GROSSE, François. Les limites du recyclage dans un contexte de demande croissante de matières premières. *Responsabilité et environnement*, 2014, 4: 58-63.
- [35] BAYARD, Rémy; MASSARDIER-NAGEOTTE, V. Plastiques biosourcés et/ou biodégradables en fin de vie-Conditions et conséquences sur leur valorisation dans les filières actuelles de valorisation des déchets. 2022. PhD Thesis. RECORD.
- [36] BEKKARI, Houda; KAFI, Meriem. Amélioration du comportement du béton de sable de dunes par l'addition des fibres plastiques issues de déchets industriels (ceintures de sertissage). PhD Thesis.
- [37] BALIGA M. S., BALIGA B. R. V., KANDATHIL S. M., BHAT H. P., VAYALIL P. K., 2011. A review of the chemistry and pharmacology of date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food research international*, vol. 44: 1812-1822.
- [38] BELAROUSSI M., 2019. eduté de la production du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) variété Deglet Nour: cas des régions de Oued Mya et Oued Righ. Thèse de Doctorat en sciences Agronomiques. Université de KasdiMerbah, Ouargla, Pp5-9.
- [39] BELGUEDJ M., 2007. Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie. Ed. INRAA ElHarrach, Algérie.
- [40] BELHABIB S., 1995. Contribution à l'étude de quelques paramètres biologiques (croissance végétative et fructification) chez deux cultivars (Deglet-Nour et Ghars) du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) dans la région de Oued Righ. Mémoire, Ing, Agro. Batna. 54p.
- [41] Djoudi, I. (2013). Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelques accessions du palmier dattier (*Phoenix Dactylifera*.l) dans la région de Biskra. Biskra: Université de Mohamed Kheider Biskra.

Références

- [42] BETTAYEB H., MEFISSEL F., 2015. Etude phytochimique des extraits bruts des dattes (Ghars, Deglet-Nour, Degla-Beida). Mémoire Master en sciences Biochimie fondamentale et Appliqué. Université KasdiMerbah Ouargla, Pp 336-41.
- [43] BOUAFIA A., MAHMA H., 2017. Activité biologique des extraits de dates de la cuvette d'Ouargla. Mémoire Master en sciences de Biochimie Appliqué. Université KasdiMerbah Ouargla, Pp 40-41.
- [44] Dubost D. 1991. Ecologie, aménagement et développement des oasis algériennes. Thèse Doctorat d'Etat de l'Université de Tour, France 550p
- [45] DJOUHRI, Oumelkhir; BENCHEIKH, Ibtissam. Recherche des composés à activité biologique dans les dattes et activité antimicrobienne de leurs extraits. PhD Thesis. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.
- [46] Douib S et Douba A ., 2012: Recherche sur la diversité variétale de palmier dattier (Phoenix dactylifera L) et des fruits des 36 variétés cultivés dans la région d'Oued Souf. Thèse Master. Dép des sciences de la nature et de la vie, Univ, Biskra. 38p.
- [47] Dakhia N., Bensalah M. K., Romani M., Djoudi A. M., Belhamra M., 2013. État phytosanitaire et diversité variétale du palmier dattier au bas Sahara algérien, Journal Algérien des Régions Arides, CRSTRA.7 p
- [48] <https://news.radioalgerie.dz/ar/node/31725> 20/06/2024
- [49] NF B51-007-ISO 3132-1975.
- [50] NF EN ISO 178.
- [51] NF T 51-001.

