



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 : Voies et ouvrages d'art**

Réf. :

---

Présenté et soutenu par :  
**MERSELLEM Mohamed Sameh**

Le: 26/06/2024

## **Panneaux polyvalents par des matériaux recyclés**

---

### **Jury :**

<b>Mr. REMADNA Mohamed Saddek</b>	Dr	Université de Biskra	Président
<b>Mr. ADBESSELAM Issam</b>	Dr	Université de Biskra	Examineur
<b>Mr. YAGOUB Mohamed</b>	Dr	Université de Biskra	Rapporteur
<b>Mr. KHELIFA Tarek</b>	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*

*A mes frères " Abdelhadi ", " Oumnia " et " Nadjya " que j'aime tant Pour leur petit mot et leur soutien.*

*Je dédie ce mémoire à toute ma famille " MERSELLEM " et " HAMOUD "*

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

*" Ahlem ", " Abderrahmen ", " Moufida ", " Fadhila " et " Aya " Pour leur soutien et leurs encouragements*

*et Je mentionne spécifiquement " Younes ", " Elhachemi ", " Walid ", " Lazhar " et " Nadhir " .*

**Mohamed Sameh MERSELLEM**

# Remerciement

*Toute ma gratitude, grâce et remerciement à ALLAH le tout puissant qui m'a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.*

*je tiens à remercier de tout mon cœur 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*

***Dr.KHELIFA Tarek** 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 Boubacar 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-*

**Mohamed Sameh MERSELLEM**

## Résumé

Les routes non revêtues dans les zones rurales et désertiques souffrent de diverses détériorations qui constituent un obstacle à la circulation dans ces zones pour de nombreuses raisons telles que les facteurs naturels (pluie et vallées), ainsi que la qualité et la nature de la route.

Nous constatons également la prolifération des déchets plastiques qui menacent constamment notre environnement, car la plupart de ces déchets plastiques finissent par envahir notre environnement dans les routes, les parcs, les mers et les rivières, créant un facteur de distorsion et de nuisance pour la santé humaine et ses différentes exigences.

Dans ce travail, il propose la revalorisation des déchets plastiques et leur exploitation dans la fabrication de panneaux plastiques (substrat) comme matériau pour le revêtement et l'aménagement des routes non revêtues, comme solution technique et économique et dans le cadre du développement durable.

## ملخص

تعاين الطرقات الغير معبدة في المناطق الريفية و الصحراوية من مختلف التدهورات المستمرة التي تشكل عائق على الحركة في هذه المناطق و هذا جراء العديد من الأسباب على غرار العوامل الطبيعية (المطار و الوديان) و كذلك نوعية الطريق و طبيعته.

كما نلاحظ انتشار النفايات البلاستيكية بشكل كبير و هذا ما يهدد بيئتنا باستمرار، حيث اغلب هذه النفايات البلاستيكية ينتهي بها المطاف تغزو بيئتنا نجدها في الطرق و الحدائق، البحار و الأنهار، مشكلة عامل مشوه و مضر على صحة الإنسان و مختلف متطلباته.

في هذا العمل، يقترح إعادة تثمين النفايات البلاستيكية و استغلالها في صنع لوحات (ركيزة) بلاستيكية كمادة لتكسية الطرقات الغير معبدة و تطويرها، كحل تقني و اقتصادي و يعتبر جزء من التنمية المستدامة.

# Sommaire

Dédicace : .....	I
Remerciement : .....	II
Résumé : .....	III
Sommaire : .....	V
Liste de figure : .....	VIII
Liste de tableaux : .....	IX
Introduction générale : .....	1

## Chapiter I Généralité sur les routes rurales et sahariennes

I.1 INTRODUCTION : .....	2
I.2 Définition des routes : .....	2
I.3 Historiques des routes : .....	2
I.4 Le réseau routier algérien : .....	3
4.1 Type des routes en Algérie : .....	4
I.5 Le réseau routier non revêtu : .....	4
5.1 La piste naturelle : .....	4
5.2 La route en terre : .....	5
5.3 La route élaborée non revêtue : .....	6
I.6 Les Pistes Sahariennes : .....	7
6.1 Classification des Pistes Sahariennes : .....	7
I.7 Les dégradations des chaussées non revêtues : .....	9
7.1 Les dégradations structurales : .....	9
7.2 Drainage et assainissement : .....	14
I.8 Conclusion : .....	16

## Chapitre II RECYCLAGE DE PLASTIQUE

II.1 Introduction : .....	17
II.2 Définition des plastiques : .....	17
II.3 Historique du plastique : .....	18
II.4 Différent type de plastique : .....	21
II.5 Indentification des plastiques : .....	22
II.6 Les avantages et inconvénients des plastique : .....	23

6.1	Les Avantages :	23
6.2	Les inconvénients :	23
II.7	Déchets de plastiques :	23
7.1	Déchets plastiques industriels :	23
7.2	Déchets plastiques de post-consommation :	23
II.8	Les différentes stratégies de gestion des déchets (les 3R) :	24
II.9	Le recyclage des déchets des plastiques :	25
II.10	Le processus de collecte et de tri :	25
10.1	Le collecte :	25
10.2	Le tri :	25
II.11	Etapes du recyclage des déchets plastiques :	26
11.1	Le broyage, lavage et séchage :	26
11.2	La fonte et le filtrage :	26
11.3	La granulation :	26
II.12	Différentes méthodes de recyclage :	27
12.1	Recyclage primaire :	27
12.2	Recyclage mécanique (secondaire) :	27
12.3	Recyclage thermique / incinération :	27
12.4	Recyclage chimique :	27
II.13	Avantages et limites du recyclage des plastiques :	28
13.1	Avantages du recyclage :	28
13.2	Les limites de recyclage :	28
II.14	Le recyclage de plastique dans le domaine routier :	29
II.15	L'utilisations des plastiques recyclés dans les routes :	30
15.1	Le procédé par voie humide :	30
15.2	Le procédé par voie sèche :	30
15.3	Les routes de VolkerWessels :	30
II.16	Conclusion :	32

### Chapitre III: La solution proposé

III.1	Introduction :	33
III.2	La solution proposée :	34
2.1	Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(0°) :	39
2.2	Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(180°) :	41
2.3	Panneau pour Revêtement des accès aux plages type GC 85 ou GC 65 :	43
2.4	Panneau pour Revêtement de Sol type -GC 65- (Cas du plancher courant) :	45

2.5	Panneau pour Revêtement de Sol type -GC 65- (Cas du plancher terrasse) :	46
2.6	Panneau pour Revêtement murale type GC 35-6 .....	47
III.3	Conclusion .....	49
<b>Chapitre IV: Conception et fabrication du prototype</b>		
IV.1	Introduction .....	50
IV.2	Conception et fabrication du prototype.....	50
2.1	La phase de Conception.....	50
2.2	Définition de la CAO .....	50
IV.3	Définition du SOLIDWORKS.....	51
IV.4	La phase de fabrication.....	53
IV.5	Conclusion .....	56
Conclusion Générale :		57



# Liste de figure

## Chapitre I Généralité sur les routes rurales et sahariennes

Figure I.1 Réseau routier algérien .....	3
Figure I.2: Piste naturelle .....	5
Figure I.3: La route en terre.....	6
Figure I.4: La route élaborée non revêtue.....	6
Figure I.5 : Les pistes naturelles sahariennes .....	7
Figure I.6:Piste améliorées .....	8
Figure I.7:: Piste élaborées .....	9
Figure I.8: Ornières.....	10
Figure I.9: Tôle ondulée.....	11
Figure I.10: Affaissement.....	12
Figure I.11: Ravinement .....	13
Figure I.12: Nids de poule.....	14
Figure I.13: Têtes de chat .....	15

## Chapitre II RECYCLAGE DE PLASTIQUE

Figure II.1: Fabrication de Plastique .....	18
Figure II.2: les types de matières plastiques .....	21
Figure II.3: les divers matériaux plastiques avec leurs abréviations et leurs numérotations. ....	22
Figure II.4: Les étapes de recyclage de plastique .....	26
Figure II.5: Prototype de la route "VolkerWessels" .....	31

## Chapitre III: La solution proposé

Figure III.1: Le brevet d'invention .....	33
Figure III.2 : vue en 3D.....	34
Figure III.3 : vue en le système et d'emboîtent.....	35
Figure III.4 : Vue en 3D du six unités assemblées .....	36
Figure III.5 : vue sur les six unités du panneau polyvalent.....	37
Figure III.6 : vue sur l'unité en 3D .....	38
Figure III.7 : vue en plan .....	38
Figure III.12 : Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(0°) .....	40
Figure III.11 :Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(180°).....	42
Figure III.10 : Panneau pour Revêtement des accès aux plages type -GC 85- ou GC 65	44
Figure III.8 : Coupe sur Panneau pour Revêtement de Sol type GC 65 .....	45
Figure III.9 : Coupe sur Panneau pour Revêtement de Sol type GC 65 .....	46
Figure III.13 : Panneau pour Revêtement murale type GC 35 .....	48

## Chapitre IV: Conception et fabrication du prototype

Figure IV.1: Organigramme de la réalisation de prototype .....	53
--	----

# Liste des tableaux

## Chapitre I Généralité sur les routes rurales et sahariennes

Tableau I.1: Type des routes en Algérie.....	4
--	---

## Chapitre II RECYCLAGE DE PLASTIQUE

Tableau II-1: l'invention de divers types de plastiques.....	19
Tableau II-2: les divers matériaux plastiques avec leurs abréviations et leurs numérotations. ....	22

## Chapitre IV: Conception et fabrication du prototype

Tableau IV.1: Nomenclature de noter proposition .....	51
Tableau IV.2 : Modélisation de prototype (SILIDWORKS) .....	52
Tableau IV.3: Les étapes de la fabrication de prototype.....	54

# Introduction Générale

Les routes non revêtues, couramment utilisées dans les régions rurales et isolées, sont sujettes à de nombreuses pathologies et dégradations causées par des facteurs naturels. Les intempéries, telles que la pluie, la neige et les tempêtes de sable, peuvent éroder et détériorer rapidement ces surfaces, créant des nids-de-poule, des ornières et des affaissements. De plus, les variations de température et les cycles de gel-dégel contribuent également à la fragilisation de la structure des routes non revêtues. Ces dégradations entraînent non seulement des coûts élevés de maintenance et de réparation, mais aussi des risques accrus pour la sécurité des usagers. Parallèlement, le problème des déchets plastiques est devenu une crise environnementale majeure. Chaque année, des millions de tonnes de plastique sont produites, utilisées et finalement jetées, souvent sans une gestion adéquate des déchets. Ces plastiques, qui peuvent prendre des centaines d'années à se décomposer, polluent les sols, les cours d'eau et les océans, affectant gravement la faune et la flore. La gestion inefficace des déchets plastiques conduit à des accumulations massives dans les décharges et les milieux naturels, posant des défis significatifs pour la durabilité environnementale. Face à ces défis, l'intégration de matériaux recyclés, notamment les plastiques, dans la construction et la réhabilitation des infrastructures routières offre une solution innovante. En utilisant des déchets plastiques pour produire des panneaux polyvalents et durables, il est possible de non seulement améliorer la résilience des routes non revêtues contre les dégradations naturelles, mais aussi de réduire l'empreinte écologique des déchets plastiques. Cette approche multifonctionnelle présente un double avantage en contribuant à la durabilité des infrastructures tout en participant activement à la protection de l'environnement.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

- Le premier chapitre : Généralité sur les routes non revêtues rurales et sahariennes.
- Le deuxième chapitre aborde les généralités sur le plastique recyclé et leur utilisation dans le domaine routier.
- Le troisième chapitre présente : la solution proposée (le produits).
- Le quatrième chapitre : la conception et fabrication de prototype.

