



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة حسيبة بن بوعلي الشلف

Université Hassiba Benbouali de Chlef

كلية الهندسة المدنية و المعمارية

Faculté de Génie Civil et d'Architecture

قسم الهندسة المعمارية

Département d'Architecture



N° d'ordre :/2024

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville

Filière : Gestion des Techniques Urbaines

Spécialité : **Génie Urbain**

Le recyclage des déchets de pneus et leur valorisation dans les aménagements urbains

Présenté par :

- **Ait Hamouda Manel Nouara**
- **Boumaza Malika**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

Said NOURI	MCA	Université Hassiba Benbouali de Chlef	Président
Redouane REBOUH	MCB	Université Hassiba Benbouali de Chlef	Encadrant
Abdellah CHERIF TAIBA	MCA	Université Hassiba Benbouali de Chlef	Co-encadrant
Ali MAKHLOUF	Pr	Université Hassiba Benbouali de Chlef	Examinateur

Année universitaire : 2023/2024

Dédicace

Je me dédie ce succès et je voudrais me remercier pour ce qu'il est maintenant.

Vous priez parce que vous le méritez

A celui dont je porte le nom mon père "Abdelhamid" Pilier de ma vie, source inépuisable de courage, Ce mémoire est l'accomplissement de notre rêve commun. Tu es resteras à jamais ma plus grande fierté.

A celle dont les prières ont été la raison de ma réussite et la baume de mes blessures, la femme exceptionnelle dans ma vie, ma mère, Que Allah prolonge ta vie et accorde à ton cœur tout ce qu'il désire.

À mon frère "Aymen", Pilier silencieux de mes réussites, Témoin fidèle de mes efforts, Ce mémoire porte l'empreinte de ton soutien.

À mes fidèles compagnes de parcours : Manel, Mallak, Hana et Ikram qui ont transformé les longues nuits d'étude en moment de complicité inoubliables.

A mes copines d'enfance : Khadidja, Hadjer, Douaa, Safaa et Wissam sources inépuisables de motivation et d'inspiration. Merci pour votre amitié inestimable et vos souvenirs inoubliables.

À mes chères cousines : Douaa, Anissa, Bouchra et Sara Liens de sang, complices de cœur, Votre soutien et votre amour m'ont portée jusqu'ici. Ce mémoire est le reflet de notre lien unique

Boumaza Malika.

Dédicace

A mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinis

A ma mère qui a été toujours mon port d'attachement et ma boussole, merci pour ton amour inconditionnel et ton soutien inébranlable, tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres.

A celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection.

A mon support qui était toujours à mes cotes pour me soutenir et m'encourager mon cher père

A ma deuxième mère tu as été la source intarissable de mon courage et de ma persévérance,

Depuis mes premiers pas sur le chemin du savoir, Tu as illuminé mon parcours de ton soutien indéfectible.

A mes sœurs Hanane et Ryma et mon petit frère Aziz merci d'être mes meilleurs amis, mes protecteurs, mes inspireurs. Votre soutien et votre amour sont les trésors les plus précieux de ma vie.

A mes très chères amies Malika, Mallak, Hanaa et Ikram qui ont été mes piliers dans les moments difficiles et mes partenaires de fêtes dans les moments de joie, merci pour votre amitié sincère.

Ait Hamouda Manel Nouara

Remerciements

Nous remercions ALLAH de nous avoir accordé des connaissances de la science et de nous avoir aidés à réaliser ce travail.

Je voudrais saisir l'occasion qui m'est offerte pour exprimer ma profonde gratitude et tous mes remerciements à mes encadrants Dr.REBOUH Redouane Maître de conférences à l'Université Hassiba Ben-Bouali de Chlef et Dr Cherif Taiba Abdellah, Maître de Conférences à l'Université Hassiba Ben-Bouali de Chlef, pour leurs dévouement, leurs précieux conseils, leurs critiques constructives et leur intérêt qu'ils ont porté tout au long de l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier infiniment tous les responsables de l'incubateur de l'université de Chlef pour leurs soutiens au cours de notre séjour au sein de leur communauté de formation

J'exprime également mes remerciements à Mr Said Mansour Mohamed chef département d'Architecture à l'Université de Chlef pour son aide précieuse et sa compréhension.

Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à l'ensemble des enseignants du faculté de Génie Civil et d'architecture à l'Université Hassiba Ben Bouali de Chlef

Enfin, je souhaite adresser mes remerciements à tous ceux qui par leur aide et leur soutien m'ont permis de réaliser ce modeste travail.