Annexes

Annexe

- Annexe 1

La première étape consiste à télécharger l'application sur le téléphone de

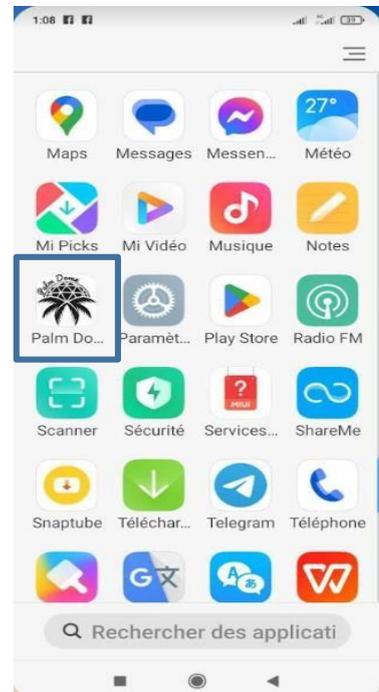


Figure 1 : L'application téléchargée sur le smartphone

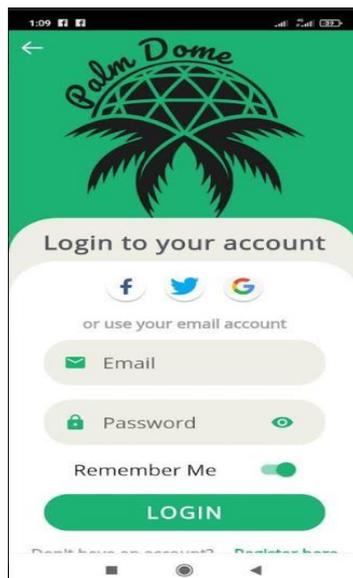


Figure 2 : Ouvrir un compte privé

La deuxième étape consiste à créer un compte personnel en saisissant le nom d'utilisateur, Gmail, le mot de passe et d'autres informations

La troisième étape consiste à saisir le mot de passe et le nom d'utilisateur du client

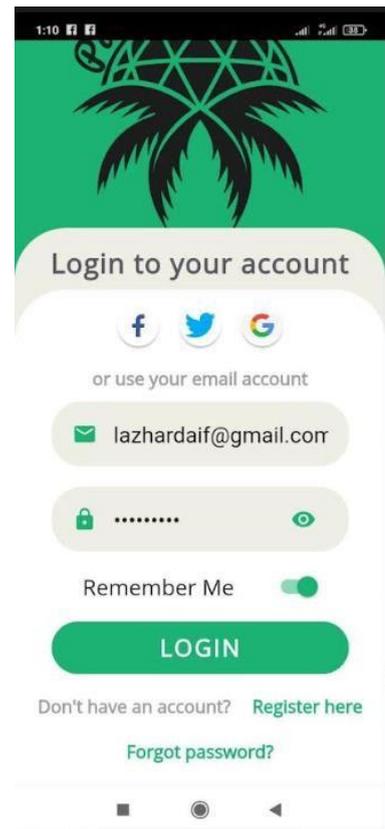
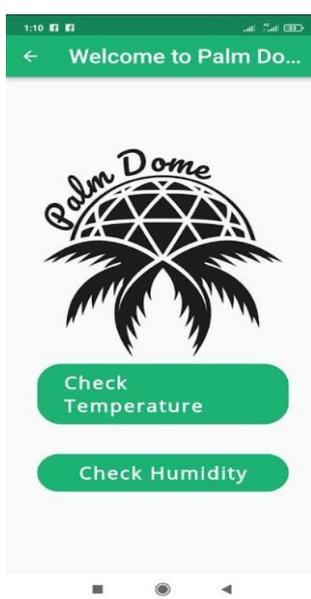


Figure 3 : Connectez-vous à l'application avec votre propre compte



La quatrième étape montre l'interface de base, qui contient une partie pour le

Figure 4 : L'interface principale du projet

La cinquième étape montre l'interface dédiée à l'affichage des valeurs de température capturées par le capteur, qui est contrôlée via ce bouton vert



Figure 5 : Interface de contrôle du capteur



Figure 6 : Interface de contrôle du capteur

Dans la sixième étape, apparaît l'interface dédiée à l'affichage des valeurs d'humidité capturées par le capteur, qui est contrôlée via ce bouton vert.

- Annexes 2

Schéma Electrique de système de de brumisation d'eau