**Chapiter I**

**Généralité sur les routes  
non revêtues rurales et  
sahariennes**

## **I.1 INTRODUCTION :**

Le développement du monde rural est étroitement lié à la disponibilité des pistes rurales de dessertes et des moyens de transport efficaces. Longtemps considérées comme des voies de liaison indispensables pour l'évacuation des produits agricoles vers les centres urbains de consommation, les routes en zones rurales sont perçues de plus en plus comme des voies d'accès aux services sociaux de base pour les populations. [1]

### Définition des routes :

Une route est une voie de communication terrestre aménagée pour permettre la circulation de moyens de transport (véhicules à roues) et des piétons. Le mot route désigne l'ensemble des infrastructures routières ouvertes à la circulation. [2]

## **I.2 Historiques des routes :**

L'histoire des routes et des rues, et plus particulièrement celle de la technologie des revêtements, c'est-à-dire de la partie où circule le trafic, peut être divisée en au moins quatre périodes distinctes. L'expérience crétoise (de l'île de Crète) s'inscrit dans la période la plus ancienne, archaïque, aux côtés des expériences assyrienne et babylonienne. La période suivante, connue sous le nom d'antique et historiquement assimilée à l'existence de l'empire romain, est le résultat de la synthèse des connaissances antérieures. Cependant, en raison de l'évolution des routes, [3] à un niveau inconnu auparavant, et de leur rôle et de leur importance pour l'empire romain, ainsi que de l'importance des rues dans les villes toujours en expansion, les techniques routières ont également connu pendant cette période un développement considérable. La troisième période, de la fin du XVIIe siècle à la fin du XIXe siècle, est une période moderne où sont nées les fondements scientifiques des techniques routières. La plus récente, celle de nos temps modernes, est dominée par l'utilisation de techniques basées sur un seul matériau, un liant hydrocarboné, produit dérivé du pétrole, cette domination s'accroissant notamment dans les années cinquante du XXe siècle, mais cette période moderne est aussi marquée par des recherches de nouvelles techniques routières. Ces recherches ont été initiées principalement par la crise pétrolière des années soixante-dix du XXe siècle. Elles continuent aujourd'hui en réponse aux nouveaux besoins liés aux nouvelles conceptions de circulation dans des zones spécifiques des villes (zones à circulation limitée, zones piétonnières), ainsi qu'aux nouvelles approches de réhabilitation des villes, et ces dernières années, suite à l'idée d'un développement équilibré des métropoles. [4]

### I.3 Le réseau routier algérien :

Aujourd'hui, le réseau routier en Algérie a dépassé les 108 000 km, dont 75% sont couverts. Sa valeur économique est estimée à environ 25 milliards de dollars américains. Il demeure l'infrastructure de transport préférentielle par Excellence, car elle assure près de 90% des déplacements des personnes et des convois. Avec une proportion de 30% de véhicules lourds. Les échanges Est-Ouest caractérisent ce réseau, qui est composé d'un réseau principal de 22 000 km et d'un réseau économique de base de 12 000 km. La majorité des routes en Algérie ont une largeur supérieure ou égale à 7 mètres et sont entièrement construites en structure souple. [5]

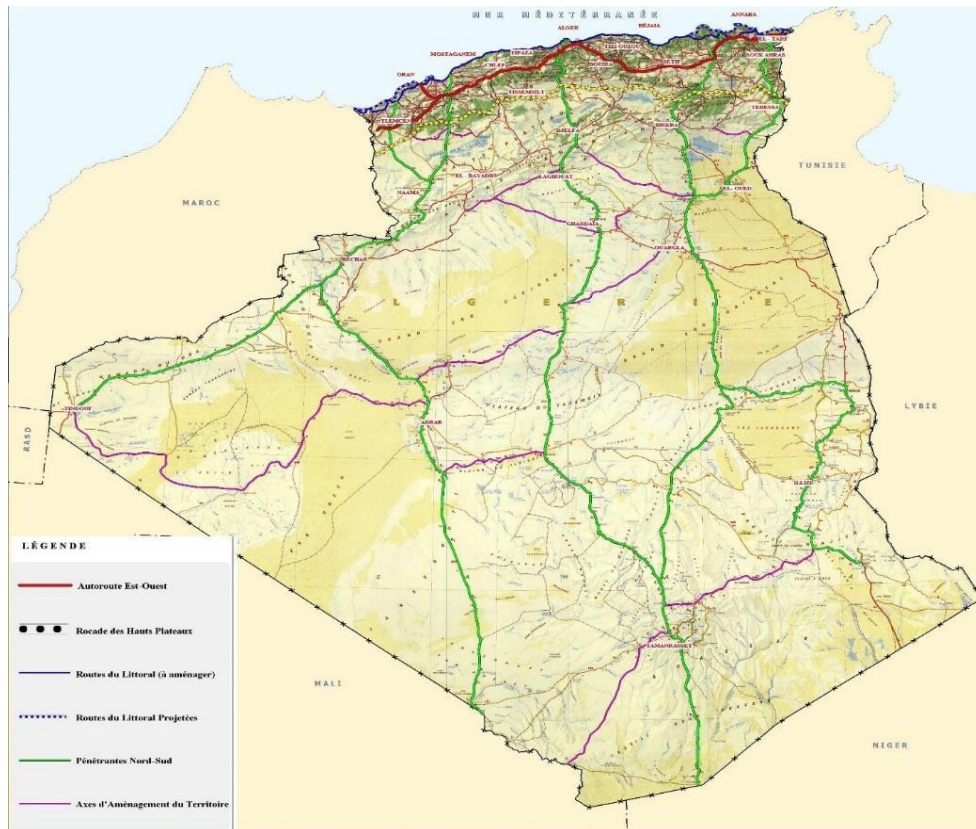


Figure I.1 Réseau routier algérien

#### 4.1 Type des routes en Algérie :

Le tableau suivant présente les types des routes en Algérie et la distance estimée pour chaque type :

*Tableau I.1: Type des routes en Algérie*

Type de route	Revêtu	Piste	Total	Taux
Route Nationale (RN)	24 436	3720	28 156	26%
Chemin wilaya (CW)	21 439	2367	23806	21.98%
Chemin communaux (CC)	32 008	24 332	56 340	52.02%
Total	77 883	30 419	108 302	/

#### 1.4 Le réseau routier non revêtu :

« Route non revêtue » est un terme pratique pour différencier les routes non revêtues de celles qui le sont, mais il est trop vague ou trop large pour définir un type de route spécifique, [6] un niveau de service ou un niveau d'entretien. « Route non revêtue », c'est aussi bien la piste naturelle à peine carrossable que la véritable route à une vitesse de base aussi élevée que sur les routes revêtues, [7] en passant par différents stades où l'entretien ou les différents aménagements jouent un rôle dans la maîtrise des conditions de circulation. La "viabilité" de la route est définie comme les conditions de circulation de la route, et nous distinguerons trois niveaux dans la hiérarchie des routes non équipées de revêtement :

##### 5.1 La piste naturelle :

La piste naturelle est une route non traitée qui suit le tracé le moins mauvais créé par les véhicules précédents. Elle dépend entièrement des conditions naturelles du site. Bien qu'elle rende service, ses limites sont claires : l'absence de chaussée et d'aménagements tels que des fossés rendent la circulation et le temps de parcours imprévisibles. [8]





*Figure I.2: Piste naturelle*

### **5.2 La route en terre :**

La route en terre est améliorée pour éviter de dépendre entièrement des conditions naturelles. Elle est tracée et certains points difficiles sont traités avec des travaux d'assainissement. Cependant, il n'y a pas de chaussée, sauf peut-être à certains endroits infranchissables où elle prend le nom de route en terre. Sur ce type de route, la circulation est généralement temporaire, liée à l'agriculture et aux récoltes, donc saisonnière. Il est préférable d'utiliser des véhicules tous terrains. L'aspect peut être similaire pour l'utilisateur, mais l'absence d'entretien peut être dangereuse. [7]



*Figure I.3: La route en terre*

### 5.3 La route élaborée non revêtue :

Plusieurs noms ont été attribués à ce type de route élaborée non revêtue. Elle pourrait être désignée en français comme « la route en matériaux choisis ».

L'objectif est d'assurer une circulation régulière dans de bonnes conditions, accessible tous les jours aux véhicules ordinaires, sauf en cas d'inondations qui peuvent être gérées par des passages submersibles. [7]



*Figure I.4: La route élaborée non revêtue*

### 1.5 Les Pistes Sahariennes :

Il est bénéfique de souligner, notamment, les pistes Sahariennes du Grand Sud Algérien. En effet, elles se caractérisent par leur longueur très élevée (de 293 km à 1148 km) et qu'elles jouent un rôle essentiel dans le développement et la communication de ces régions désertiques. [9]

#### 6.1 Classification des Pistes Sahariennes :

Trois types de pistes sont présents au sud :

##### a Les Pistes Naturelles :

La portance du sol permet de rouler de manière à ce que la circulation se déroule directement sur le terrain naturel, sans aucune intervention préalable, à l'exception du balisage, afin d'éviter aux usagers de se perdre. [9]



*Figure I.5 : Les pistes naturelles sahariennes*

***b • Les Pistes Améliorées :***

Il est important de traiter spécifiquement les pistes naturelles ou certaines sections difficiles (sections à faible portance, affleurements rocheux, traversées de lit d'oueds). [9]



*Figure I.6:Piste améliorées*



*c • Les Pistes Elaborées :*

Il s'agit de pistes complètement aménagées, avec une couche de roulement en matériaux choisis sur toute leur largeur. [9]



*Figure I.7.: Piste élaborées*

## **I.6 Les dégradations des chaussées non revêtues :**

Le trafic provoque trois types de détérioration des routes non revêtues :

### **7.1 Les dégradations structurales :**

#### *a Les ornières :*

Ce sont des affaissements localisés se produisant sous le passage des véhicules, qu'ils soient accompagnés ou non de bourrelets, et peuvent avoir un impact complet sur la couche de roulement sur de longues distances. [10]



*Figure I.8: Ornières*

**Causes probables :**

- La chaussée est sous-dimensionnée,
- Les matériaux sont perdus sous les traces des roues.
- Il n'y a pas ou l'absence de drainage,
- Le compactage n'est pas adéquat, l'humidité est élevée dans les couches inférieures de la chaussée,

***b La tôle ondulée :***

Cette maladie est l'une des plus courantes sur les routes en terre, en particulier lorsqu'elles sont en latérites. L'organisation des matériaux libres de la chaussée en bandes perpendiculaires à l'axe de la route a un impact sur toute la largeur de la plateforme et même sur ses parties les moins fréquentées.

La surface de la route est ondulée et les ondes sont très régulières en termes d'espacement et d'ampleur, qui sont d'ailleurs influencées par le matériau de surface et l'intensité de la circulation. [11]



*Figure I.9: Tôle ondulée*

**Causes probables :**

- La couche de roulement présente un manque de stabilité : pendant la saison sèche, les éléments fins se détachent et laissent place à un squelette qui manque de cohésion. En période de pluie, les matériaux fins acquièrent une plasticité excessive qui peut être préjudiciable à la stabilité de la chaussée ;
- Lorsque la charge maximale à l'essieu est dépassée (allant de 9 à 13 tonnes), cela entraînera une augmentation de la pression des pneus, ce qui entraînera une surexploitation de la couche de roulement au-delà des limites de son dimensionnement, ce qui entraînera l'apparition de certaines dégradations, notamment la formation de tôle ondulée.
- La vitesse de circulation des véhicules et le niveau de trafic ont un impact sur la vitesse de formation et l'amplitude de la tôle ondulée. En dépassant un certain seuil de débit quotidien, la route en terre ne peut plus supporter le trafic. Il est nécessaire d'effectuer le bitumage de la route.