المخلص

تدرس هذه الأطروحة إعادة تدوير وتثمين نفايات الإطارات المستعملة في التهيئة الحضرية في ولاية الشلف، مساهمةً في الانتقال نحو مدينة مستدامة. يتم تسليط الضوء على أهمية إعادة تدوير نفايات الإطارات واستخدامها في التهيئة الحضرية كنهج حاسم للإدارة الفعالة للنفايات مع المساهمة في التنمية المستدامة للمدن. تتضمن العملية تحويل الإطارات المستعملة إلى منتجات مفيدة متنوعة التهيئة الحضرية، مثل أسطح الطرق والملاعب ومواد البناء. من الناحية البيئية، توفر إعادة تدوير الإطارات فوائد كبيرة من خلال الحد من التلوث الناجم عن نفايات الإطارات غير المعالجة. تم إجراء تحليل حضري لمدينة الشلف لتطبيق وتعزيز نهج إعادة تدوير الإطارات في التهيئة الحضرية من خلال دمج الحلول المبتكرة. علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي إنشاء منتجات ذات قيمة مضافة من الإطارات المعاد تدويرها إلى توليد فرص عمل جديدة، مما يساهم بالتالي في التنمية الاقتصادية المحلية. لهذا السبب، تم اقتراح شركة جديدة باسم شركة الإطارات البيئية الحضرية (SPEU-Chlef) لتسليط الضوء على الحاجة إلى حلول مستدامة لإدارة نفايات الإطارات، مع التأكيد على الفوائد البيئية والاقتصادية والتقنية المرتبطة بهذا النهج. تقدم هذه المبادرة منظورا إيجابياً لتحسين جودة التهيئة الحضرية.

كلمات مفتاحية:

إعادة التدوير، تثمين، إطارات مستعملة، تخطيط حضري، استدامة، SPEU-Chlef

Abstract

This study examines the recycling and recovery of used tire waste in Urban planning in the wilaya of Chlef, contributing to the transition towards a sustainable city. The importance of recycling tire waste and its utilization in urban planning is highlighted as a crucial approach for effective waste management while contributing to the sustainable development of cities. The process involves transforming used tires into various useful products for urban planning, such as road surfaces, playgrounds, and construction materials. Environmentally, tire recycling offers significant benefits by reducing pollution caused by untreated tire waste. An urban analysis was conducted on the city of Chlef to apply and promote the tire recycling approach in urban planning by integrating innovative solutions. Furthermore, creating value-added products from recycled tires can generate new job opportunities, thus contributing to local economic development. For this reason, a new company named Urban Ecological Tire Company (SPEU-Chlef) was proposed to highlight the need for sustainable solutions for tire waste management, emphasizing the environmental, economic, and technical benefits associated with this approach. This initiative offers a positive perspective for improving the quality of urban planning.

Key words

Recycling, Valorization, Used tires, Urban planning, Sustainability SPEU-Chlef - SPEU-Chlef (Urban Ecological Tire Company - Chlef)

Résumé

Ce mémoire étudie le recyclage et la valorisation des déchets de pneus usagés dans les aménagements urbains à la wilaya de Chlef, en participant à la transition vers une ville durable. L'importance du recyclage des déchets de pneus et de leur valorisation dans les aménagements urbains en tant qu'approche cruciale pour une gestion efficace des déchets, tout en contribuant au développement durable des villes. Le processus implique la transformation des pneus usagés en divers produits utiles pour l'urbanisme, tels que des revêtements de routes, des aires de jeux et des matériaux de construction. Sur le plan environnemental, le recyclage des pneus offre des avantages significatifs en réduisant la pollution causée par les déchets de pneus non traités.

Une analyse urbaine a été abordé sur la ville de Chlef en vue d'appliquer et valoriser l'approche de recyclage des pneus dans les aménagements urbains par l'intégration des solutions innovantes. De plus, la création de produits valorisés à partir de pneus recyclés peut générer de nouvelles opportunités d'emploi, contribuant ainsi au développement économique local. Pour cette raison, une nouvelle société nommée Société pneu écologique urbain (SPEU-Chlef) a été proposé pour mettre la lumière sur la nécessité de trouver des solutions durables pour la gestion des déchets de pneus, soulignant les avantages environnementaux, économiques et techniques associés à cette approche. Cette démarche offre une perspective positive pour améliorer la qualité des aménagements urbains.

Mots clés

Recyclage, valorisation, pneus usagés, aménagements urbains, durabilité, SPEU-Chlef

TABLE DES MATIERES

Remerciment	iii
Résumé en arabe.....	iv
Résumé en anglais	v
Résumé en français.....	vi
Liste des Figures.....	vii
Liste des Tableaux.....	viii
Liste des abréviations	ix

Introduction Générale

Introduction	2
Problématique.....	3
Objectifs	3
Organisation du manuscrit.....	3

Chapitre 1

Généralités sur la production des déchets des pneus

1.1	Introduction.....	5
1.2	Généralités	5
1.2.1	Production des déchets des pneus.....	5
1.2.2	Typologie de pneus usagés	7
1.2.3	Caractéristiques des produits en CAOUTCHOUC.....	8
1.2.4	Cycle de vie des pneus	9
1.3	Impacts environnementaux des pneus usagés	16
1.3.1	Décomposition et libération de substances chimiques.....	16
1.3.2	Problèmes liés à l'élimination inappropriée	16
1.3.3	Modes de traitement selon l'impact environnemental	17
1.4	Déchets de pneu au monde	18
1.5	Initiatives de recyclage au monde.....	19