*c L'affaissement :*

Il s'agit d'un effondrement ou d'une dépression plus prononcée, généralement localisée, qui se produit à la surface de la chaussée. [12]



*Figure I.10: Affaissement*

**Causes probables :**

- Un manque de stabilité au niveau du sol de support,
- Tassement de restructuration,
- Un manque de drainage dans les bas-fonds.

*d Les ravinements :*

Il s'agit de l'érosion longitudinale (ravine longitudinale) ou transversale (ravine transversale) de la chaussée due à un écoulement qui se produit sur celle-ci indépendamment de son intégration dans le réseau d'assainissement. Les niveaux d'érosion varient en fonction des quantités d'eau en jeu et de la vitesse de l'écoulement de l'eau [13]



*Figure I.11: Ravinement*

**Causes probables :**

- Les eaux de ruissellement entraînent une érosion de la surface de roulement.
- Les pentes longues et/ou trop élevées permettent à l'eau d'atteindre la vitesse d'érosion maximale.
- Matériaux incohérents, donc susceptibles d'être érodés ;
- L'assainissement est défectueux : les fossés sont trop petits, les exutoires sont absents ou trop rares ;
- La mauvaise maintenance des accotements provoque une augmentation du niveau des accotements en raison de l'accumulation de terres et de débris végétaux, ce qui entraîne une évacuation de l'eau sur la chaussée où elle s'écoule.

**e Les nids de poule :**

Il s'agit de cavités arrondies à bords plus ou moins aplatis à la surface de la couche de roulement. Leur particularité réside dans l'éjection de quantités importantes de matériaux de la couche de roulement et leur tendance à s'agrandir rapidement et à se propager en chapelets en général. [14]





*Figure I.12: Nids de poule*

**Causes probables :**

- Les ruptures localisées de matériaux (cailloux) sont donc le point de départ de la formation de nids de poule ;
- Des problèmes de drainage et d'assainissement.
- Anomalies et déformation du matériau de surface ;
- Le sol de la plateforme est de mauvaise qualité ;

*f Le faïençage :*

C'est un réseau de fissures irrégulières qui créent des mailles de dimensions différentes. [15]

**Causes probables :**

- Une couche de roulement trop argileuse ou trop plastique doit être déshydratée et retirée.

**7.2 Drainage et assainissement :**

*a Les têtes de chat :*

Le phénomène de la tête de chat se manifeste par l'apparition de points durs (cailloux) en relief sur le sol. [15]



*Figure I.13: Têtes de chat*

**Causes probables :**

- Mauvaise granulométrie ou hétérogénéité des matériaux de la couche de roulement, usure causée par le trafic et affleurement rocheux.

*b L'ensablement des fossés latéraux :*

La présence de matériaux transportés par l'eau dans les fossés entraîne une diminution de la section utile du fossé. [16]

**Causes probables :**

Deux conditions sont nécessaires pour que le comblement se produise :

- Une érosion en amont qui permet à l'eau de se charger du sol en suspension ;
- Une vitesse insuffisante en aval qui empêche l'eau de transporter sa charge solide (pente trop faible, fossé envahi par la végétation).

*c L'érosion des fossés latéraux :*

Les bords et le fond des fossés se sont érodés en raison des eaux drainées sur la chaussée, les banquettes, les talus ou les versants environnants. [16]

**Causes probables :**

L'érosion des fossés se produit sur des pentes dont l'inclinaison et la longueur permettent à l'eau de dépasser la vitesse critique d'érosion. La vitesse d'érosion du sol dans lequel la tranchée est creusée. Les facteurs suivants jouent un rôle dans ce phénomène :

- La gravité de l'événement défavorable ;
- La largeur des alluvions qui alimentent la tranchée ;
- La pente de la tranchée
- La longueur de l'écoulement.

*d Usure de la couche de roulement :*

C'est une perte des matériaux de couche de roulement.

**Causes probables :**

- Densité et composition du trafic ;
- Exacerbation des pertes dues aux précipitations ;
- Fortes pentes longitudinales et transversales ;
- Drainage insuffisant ;
- Les matériaux se dessèchent pendant les périodes de sécheresse.

**I.7 Conclusion :**

Enfin, ce chapitre nous a permis de montrer l'importance du réseau routier algérien qui est l'un des plus grands réseaux routiers d'Afrique, puis nous avons présenté les types de routes rurales et désertiques, ensuite nous sommes passés aux différents facteurs et familles de dégradation qui affectent les chaussées non revêtues et causent leur détérioration. Malheureusement, la majorité de ces routes en Algérie se dégradent comme nous l'avons vu dans les statistiques précédentes. Il est donc très important de penser à des solutions économiques et durables pour minimiser ou même éliminer leurs différentes maladies. Pourquoi ne pas utiliser les produits recycle qui nous offrent ces solutions ?

**Chapitre II**  
**RECYCLAGE DE**  
**PLASTIQUE**

## **II.1 Introduction :**

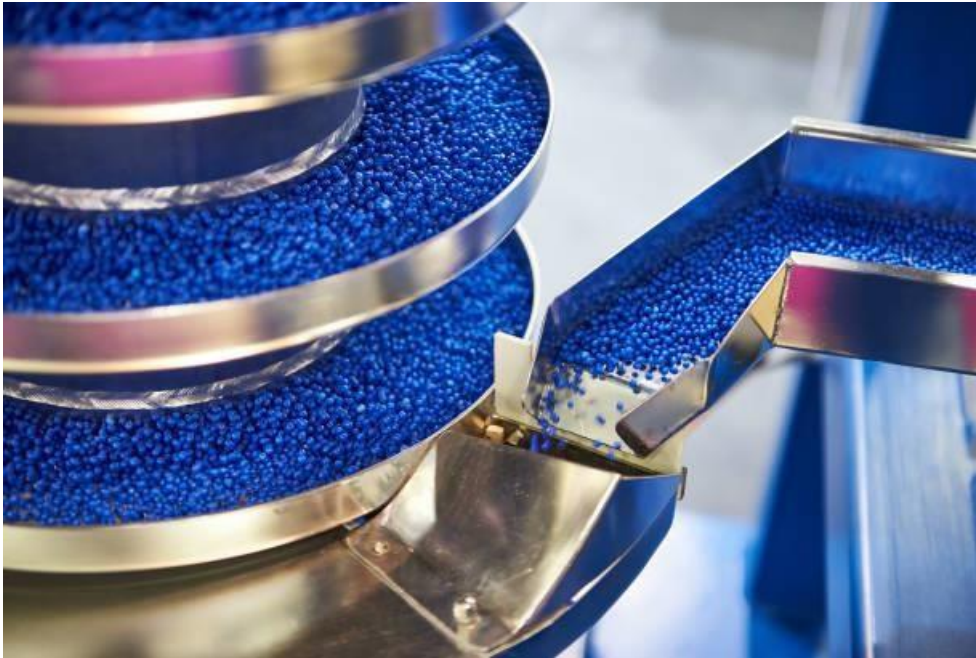
Le plastique est un produit de l'industrie pétrochimique qui constitue aujourd'hui la plupart des biens matériels de notre environnement. Il est au cœur de la vie quotidienne dans les foyers du monde entier. Son faible coût, sa polyvalence, sa légèreté et sa résistance ont entraîné une augmentation massive de sa consommation.

Cette surconsommation rend de plus en plus difficile le traitement des énormes quantités de déchets plastiques générés. La production mondiale annuelle de déchets plastiques est estimée à 2,01 milliards de tonnes par an, mais seulement 9 % de ces déchets plastiques sont recyclés [17], et le reste finit dans l'environnement terrestre et marin, avec des conséquences alarmantes. C'est pourquoi il est essentiel de repenser la façon dont les plastiques sont fabriqués, utilisés et gérés.

Dans ce chapitre nous allons voir des définitions sur les plastiques et leurs déchets qui sont importants pour cette recherche.

## **II.2 Définition des plastiques :**

Les plastiques sont des matières synthétiques, souvent constituées de longues chaînes d'hydrocarbonés avec un poids moléculaire élevé : appelés les polymères. Les plastiques sont produits à partir de matières premières (monomères) obtenues dans l'industrie pétrochimique à partir de combustibles fossiles (pétrole et produits gazeux apparentés) ; seule une petite partie des plastiques est également produite à partir de matières premières organiques (végétales). [13]



*Figure II.1: Fabrication de Plastique*

### **II.3 Historique du plastique :**

L'invention de ce matériau débute en 1838 lorsque Henri Regnault [14] procède à la synthèse accidentelle du chlorure de polyvinyle (PVC). Toutefois, le succès ne se fait pas immédiatement et la découverte n'a pas de suite. Le chimiste américain Charles Goodyear et le chimiste britannique Thomas Hancock [14] développent un an plus tard (1839) la vulcanisation du caoutchouc à l'aide de soufre afin de le rendre plus résistant.

En 1860, Alexander [14] a développé le parkésine pour le rendre plus résistant, un matériau qui peut être solide, liquide, rigide et imperméable, opaque, qu'il a exposé à l'Exposition internationale de Londres en 1862.

Le celluloïd, qui est considéré comme la première matière plastique artificielle, a été développé par les frères Hyatt [14] lors d'un concours organisé quelques années auparavant par la société Phelan & Collender en 1869. Effectivement, l'ivoire d'éléphant importé par la société pour la fabrication des boules de billard est bloqué par la guerre de Sécession. Elle offre donc un prix de 10 000 dollars à celui qui découvrirait un matériau capable de remplacer l'ivoire. En 1872, le chimiste allemand Eugen Baumann [14] réalisa que le chlorure de vinyle pouvait être polymérisé par erreur. Il laissa une bouteille exposée au soleil et c'est ainsi qu'un composé solide de couleur blanche se forma. En 1889, Jean-Jacques Trillat obtient la galalithe par durcissement de la caséine (protéine du lait).

En 1890, les chercheurs britanniques Cross et Bewandécouvrent [14] une substance extrêmement filable et très sirupeuse qu'ils nommèrent Viscose. Différents autres matériaux sont créés en utilisant des matériaux naturels tels que la cellulose et la galalithe. Cependant, la grande avancée - probablement le début de l'ère des plastiques modernes - a eu lieu en 1909, lorsque l'américain d'origine belge Leo Baekeland a inventé la bakélite, un nom commercial pour la résine synthétique à base de phénols et de formaldéhyde [14]. Il s'agissait du premier plastique à être considéré comme étant entièrement synthétique - le premier à être fabriqué non pas à partir de plantes ou d'animaux, mais de combustibles fossiles. Depuis sa création, il a remplacé de nombreux matériaux tels que la porcelaine ou le celluloid, en raison de ses propriétés surprenantes. Cela marque le début de l'industrie des plastiques qui se développera au cours du XXe siècle. Dans un premier temps, nous abordons la création de la cellophane par l'ingénieur chimiste suisse Jacques Edwin Brandenberger [14]. Ensuite, les découvertes ont été successives, le tableau ci-dessous expose en détail l'invention de divers types de plastiques et offre une brève chronologie de l'évolution des plastiques :

*Tableau II-1: l'invention de divers types de plastiques et offre une brève chronologie de l'évolution des plastiques [14]*

INVENTION	DATE	HISTORIQUE
Caoutchouc	1736	Caoutchouc naturel découvert par le français Charles Marie en mission au Pérou.
Nitrate de cellulose	1833	Première application industrielle de poudre de coton par l'allemand Schonbein
Vulcanisation	1839	Stabilisation des propriétés du caoutchouc le rendant utilisable par l'américain Goodyear
Gutta-Percha	1843	Inventé par William Montgomerie.
Caoutchoucs artificiels	1860	Isolation de l'isoprène par l'anglais Williams
Acétate de cellulose	1869	Les frères HYATT fabriquent des boules de billard en mélangeant à chaud un plastifiant le compbre et une substance végétale la nitrocellulose



Bakélite	1907	Premier véritable phénol-formaldéhyde en plastique ,Inventé par Leo Hendrik Baekeland
La cellophane	1908	Premier matériau souple et parfaitement transparent Inventé par Jacques E. Brandenberger.
PVC	1913	Polymérisation du chlorure de vinyle par l'allemand Klatt.
Polymères	1922	Mise en évidence de la structure particulière des polymères par l'allemand H. Staudinger
Plexiglas	1924	Barker et Skinner obtiennent un verre organique le poly méthacrylate de méthyle connu sous le nom de plexiglas .
Polystyrène	1933	Mise au point par l'allemand Wuff.
Polyéthylène basse densité ou LDPE	1935	Inventé par Reginald Gibson et Eric Fawcett.
Polyamide (nylon, kevlar)	1935	Mise au point chez du pont de Nemours (USA) les premières fibres polyamides par W.Carothers
Polyuréthanes	1937	Inventés par Otto Bayer.
Téflon	1938	Le Tétrafluoréthylène (téflon) est découvert par R,J,Plunkett ingénieur chez Du Pont de Nemours
Polyesters	1938	Premiers polyesters thermodurcissables par Ellis
Polyéthylènes	1939	Premières gammes de polyéthylènes basse densité (PEBD) obtenues par Fawcett et Gobson suivit du polyéthylène Haute densité (PEHD) par l'allemand Karl Ziegler en 1953
Polyester insaturé (PET)	1942	également appelé PET – breveté par John Rex Whinfield et James Tennant Dickson
Polypropylène (PP)	1954	Polymérisation du propylène par l'italien Natta .
Polyuréthane thermoplastique (Estane)	1961	BF Goodrich).

Polyamide (Kevlar)	1965	léger et particulièrement résistant à la déchirure, aux chocs, au feu et à la corrosion ( StephanieK wolek et H.blades de Du Pont de Nemours)
PEba	1981	Nouvelle famille de matières synthétiques créée par Gérard Deleens, intermédiaire entre les élastomères (caoutchouc) et les plastiques
ABS(Acrylonitrile Butadiène Styrène )	1990	remplace peu à peu les « mélamineformol ». Très utilisé en habillage d'équipements électroménagers, jouets rigides, enjoliveurs, accessoires de salles de bains et dans l'industrie

### II.4 Différent type de plastique :

Selon leurs caractéristiques thermiques, physiques et mécaniques, les plastiques peuvent être divisés en trois groupes ou catégories, à savoir les thermoplastiques ou les plastomères, les thermodurcissables et les élastomères. La figure 2 montre également la grande diversité dans la nature ou les types de matières plastiques.

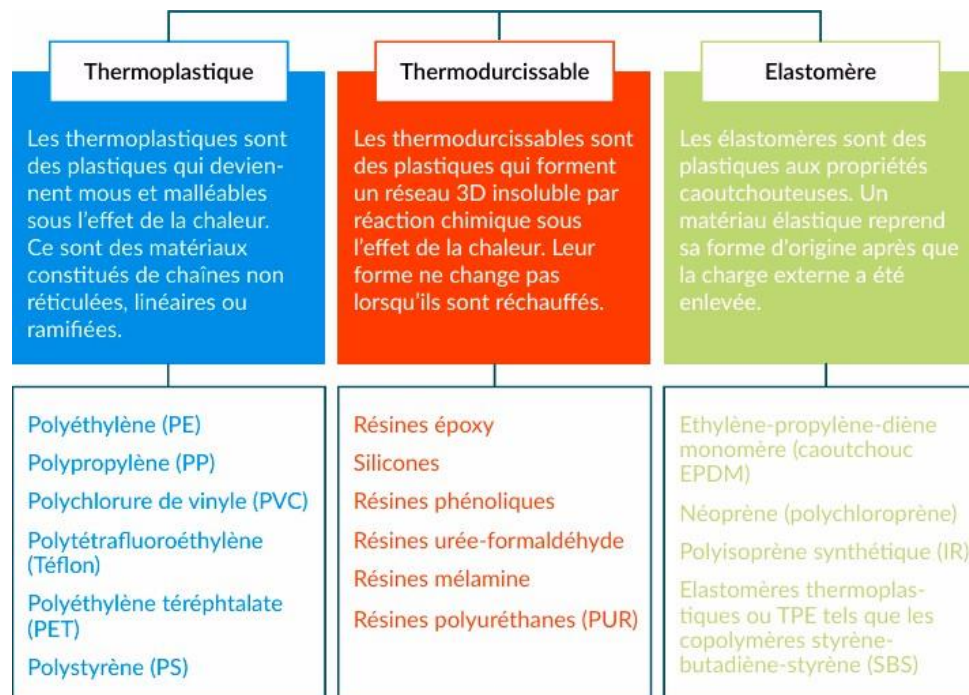


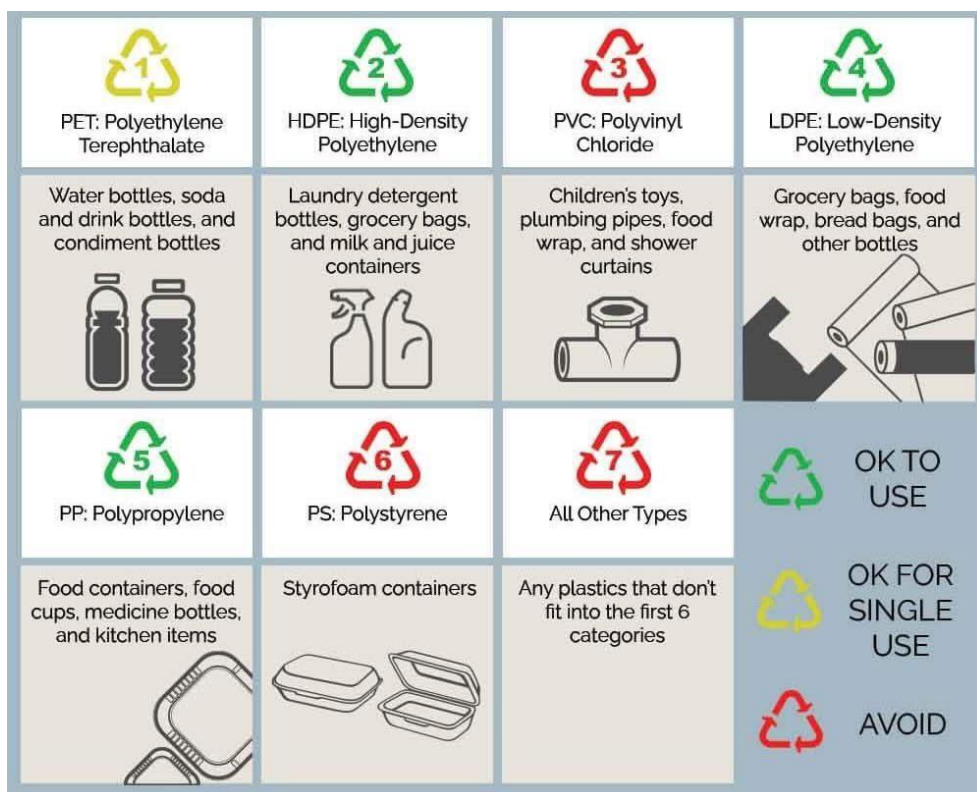
Figure II.2: les types de matières plastiques

## II.5 Identification des plastiques :

Le symbole des plastiques est constitué de trois flèches en triangle au centre desquelles se trouve un chiffre. La désignation abrégée du plastique est mentionnée ci-dessous. Le tableau ci-dessous présente les divers matériaux plastiques avec leurs abréviations et leurs numérotations. [18]

*Tableau II-2: les divers matériaux plastiques avec leurs abréviations et leurs numérotations.*

Matériaux	Abréviations	Numérotation
Polyéthylène téréphtalate	PET	1
Polyéthylène haute densité	HDPE ou PE-HD	2
Polychlorure de vinyle	PVC	3
Polyéthylène basse densité	LDPE ou PE-BD	4
Polypropylène	PP	5
Polystyrène	PS	6



*Figure II.3: les divers matériaux plastiques avec leurs abréviations et leurs numérotations.*

## II.6 Les avantages et inconvénients des plastique :

### 6.1 Les Avantages :

- Le plastique est peu coûteux.
- Très polyvalent et adaptable pour répondre à des besoins techniques spécifiques.
- Anisotropie des propriétés physico-chimiques.
- Plus léger que les matériaux concurrents.
- Moulage et façonnage faciles.
- Le plastique est un excellent isolant thermique.
- Le plastique est facile à nettoyer.
- Longévité et résistance.

### 6.2 Les inconvénients:

- Non-biodegradable.
- Produits chimiques dangereux.
- Impact négatif important sur l'environnement.

## II.7 Déchets de plastiques :

Les déchets plastiques sont des résidus issus des processus de production, de transformation et de consommation, ou des produits plastiques destinés à être éliminés. [19]

Il existe donc plusieurs types de déchets plastiques :

### 7.1 Déchets plastiques industriels :

Il s'agit des déchets générés par les industries de fabrication, de transformation et d'emballage à grande échelle. Ils sont généralement plus homogènes et moins polluants, ce qui les rend utiles pour la production de produits de haute qualité (déchets de production, déchets de transformation).

### 7.2 Déchets plastiques de post-consommation :

Comme son nom l'indique, il s'agit de tous les déchets générés par la consommation industrielle ou privée. Une distinction est faite entre :

- Les déchets agricoles ;
- Les déchets commerciaux ou de distribution ;

- Les déchets ménagers ;
- Les déchets des bâtiments et des travaux publics ;
- Les déchets des véhicules de transport.

### II.8 Les différentes stratégies de gestion des déchets (les 3R) :

Il existe un certain nombre de principes de gestion des déchets leur utilisation varie d'un pays ou d'une région à l'autre. Hiérarchie de stratégies (règle des trois : **Réduire** ; **Réutiliser** ; **Recycler**), classe les politiques de gestion des déchets en fonction de la priorité qu'il convient de leur accorder. [20]

**Réduire** : Réduire la production de déchets à la source, c'est-à-dire minimiser la quantité de déchets lors de la fabrication, de la distribution, de l'achat, de l'utilisation et de l'élimination d'un produit. Les méthodes de réduction à la source comprennent des changements dans les processus de fabrication, les matières premières utilisées et la composition des produits. [20]

**Réutiliser** : Elle consiste à prolonger la durée de vie d'un produit afin qu'il puisse être réutilisé pour le même usage. Par exemple, utiliser différents types d'emballages (bouteilles en plastique ou en verre, bouteilles en verre pour différentes boissons achetées) pour conserver l'eau au réfrigérateur. Bouteilles en verre pour différentes boissons achetées) pour conserver de l'eau au réfrigérateur. [21]

**Recycler** : La valorisation mécanique est une méthode qui permet de réduire l'impact des déchets sur l'environnement grâce à l'utilisation des ressources naturelles. Les matériaux contenus dans le flux de déchets sont transformés en matières premières pour une autre industrie. Les déchets les plus appropriés pour le recyclage sont les déchets non dangereux ou inertes provenant de l'industrie et des ménages. [22]

## II.9 Le recyclage des déchets des plastiques :

L'augmentation de la consommation de plastique s'accompagne d'une augmentation de la quantité de déchets plastiques qui se retrouvent dans l'environnement. Cela soulève un certain nombre de questions environnementales, car les plastiques usagés sont éliminés de différentes manières : Ils sont rejetés dans la nature, mis en décharge, incinérés, aux mieux recyclés, etc. La recherche travaille actuellement sur de nouveaux plastiques moins problématiques d'un point de vue environnemental : les "bioplastiques". Le recyclage, tant pour les déchets ménagers qu'industriels, est une pratique de plus en plus intensive que les pouvoirs publics cherchent à promouvoir. L'intérêt pour les entreprises de recycler leurs déchets de production est de réduire les coûts (coûts d'élimination, coût d'achat des matières premières, prix de revente des matériaux) tout en développant une image verte et en anticipant les évolutions législatives de plus en plus exigeantes dans ce domaine. [23]

## II.10 Le processus de collecte et de tri :

Les déchets plastiques produits par les entreprises, les ménages et les autorités publiques doivent d'abord être collectés et triés avant d'être recyclés.

### 10.1 Le collecte :

La collecte est le principal processus par lequel les matériaux recyclables sont détournés de la mise en décharge et transportés vers des installations de traitement ou de manutention. Les déchets non recyclables sont incinérés ou mis en décharge. Voici les méthodes de collecte utilisées pour les emballages ménagers en plastique et les autres déchets plastiques [24]:

Collecte volontaire à la livraison ;

Collecte sélective en porte-à-porte ;

Collecte des déchets encombrants.

### 10.2 Le tri :

Quelle que soit la source du plastique collecté, un tri préalable, un nettoyage et une purification peuvent être nécessaires pour assurer une récupération judicieuse.

## II.11 Etapes du recyclage des déchets plastiques :

### 11.1 Le broyage, lavage et séchage :

Une fois les déchets plastiques collectés et triés, ils sont coupés en flocons puis lavés à chaud. Les copeaux nettoyés doivent être complètement séchés. (Toute humidité résiduelle peut affecter la qualité du produit final).

### 11.2 La fonte et le filtrage :

Les flocons séchés passent dans une extrudeuse où la chaleur et la pression font fondre le plastique (chaque type de plastique a un point de fusion spécifique). Le plastique est ensuite filtré (cette étape permet d'éliminer les contaminants qui ont pu survivre au cycle de lavage).

### 11.3 La granulation :

La paille est refroidie puis découpée en granulés qui sont stockés en vue de leur vente et de leur expédition. Les granulés obtenus sont utilisés comme matière première pour de nouveaux produits et sont repris par des usines de transformation. Elles sont intégrées dans leur propre chaîne de transformation et sortent sous forme de matériaux prêts à l'emploi. [24]

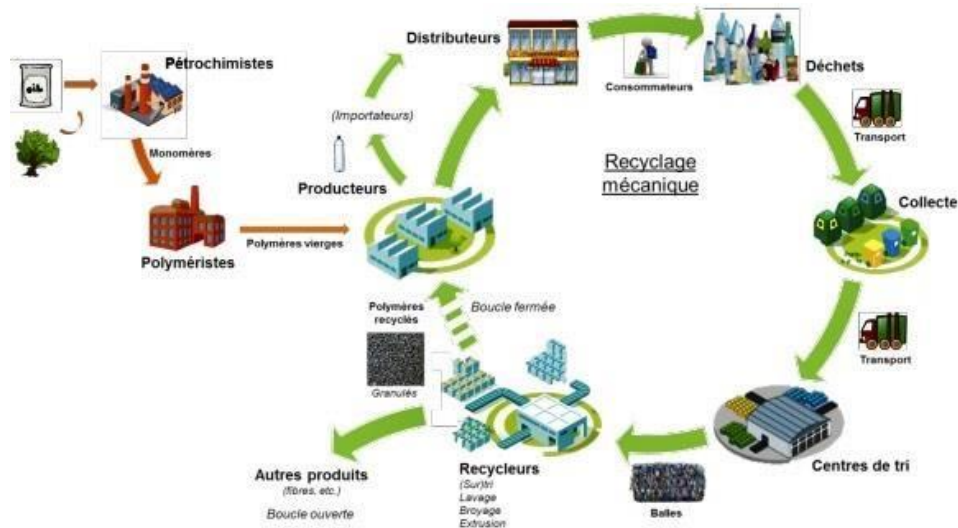


Figure II.4: Les étapes de recyclage de plastique

## II.12 Différentes méthodes de recyclage :

### 12.1 Recyclage primaire :

La ré-extrusion consiste à réintroduire les déchets plastiques dans le cycle d'extrusion pour fabriquer des produits similaires. [24]

### 12.2 Recyclage mécanique (secondaire) :

Le recyclage mécanique consiste à retraiter les plastiques usagés pour en faire de nouveaux produits similaires. Il s'agit d'un type de recyclage secondaire des plastiques où les déchets plastiques homogènes sont transformés en produits dont le niveau de performance est égal ou inférieur à celui du produit d'origine. Bien que le recyclage mécanique des déchets plastiques semble "vert" à première vue, le processus de retraitement n'est pas rentable car il nécessite des niveaux élevés d'énergie pour le nettoyage, le tri, le transport et le traitement. [24]

### 12.3 Recyclage thermique / incinération :

Il s'agit de la récupération d'énergie par l'incinération comme moyen efficace de réduire le volume de la matière organique. L'incinération est un processus destructif dans lequel les hydrocarbures sont transformés en produits de combustion. Cependant, la méfiance du public à l'égard de l'incinération dans la plupart des pays développés limite actuellement le potentiel des technologies de valorisation énergétique des déchets, car elles produisent des gaz à effet de serre et des polluants hautement toxiques. [25]

### 12.4 Recyclage chimique :

La valorisation des matières premières, également connue sous le nom de recyclage tertiaire, vise à convertir les polymères usagés en leurs monomères d'origine ou en d'autres produits chimiques de valeur. Ces produits sont utiles comme matières premières pour divers processus industriels en aval ou comme carburants pour les transports.

Il existe trois méthodes principales : L'oxydation partielle, le craquage (thermique, catalytique et hydrochimique) et la dépolymérisation (récupération des déchets plastiques en produits énergétiques de valeur).



## II.13 Avantages et limites du recyclage des plastiques :

Le recyclage du plastique présente plus d'avantages que d'inconvénients, comme le montrent plusieurs exemples :

### 13.1 Avantages du recyclage :

**Protection de l'environnement :** En triant vos déchets, vous jouez un rôle essentiel dans le processus de recyclage et participez activement au développement durable : Le recyclage consiste à utiliser des matières premières secondaires provenant des déchets, ce qui évite l'extraction et la transformation de matières premières naturelles polluantes et énergivores.

**Préservation des ressources :** Le recyclage rompt la chaîne figée des ressources qui se transforment en produits qui, à la fin de leur vie, se transforment en déchets qui doivent être jetés. Un cycle vertueux est ainsi créé en utilisant des matières premières dérivées de déchets au lieu de matières premières naturelles. Par exemple, une tonne de plastique permet d'économiser 800 kilogrammes de pétrole brut. A l'heure où les ressources pétrolières risquent de se raréfier à moyen terme, ce type d'économie est particulièrement important.

**Une question d'image :** Il est vrai que les entreprises qui respectent l'environnement sont mieux perçues. Le recyclage contribue donc à améliorer l'image de votre entreprise auprès de vos clients et du grand public.

**Soutenir l'économie locale :** Le recyclage stimule l'économie locale et contribue à la création d'emplois.

### 13.2 Les limites de recyclage :

La première limite est d'ordre politique : Elle est souvent utilisée par les entreprises qui vendent des produits à durée de vie limitée pour communiquer. Ils produisent des déchets, mais l'entreprise communique sur le fait qu'ils sont recyclables et, sous couvert d'environnement, les distribue largement. Au final, dans ce cas, le recyclage sert d'excuse et cache la seule volonté de produire plus, sans accorder l'importance nécessaire (et donc le budget) à la minimisation des déchets.

Le recyclage est coûteux et implique plusieurs types de coûts, notamment les coûts de transport et de traitement, qui sont généralement très élevés. [25]

Le processus de recyclage (broyage, lavage, séchage, extrusion et granulation) nécessite une consommation d'énergie. Cela se traduit par une dépréciation importante pour l'entreprise.

## II.14 Le recyclage de plastique dans le domaine routier :

Depuis des années, les conséquences néfastes du plastique sont bien connues et représentent un problème majeur. Toutefois, on a découvert une solution novatrice : les routes en plastique. Leur rôle? Résoudre à la fois deux problèmes : diminuer les déchets plastiques et produire des revêtements routiers de manière économique et perpétuelle.

Les routes en plastique sont fabriquées à partir de déchets plastiques recyclés afin de produire des matériaux de construction solides et durables. Cette méthode comporte plusieurs bénéfices importants. Dans un premier temps, cela contribue à réduire la quantité de plastique qui se retrouve dans les décharges et les océans, ce qui contribue à la lutte contre la pollution plastique. Par la suite, les routes en plastique ont une plus grande durabilité et demandent moins d'entretien que les routes traditionnelles en asphalte, ce qui permet de diminuer les dépenses à long terme.

En outre, ces voies sont plus résistantes aux changements de température et aux conditions météorologiques, ce qui les rend particulièrement adaptées aux climats extrêmes. En diminuant la fréquence des réparations, elles contribuent également à réduire les émissions de CO2 liées à la fabrication et au transport des matériaux de réparation.

Finalement, les routes en plastique constituent une alternative respectueuse de l'environnement et économique pour l'avenir de l'infrastructure routière. Non seulement elles facilitent le recyclage efficace des déchets plastiques, mais elles permettent également la construction de routes plus durables et moins coûteuses, ce qui répond à des défis environnementaux et économiques importants. [24]

## II.15 L'utilisations des plastiques recyclés dans les routes :

Il y'a quelques utilisations :

### 15.1 Le procédé par voie humide :

Déchet plastique solide avec le bitume. Le fabricant de « bitume modifié » effectue cette modification du bitume en utilisant des plastiques recyclés en usine. Il s'agit d'un mélange de déchets plastiques et de bitume, produit en usine par voie humide, qui peut être qualifié de bitume "prêt à l'emploi" modifié avec des déchets plastiques (appelé PlmB, bitume

modifié par des recyclages). Lorsqu'on utilise ces derniers pour produire un revêtement bitumineux à chaud, on parle alors de revêtement bitumineux à chaud modifié par des plastiques (appelé PlmBA). [22]

### 15.2 Le procédé par voie sèche :

Lorsque le revêtement bitumineux est fabriqué à chaud par voie sèche, le déchet plastique solide est directement ajouté au malaxeur de la centrale d'enrobage, en même temps que les autres éléments du mélange bitumineux (liant routier, granulats, sables, filler, etc.). Cette combinaison de déchets plastiques et de tous les autres éléments du revêtement bitumineux, fabriquée en centrale d'enrobage, sera appelée :

- Le PlcA est un mélange d'asphalte avec des déchets de plastique en tant que liant.
- Le PlgA est une combinaison d'asphalte avec l'ajout de déchets de plastique en tant que granulats.

### 15.3 Les routes de VolkerWessels :

Les routes en plastique recyclé auraient une durée de vie estimée à 50 ans, ce qui signifie qu'elles seraient moins corrodées et nécessiteraient un entretien réduit. Rotterdam souhaite mettre en place des routes en plastique recyclé. Créée par la société hollandaise de construction VolkerWessels, l'idée est respectueuse de l'environnement et économique : les routes en plastique auraient une durée de vie trois fois supérieure à celle des routes en bitume. Le projet contient un prototype qui été fabriqué et testé en laboratoire pour vérifier la sécurité du produit, en particulier lorsqu'il est humide ou glissant.

Pour l'instant le concept n'est qu'à l'état de papier, mais une série de tests réalisés dans un centre de Rotterdam devrait permettre la mise en place effective du projet dans sept ans (en 2017). Par une piste cyclable de 30 mètres de long constituée d'éléments préfabriqués creux permettant l'évacuation de l'eau et la pose de câbles et de tuyaux. [26]



*Figure II.5: Prototype de la route "VolkerWessels"*

## **II.16 Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a présenté un aperçu sur l'historique de l'utilisation du plastique ainsi que l'industrie de fabrication des matières plastiques. Il a été question également de présenter les différents types de plastiques et ses caractéristiques. On a abordé les différentes méthodes de recyclage du plastique et on a vu que cette matière se prête bien pour être recyclé dans le domaine routier.

# **Chapitre III:**

## **La solution proposé**

### III.1 Introduction :

Le présent chapitre présente une idée innovante développé dans le cadre du projet Startup. L'idée est

-----

brevet classique Brevet classique P/02/2023/001006 received at 22/06/2023 09:52:16 AM by hboualleg:hafsi  
 المعهد الوطني للبراءات الصناعية  
 INSTITUT NATIONAL ALGÉRIEN  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**in pi**  
 الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
 RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE  
 DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

R2-FO-03  
 E1

<b>Nature de la demande de protection *</b>			
Brevet d'invention <input checked="" type="checkbox"/>	Extension de la demande internationale selon le PCT <input type="checkbox"/>	Certificat d'addition <input type="checkbox"/>	

[71] - DEPOSANT(S) : *Nom, Prénom, [dénomination], et Adresse complète*  
 Laboratoire d'aménagements hydrauliques et environnement « LAHE », Faculté des Sciences et de la Technologie,  
 Université Mohamed Khider de Biskra, BP 145 RP 07000, Biskra, Algérie.

Nationalité du ou des déposants ALGERIENNE

[72] - INVENTEUR(S) : *Nom, Prénom, Adresse*  
 - ADAIKA Mofida, Université de Biskra, B.P. 145, 07000, Biskra, Algeria  
 - YAGOUB, Mohamed, Laboratoire d'aménagements hydrauliques et environnement « LAHE », Université Biskra, Algérie.  
 - CHARHABIL, Sonia, Hydraulique Souterraine et de Surface « LARHYSS », Université Biskra, Algérie.  
 - MASRI, Tahar, Laboratoire de Génie Energétique et Matériaux, LGEM, Université de Biskra, Algeria  
 - BENCHABANE, Adel, Laboratoire de Génie Energétique et Matériaux, LGEM, Université de Biskra, Algeria

[54] - TITRE DE L'INVENTION :  
 Regard de visite de forme hexagonale nervurée extensible verticalement à construction mixte

[30] - REVENDEICATION DE PRIORITE (S)			
[31] - N°[a] de dépôt	[32] - date[a] :	[33] - pays d'origine	Nature de la demande

Numéro de dépôt	Date de dépôt	Heure
231000	22 JUN 2023	09.52

N° de la demande internationale et date internationale de dépôt

Visa 
----------

Figure III.1: Le brevet d'invention

### **III.2 La solution proposée :**

Notre solution proposée est des panneaux de construction polyvalent est un élément de construction doté d'une surface généralement plane. La surface inférieure ou la surface supérieure horizontale repose habituellement sur une surface de support telle que des lits de sable ou d'autres matériaux

en plastique moulé est une méthode efficace pour réduire le besoin d'intervention sur site, tout en accélérant l'exécution des travaux, cela permet de gagner du

*Figure III.2 : vue en 3D*



Grâce à leur conception modulaire, ces panneaux offrent une grande flexibilité et peuvent être facilement installés et adaptés à différents types de terrains et de conditions environnementales, ce qui en fait un choix idéal pour des projets de construction variés et souvent complexes. Ces panneaux peuvent être assemblés pour créer diverses structures adaptées à une large

Lorsque les panneaux sont assemblés ensemble, les manchons mâles d'un panneau s'emboîtent dans les manchons femelles de l'autre panneau, et vice versa.



**Figure III.3 : vue en le système et d'emboîtent**

Le panneau est formé à partir de six unités de tailles et de formes différentes, par exemple de forme générale carrée assemblées ensemble pour composer un panneau. Une fois les unités ont été assemblés pour

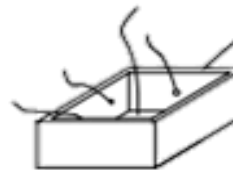
de construction polyvalent peut être configuré dans de nombreuses orientations différentes.



**Figure III.4 : Vue en 3D du six unités assemblées**

Notre proposition est une solution multi-usage, se présentant sous le nom de panneau polyvalent. Ce panneau est formé à partir de six unités de tailles et de formes différentes, principalement carrées,

base d'épaisseur de 2 cm, garantissant une surface plane et stable. Les parois latérales sont clairement définies par un contour d'épaisseur de 2 cm, marquant distinctement les limites de la forme et assurant une rigidité structurelle. Une fois que les unités sont assemblées pour former des panneaux, elles peuvent être fixées ensemble avec des attaches, comme des boulons (non illustrés), pour assurer une solidité et une stabilité accrues.



**Figure III.5 : vue sur les six unités du panneau polyvalent**

, fait du panneau polyvalent un choix optimal pour les professionnels cherchant à optimiser l'efficacité et la qualité dans leurs projets.

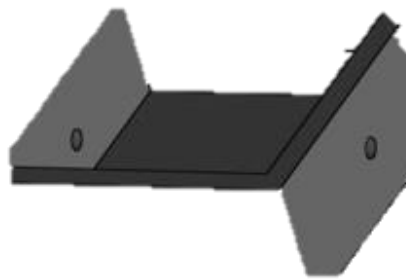


Figure III.6 : vue sur l'unité en 3D

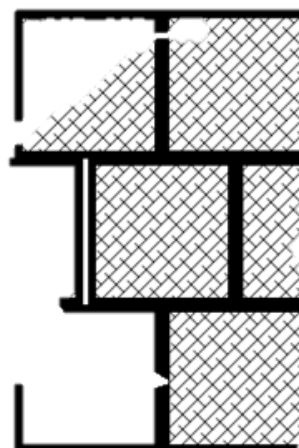


Figure III.7 : vue en plan

## 2.1 Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(0°) :

Le panneau GC 85+ (0°) pour revêtement des routes non revêtues est la solution idéale multi-usage et innovante pour améliorer la qualité et la durabilité des routes, tout en supportant une charge de trafic routier modérée. Sa conception robuste et résistante, combinée à la possibilité de remplir les parties creuses (parties supérieures) avec divers matériaux, permet de répondre aux exigences les plus strictes en matière de performance et de flexibilité. Ces panneaux GC 85+ (0°) offrent

particulièrement bénéfique pour les zones rurales où les infrastructures de transport traditionnelles peuvent être limitées. Les panneaux GC 85+ (0°) peuvent être posés sur des sols variés, des terrains accidentés aux sols meubles, offrant ainsi une solution polyvalente pour une

, où le trafic peut inclure des véhicules agricoles, des camions de livraison et des véhicules de service. En stabilisant la surface de la route, les panneaux réduisent l'usure et les besoins en entretien, prolongeant ainsi la durée de vie des infrastructures. Pour les accès industriels, les panneaux GC 85+ (0°) offrent une solution robuste capable de supporter le passage de véhicules lourds et d'équipements industriels. Leur résistance aux charges élevées et aux conditions d'exploitation rigoureuses garantit une performance fiable dans des environnements exigeants. De plus, la surface antidérapante des

x significatifs. Leur capacité à intégrer des matériaux recyclés dans le remplissage des parties creuses contribue à la réduction des déchets et à la promotion du développement durable. En outre, la facilité d'installation et de démontage des panneaux permet leur réutilisation dans différents projets, minimisant ainsi l'impact environnemental des travaux de construction et de maintenance.



**Figure III.8 : Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(0°)**

## 2.2 Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(180°) :

Le panneau type GC 85+(180°) pour revêtement des routes est une solution innovante conçue pour améliorer et faciliter le déplacement sur divers types de routes. Il est particulièrement adapté aux routes agricoles, aux routes sahariennes et aux accès aux plages. Ce panneau offre une résistance exceptionnelle aux conditions difficiles et un confort optimal pour les véhicules et équipements divers. Les panneaux polyvalents sont fabriqués à partir de matériaux de haute

ue durée de vie même dans les environnements les plus exigeants. Leur conception modulaire permet une installation rapide et adaptable à différentes configurations de terrain, ce qui est particulièrement avantageux pour les zones rurales et désertiques où les infrastructures traditionnelles peuvent être coûteuses et difficiles à mettre en place.

Sur les routes agricoles, ces panneaux permettent de créer des chemins stables et durables, facilitant le passage des tracteurs, des camions et des autres équipements agricoles lourds. Ils réduisent les risques d'enlisement et d'endommagement des véhicules, améliorant ainsi l'efficacité des opérations agricoles. De plus, leur surface antidérapante assure une meilleure adhérence, même en cas de pluie ou de boue, contribuant à la sécurité des travailleurs et des machines. Dans les environnements sahariens, les panneaux type GC 85+(180°) offrent une solution idéale pour les pistes de sable où les véhicules peuvent facilement s'embourber. Grâce à leur

. Pour les accès aux plages, ces panneaux sont conçus pour résister à la corrosion causée par le sel et l'humidité. Ils créent des chemins stables qui facilitent l'accès pour les véhicules de secours, les équipements de maintenance et les visiteurs. En permettant un drainage efficace de l'eau, ils préviennent la formation de flaques et de zones glissantes, améliorant ainsi la sécurité des usagers.

En outre, les panneaux type GC 85+ (180°) sont écologiques et économiques. Ils nécessitent peu d'entretien, ce qui réduit les coûts à long terme pour les collectivités et les gestionnaires de routes. Certains modèles peuvent être fabriqués à partir de matériaux

recyclés, contribuant ainsi à la réduction des déchets et à la promotion du développement durable.

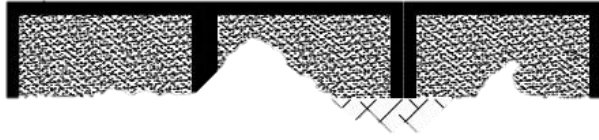


Figure III.9 :Panneau pour Revêtement des routes type GC 85+(180°)



### 2.3 Panneau pour Revêtement des accès aux plages type GC 85 ou GC 65 :

Le panneau type GC 85 ou GC 65 pour revêtement des accès aux plages est une solution innovante et durable conçue pour améliorer et sécuriser les chemins menant aux plages. Il permet un accès facile et confortable pour les piétons, les véhicules légers et les personnes à mobilité réduite, tout en résistant aux conditions spécifiques des environnements côtiers.

Ces panneaux sont fabriqués à partir de matériaux robustes et résistants à la corrosion, capables de supporter l'exposition constante au sel, au sable et à l'humidité. Grâce à leur conception modulaire, ils peuvent être installés rapidement et facilement, permettant de créer des chemins adaptés aux besoins

des usagers, réduisant le risque de chutes et d'accidents. Cette caractéristique est particulièrement importante dans les zones fréquentées par des familles avec enfants et des personnes âgées. De plus, les panneaux sont conçus pour permettre un drainage efficace de l'eau, évitant ainsi la formation de flaques et de zones glissantes.

Leur installation contribue également à la protection de l'écosystème côtier en limitant l'érosion des sols causée par le passage constant des visiteurs. En canalisant le flux des piétons et des véhicules légers sur des chemins définis, les panneaux aident à préserver la végétation et les dunes, qui jouent un rôle crucial dans la protection de la côte contre les tempêtes et les marées. Pour les gestionnaires de plages, l'utilisation de ces panneaux représente une solution économique et écologique. Ils nécessitent peu d'entretien et ont une longue durée de vie, ce qui réduit les coûts liés aux réparations et aux remplacements fréquents. De plus, certains modèles peuvent être fabriqués à partir de matériaux recyclés ou recyclables, contribuant ainsi à la réduction de l'empreinte carbone et à la promotion du développement durable.

Le panneau type GC 85 ou GC 65 pour revêtement des accès aux plages est une option fiable et efficace pour améliorer l'accessibilité, la sécurité et la durabilité des chemins menant aux plages. Il répond aux besoins des usagers tout en respectant et en protégeant l'environnement côtier, faisant de lui un choix idéal pour les collectivités et les gestionnaires de zones balnéaires.

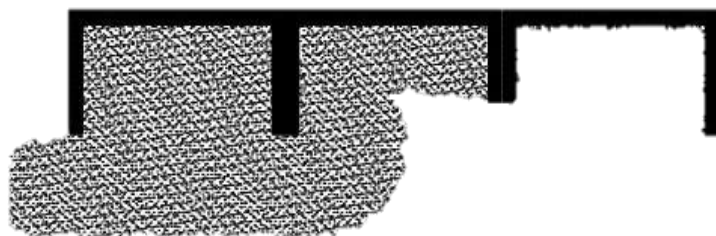


Figure III.10 : Panneau pour Revêtement des accès aux plages type -GC 85- ou GC 65

## 2.4 Panneau pour Revêtement de Sol type -GC 65- (Cas du plancher courant) :

Le Panneau **type GC 65** pour revêtement de sol est une solution innovante conçue pour le rattrapage de niveau sous carrelage et autres revêtements de sol. Il permet de corriger les irrégularités du sol existant, assurant une surface plane et stable pour la pose de nouveaux revêtements tels que le carrelage, le parquet ou le vinyle. Grâce à sa conception ingénieuse, ce panneau permet de faire passer facilement des câbles électriques, des conduites d'eau ou d'autres installations techniques à travers sa structure, évitant ainsi la nécessité de creuser des saignées ou d'installer des gaines supplémentaires. Cette caractéristique simplifie et accélère les travaux, réduisant ainsi le temps et les coûts associés à la préparation du sol. De plus, la mise en place du panneau est rapide et simple, ce qui en fait une solution très pratique pour les travaux de finition. Compatible avec divers types de revêtements de sol, Le Panneau type GC 65 s'adapte à différents besoins et préférences en matière de finition intérieure. Certains modèles de panneaux peuvent également offrir des propriétés isolantes supplémentaires, améliorant le confort thermique et acoustique de la pièce. Fabriqué avec des matériaux robustes, ce panneau garantit une longue durée de vie et une résistance aux charges élevées.

**Le Panneau type GC 65** pour revêtement de sol est une solution efficace pour les projets de rénovation et de construction neuve, offrant flexibilité et simplification des processus d'installation



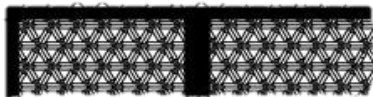
Figure III.11 : Coupe sur Panneau pour Revêtement de Sol type GC 65

## 2.5 Panneau pour Revêtement de Sol type -GC 65- (Cas du plancher terrasse) :

Le panneau type GC 65 pour revêtement de terrasse est une solution innovante conçue pour le rattrapage de niveau sous carrelage ou autres types de revêtements de sol. Il permet le passage de câbles électriques, conduites et autres installations, tout en offrant une excellente isolation thermique et phonique grâce à la possibilité de remplir les parties creuses des panneaux avec des matériaux isolants tels que la laine de roche, la laine de verre ou autres types de matériaux isolants. Le panneau type GC 65 pour revêtement de terrasse des bâtiments et les maisons est une solution innovante conçue pour le rattrapage de niveau sous carrelage ou autres types de revêtements de sol. Il permet le passage de câbles électriques, conduites et autres installations, tout en offrant une excellente isolation thermique et phonique. Cette isolation est renforcée par la possibilité de remplir les parties creuses des panneaux avec des matériaux isolants tels que la laine de roche, la laine de verre ou d'autres types de matériaux isolants.

De plus, l'ajout de matériaux isolants dans les parties creuses du panneau améliore considérablement les performances énergétiques du bâtiment. En limitant les déperditions de chaleur, ces panneaux contribuent à maintenir une température intérieure confortable, ce qui permet de réaliser des économies sur les coûts de chauffage et de climatisation. Par ailleurs, l'isolation phonique fournie par ces matériaux contribue à réduire les nuisances sonores, créant ainsi un environnement intérieur plus paisible et agréable.

La robustesse et la durabilité des matériaux utilisés pour fabriquer ces panneaux garantissent une longue durée de vie et une résistance aux conditions climatiques variées, ce qui les rend particulièrement adaptés pour une utilisation en extérieur, comme les terrasses et les balcons.



**Figure III.12 : Coupe sur Panneau pour Revêtement de Sol type GC 65**

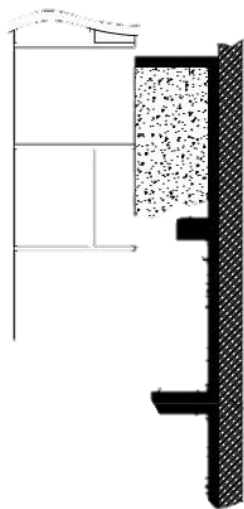
## **2.6 Panneau pour Revêtement murale type GC 35-6**

Le panneau type GC 35 pour revêtement murale est une solution innovante et efficace pour l'isolation et la finition intérieure de vos murs. Ce panneau est conçu pour être rempli de laine de verre ou d'autres matériaux isolants, offrant ainsi une excellente isolation thermique et acoustique. Ces panneaux muraux sont fabriqués à partir de matériaux de haute qualité, sélectionnés pour leur durabilité et leur performance. Leur conception modulaire permet une installation facile et rapide, réduisant considérablement le temps de chantier et les coûts de main-d'œuvre.

Les panneaux type GC 35 peuvent être coupés et ajustés pour s'adapter parfaitement aux dimensions et aux particularités de chaque espace, garantissant une couverture homogène et esthétique des surfaces murales. L'un des principaux avantages de ces panneaux est leur capacité à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. En intégrant des matériaux isolants tels que la laine de verre, ils réduisent les pertes de chaleur en hiver et maintiennent une température agréable en été. Cela se traduit par une réduction significative des coûts de chauffage et de climatisation, contribuant ainsi à des économies d'énergie substantielles sur le long terme.

En plus de leurs performances thermiques, ces panneaux offrent une isolation acoustique supérieure. Ils sont particulièrement efficaces pour absorber les bruits et réduire les nuisances sonores, créant un environnement intérieur calme et confortable. Cette caractéristique est essentielle dans les zones urbaines bruyantes, les bureaux, les salles de réunion et les habitations proches des routes ou des voies ferrées.

Les panneaux type GC 35 pour revêtement mural sont également disponibles dans une variété de finitions et de textures, permettant de personnaliser l'apparence des murs selon les préférences esthétiques. Que vous recherchiez une finition lisse et moderne, un aspect texturé ou même des motifs décoratifs, ces panneaux peuvent être adaptés pour correspondre à votre style et à la décoration intérieure de votre espace. De plus, ces panneaux sont respectueux de l'environnement. Leur fabrication peut inclure des matériaux recyclés et recyclables, contribuant ainsi à la réduction des déchets et à la promotion du développement durable. Leur capacité à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments réduit également l'empreinte carbone associée au chauffage et à la climatisation.



**Figure III.13 : Panneau pour Revêtement murale type GC 35**

### **III.3 Conclusion**

En conclusion, notre proposition de panneau polyvalent représente une solution innovante adaptée à une variété d'applications, tant pour le revêtement des routes non revêtues que pour les revêtements muraux. Sa conception symétrique et robuste permet une installation facile et une utilisation prolongée, tout en s'adaptant à différents types de terrains et de conditions climatiques. Ce produit offre une réponse fiable pour les routes rurales, les chemins temporaires et les accès industriels, ainsi que pour les murs en maçonnerie ou en béton.

Sa facilité d'installation et de maintenance en fait un choix économique et pratique, améliorant ainsi l'accessibilité et la qualité des infrastructures routières et des bâtiments. La capacité des panneaux à recevoir des revêtements comme des plaques de plâtre sans nécessiter de structures de fixation supplémentaires en fait une solution polyvalente et rentable pour les professionnels du bâtiment.

Les parties creuses des panneaux, pouvant être remplies de divers matériaux comme le béton, le bitume ou l'argile, garantissent une rigidité et une résistance accrues, que ce soit pour une utilisation au sol ou comme revêtement pour les murs. En outre, ce produit assure une meilleure isolation thermique et phonique, ainsi qu'une grande robustesse et une facilité d'installation accrue.

En intégrant la possibilité de passage de câbles électriques et autres conduites à l'intérieur des panneaux, notre proposition répond aux besoins modernes de construction de manière intégrée. En résumé, ces panneaux polyvalents offrent une solution flexible et efficace pour une large gamme d'applications de construction et de rénovation, contribuant ainsi à améliorer durablement les infrastructures et les environnements bâtis.

**Chapitre IV:**  
**Conception et fabrication**  
**du prototype**



## IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous abordons la phase de conception et d'étude, qui vise à concevoir les différentes géométries de notre proposition à l'aide du logiciel SOLIDWORKS, ainsi que les étapes de fabrication de ces différentes formes innovantes.

## IV.2 Conception et fabrication du prototype

La phase de conception, d'étude et de fabrication du prototype est une étape clé pour concrétiser une idée en un produit tangible. Elle nécessite une approche méthodique et collaborative pour créer des géométries innovantes, tout en tenant compte des contraintes et des objectifs du projet. Lors de cette phase, une équipe multidisciplinaire, comprenant des concepteurs, des ingénieurs et des spécialistes techniques, travaille ensemble pour donner vie à l'idée initiale. Ils analysent les exigences fonctionnelles ainsi que les contraintes techniques, économiques et réglementaires.

La réalisation est partagée en deux parties essentielles :

1. La phase de Conception.
2. La phase de fabrication des éléments.

### 2.1 La phase de Conception

La première étape de la phase de conception consiste à réaliser des études préliminaires. Cela peut inclure des recherches approfondies sur les technologies existantes, des analyses de marché, des études de faisabilité technique et économique, ainsi que des enquêtes sur les besoins des utilisateurs. Une fois les études préliminaires terminées, les concepteurs commencent à créer des concepts et des schémas de conception. Ils utilisent des outils de conception assistée par ordinateur (CAO) pour visualiser et modéliser les différentes géométries possibles du produit. Cette modélisation permet aux concepteurs d'explorer différentes options et de réaliser des simulations pour évaluer les performances et les fonctionnalités du produit.

### 2.2 Définition de la CAO

La CAO, ou Conception Assistée par Ordinateur, est un domaine de l'informatique appliqué à la conception et à la modélisation de produits en trois dimensions. Il s'agit d'un

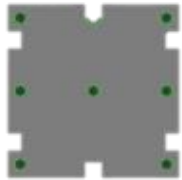
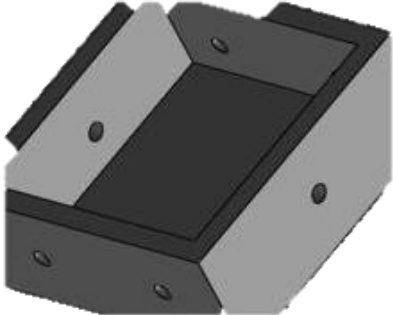
ensemble de logiciels et de techniques qui permettent aux concepteurs, ingénieurs et architectes de créer des modèles virtuels de manière précise et efficace.

### IV.3 Définition du SOLIDWORKS

SOLIDWORKS est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) utilisé dans le domaine de l'ingénierie et de la conception industrielle. Il est largement utilisé par les ingénieurs, les concepteurs et les fabricants pour créer des modèles 3D, effectuer des simulations, générer des plans de fabrication et faciliter le processus de développement de produits.

La conception est une étape cruciale de tout projet, car c'est à ce stade que nous élaborons les concepts et les idées qui se concrétiseront par la suite. Pour cela, nous utilisons la Conception Assistée par Ordinateur (CAO). Nous avons conçu ces parties sur ordinateur avec SOLIDWORKS, qui nous offre des outils puissants pour créer et modéliser des formes en trois dimensions. À travers une approche itérative, nous commençons par créer une maquette virtuelle de notre innovation. Nous définissons les dimensions, les caractéristiques et les spécifications nécessaires, en prenant en compte les contraintes techniques et fonctionnelles.

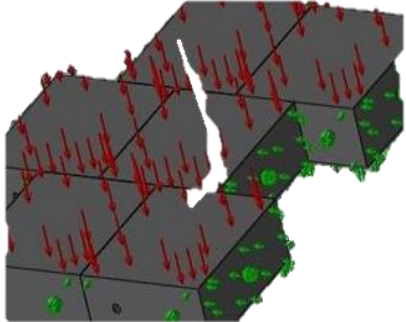
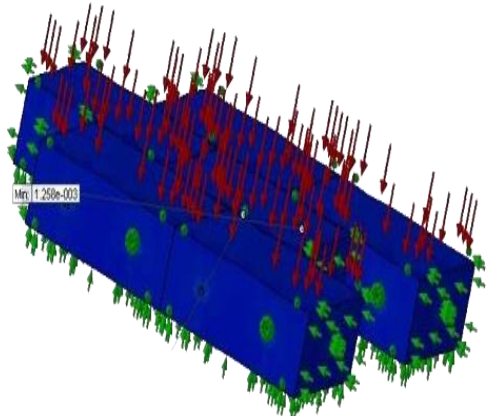
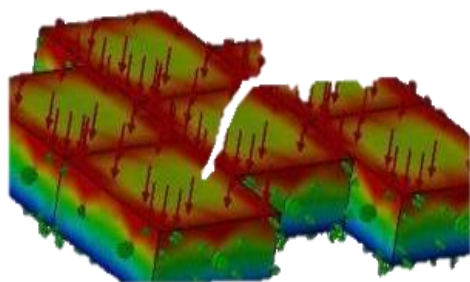
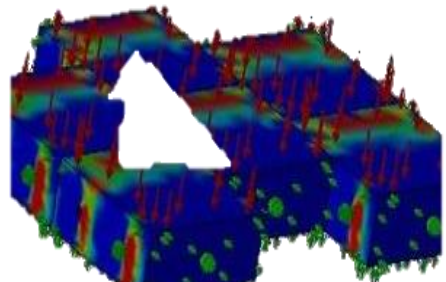
*Tableau IV.1: Nomenclature de notre proposition*

	
<p><i>Panneaux assemblée</i></p>	<p><i>Vue sur l'unité en 3D</i></p>

Une fois la conception initiale réalisée (les idées), nous passons à l'étape d'étude. Nous utilisons les fonctionnalités d'analyse intégrées dans SOLIDWORKS pour évaluer la résistance structurale et d'autres aspects importants de notre proposition. Cette étape nous permet d'optimiser la conception, en apportant les modifications nécessaires pour améliorer les performances et garantir la fiabilité de notre innovation.

Une fois la conception et l'étude finalisées, nous passons à la phase de fabrication. Nous utilisons les fichiers de conception créés dans SOLIDWORKS pour produire les différentes géométries de notre proposition. Selon les besoins, cela peut impliquer l'utilisation de techniques de fabrication traditionnelles telles que l'usinage, le moulage ou la découpe, ou l'utilisation de technologies avancées telles que l'impression 3D, comme c'est le cas pour notre projet.

*Tableau IV.2 : Modélisation de prototype (SOLIDWORKS)*

	
<p><i>Panneaux Chargée</i></p>	<p><i>Condition au Limite</i></p>
	
<p><i>Contrainte</i></p>	<p><i>Déformation</i></p>

## IV.4 La phase de fabrication

La phase de fabrication est une étape cruciale du processus de développement d'un produit. Une fois que la conception a été finalisée et validée, la fabrication entre en jeu pour transformer le concept en réalité concrète. Cette phase implique la production des différents éléments et composants de l'innovation, leur assemblage et la création du produit final.

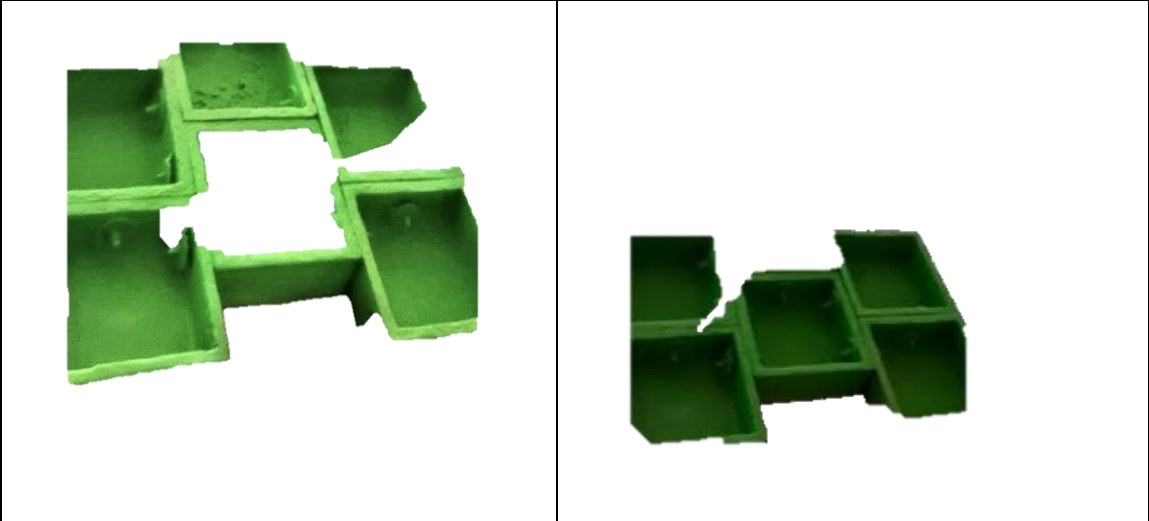
La fabrication peut se dérouler selon différentes méthodes et techniques, en fonction des besoins spécifiques du projet.



*Figure IV.1: Organigramme de la réalisation de prototype*

Tableau IV.3: Les étapes de la fabrication de prototype





## **IV.5 Conclusion**

En conclusion, la phase de conception et d'étude nous permet de concevoir les différentes géométries de notre proposition en utilisant le logiciel SOLIDWORKS nous avons exploré en détail la phase de conception et d'étude, qui occupe une place centrale dans le processus de développement de notre proposition. Cette phase vise à concevoir les différentes géométries de notre innovation, en mettant l'accent sur la création d'une forme innovante. Cette étape est essentielle pour garantir la faisabilité et la qualité, en prenant en compte les contraintes techniques et fonctionnelles, afin de créer une proposition optimisée.

# Conclusion Générale



Les panneaux polyvalents fabriqués à partir de matériaux recyclés représentent une solution innovante et durable pour répondre à plusieurs enjeux environnementaux et infrastructurels. En tant qu'alternative robuste pour revêtir les routes non pavées et sahariennes, ces panneaux offrent une résistance élevée aux conditions climatiques extrêmes et nécessitent moins de maintenance, ce qui améliore l'accessibilité et la connectivité des zones éloignées. De plus, leur utilisation pour améliorer les accès aux plages et autres zones touristiques contribue à la préservation des plages et à la sécurité des visiteurs. Dans notre étude, nous avons développé ces panneaux pour divers autres usages, tels que le rattrapage de niveau sous carrelage, les éléments d'étanchéité pour les terrasses, ainsi que le support pour les revêtements muraux. L'adoption de ces panneaux aide également à réduire significativement les déchets plastiques en détournant ces matériaux des décharges et des océans, favorisant ainsi la protection de la biodiversité et des écosystèmes naturels. En conclusion, les panneaux polyvalents en matériaux recyclés offrent une solution multifonctionnelle et respectueuse de l'environnement pour résoudre les problèmes des routes non revêtues, améliorer l'accès aux plages, gérer efficacement les déchets plastiques, et servir à diverses applications dans la construction, tout en protégeant notre environnement pour les générations futures.

En conclusion, notre proposition de panneau polyvalent représente une solution innovante adaptée à une variété d'applications, tant pour le revêtement des routes non revêtues que pour les revêtements muraux. Sa conception symétrique et robuste permet une installation facile et une utilisation prolongée, tout en s'adaptant à différents types de terrains et de conditions climatiques. Ce produit offre une réponse fiable pour les routes rurales, les chemins temporaires et les accès industriels, ainsi que pour les murs en maçonnerie ou en béton.

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

1. Norton, P. (2016). Infrastructure: Streets, Roads, and Highways. In *Oxford Research Encyclopedia of American History*.
2. Alikouch, Nadya. (Year). *La route*. [Publisher].
3. Froehlich, S. (2023). *Reisen im Römischen Reich*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
4. Duda, J. (2005). *Seminarium komitetu c 4.3 AIPCR/PIARC Nawierzchnie miejskie Karkow*. [Publisher].
5. Sebaa, N. (2006). *Les routes non revêtues en Algérie*. Rapport de la direction des routes, Ministère des Travaux Publics, Algérie.
6. Paige-Green, P. (2014). Sustainability issues surrounding unpaved roads. In *Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements* (pp. 335-351). Springer.
7. Autret, P. (1998). Qualification et quantification des dégradations d'une route non revêtue pour la programmation et le suivi des travaux d'entretien. [Publisher].
8. Autret, P. (1989). *Routes dans des régions en développement*. [Publisher].
9. Sebaa, N. (2006). *Les routes non revêtues en Algérie*. Rapport de la direction des routes, Ministère des Travaux Publics, Algérie.
10. Michel, K.E. (2020). *Pathologies et entretien des routes non revêtues*. [Publisher].
11. Gharfalkar, M., et al. (2015). Analysis of waste hierarchy in the European waste directive 2008/98/EC. *Waste management*, 39, 305-313.
12. Wannous, C., & Velasquez, G. (2017). United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) - UNISDR's contribution to science and technology for disaster risk reduction and the role of the International Consortium on Landslides (ICL). In *Advancing Culture of Living with Landslides: Volume 1 ISDR-ICL Sendai Partnerships 2015-2025* (pp. 3-12). Springer.
13. Abdoune, A., & Haddad, O.K. (2020). Utilisation des déchets plastiques en matériaux composites de construction. Université Ahmed Draia-Adrar.
14. Weiss, P. (2010). *La chimie des polymères*. Université Médicale Virtuelle Francophone.
15. Jones, N. (2024). Plastic pollution: three numbers that support a crackdown. *Nature*.
16. Mossman, S.T. (1997). *Early plastics: perspectives, 1850-1950*. Leicester University Press London.
17. Diaz, L.F. *The 3Rs as the basis for sustainable waste management: Moving towards zero waste*. in *Third Regional 3Rs Forum in Asia and the Pacific: Singapore*. 2011.
18. Memon, M.A., *Integrated solid waste management based on the 3R approach*. Journal of Material Cycles and Waste Management, 2010. **12**: p. 30-40.
19. Petzet, M. and F. Heilmeyer, *Reduce, reuse, recycle*. Architecture as resource, 2012.
20. Parameswaranpillai, J., et al., *Recent Developments in Plastic Recycling*. 2021: Springer.
21. Geyer, R., *Plastic Waste and Recycling: Environmental Impact, Societal Issues, Prevention, and Solutions (TM Letcher, Ed.)*. 2020, Academic Press.
22. La Mantia, F.P., *Handbook of plastics recycling*. 2002: iSmithers Rapra Publishing.
23. Thiam, M. and M. Fall, *Engineering properties of a building material with melted plastic waste as the only binder*. Journal of Building Engineering, 2021. **44**: p. 102684.
24. Letcher, T., *Plastic waste and recycling: Environmental impact, societal issues, prevention, and solutions*. 2020: Academic Press.
25. Gopinath, K.P., et al., *A critical review on the influence of energy, environmental and economic factors on various processes used to handle and recycle plastic wastes: Development of a comprehensive index*. Journal of Cleaner Production, 2020. **274**: p. 123031.
26. de Sousa, F.D.B., *The role of plastic concerning the sustainable development goals: The literature point of view*. Cleaner and Responsible Consumption, 2021. **3**: p. 100020.