1.5.1	Cas de France	19
1.5.2	Cas de Nigeria	21
1.5.3	Cas des Etat- unis	24
1.5.4	Cas du Kuwait	26
1.5.5	Cas de l'Algérie.....	27
1.6	Conclusion	32

Chapitre 2

Valorisation des pneus recyclés dans les aménagements urbains

2.1.	Introduction	34
2.2.	Filières de valorisation	34
2.2.1.	Rechapage	34
2.2.2.	Valorisation énergétique	35
2.2.3.	Incinération en cimenterie	35
2.2.4.	Autres valorisations thermiques	35
2.2.5.	Valorisation sous forme de matières premières.....	35
2.3.	Applications des pneus recyclés	36
2.4.	Revêtement de sol	37
2.5.	Mulch pour les espaces verts.....	41
2.6.	Butée de stationnement	43
2.7.	Isolation acoustique.....	45
2.8.	Mobilier urbain.....	47
2.9.	Matériel de signalisation	48
2.10.	Infrastructure pour la gestion des eaux pluviales.....	50
2.11.	Technique Pneu sol en Algérie	52
2.12.	Avantages et défis de l'intégration des pneus recyclés dans les aménagements Urbains	53
2.13.	Défis de l'intégration des pneus recyclés dans les aménagements urbains.....	54
2.14.	Conclusion.....	55

Chapitre 3

Analyse urbaine de la zone d'étude : la ville de Chlef

3.1	Introduction	57
3.2	Choix de ville de Chlef	57
3.3	Situation géographique	57
3.3.1	Situation nationale	57
3.3.2	Situation communale	58
3.4	Toponymie	59
3.5	Évolution urbaine de la ville de Chlef.....	59
3.6	Climat	64
3.7	Environnement immédiat	69
3.8	Réseaux	70
3.9	Ensemble topographique	71
3.10	Morphologie de terrain	71
	Différentes pentes	71
3.11	Accessibilité	72
3.12	Problèmes rencontrés et solutions proposées dans la zone d'étude	73
3.3.1	Aires de jeux.....	75
3.3.2	Revêtements des sols	76
3.3.3	Murs anti bruit.....	82
3.3.4	Salles de sport	83
3.13	Conclusion	85

Chapitre 4

Fiche technique du Société Pneus Ecologique Urbain de Chlef (SPEU-Chlef)

4.1	Introduction	87
4.2	Fiche technique du projet	87
4.3	Nature et l'idée du projet.....	87
4.4	Problématique.....	88
4.5	Objectifs.....	88
4.6	Valeur	89
4.7	Clients	89
4.7.1	Business to business (B2B).....	89
4.7.2	Business to consumer (B2C).....	90
4.8	Canaux	90
4.9	Relation clientèle.....	92
4.10	Partenaires.....	93
4.11	SWOT	93

4.12	Domaines d'innovation.....	95
4.13	Concurrents	95
4.13.1	Concurrents directs.....	95
4.13.2	Concurrents indirects	95
4.14	Processus de fabrication	96
4.15	Business model canvas (BMC).....	102
4.16	Les couts	105
4.17	Employés.....	106
4.18	Les revenus	107
4.19	Conclusion	108

Conclusions Générales, Recommandations et Perspectives

5.1	Conclusions générales	110
5.2	Recommandations	111
5.3	Perspectives.....	111

Référence bibliographique

Références Bibliographiques.....	113
----------------------------------	-----

Liste des Figures

Figure 1.1 Vue en coupe des constituants d'un pneumatique.....	6
Figure 1.2 cycle de vie des pneus.....	9
Figure 1.3 Le processus de recyclage des pneus.....	11
Figure 1.4 collecte et tri des pneus	12
Figure 1.5 Broyage mécanique des pneus.....	13
Figure 1.6 Séparation des fils d'acier	13
Figure 1.7 Granulats en caoutchouc	14
Figure 1.8 Broyage cryogénique.....	14
Figure 1.9 Produits et applications de la pyrolyse	15
Figure 1.11 Hiérarchie des modes de traitement selon l'impact environnemental	18
Figure 1.12 Distribution des déchets pneumatiques dans le monde.....	19
Figure 1.13 Nombre de tonnages collectés et centres VHU agréés.....	20
Figure 1.14 Tonnages collectés par types de pneumatique	20
Figure 1.15 Filières de valorisation	21
Figure 1.16 pneus collectés.....	22
Figure 1.17 Briques de pavage.....	23
Figure 1.18 Revêtement de sol en caoutchouc	23
Figure 1.19 Le pavage d'un trottoir	23
Figure 1.20 Quantités produites et valorisées aux USA 2011-2019.....	24
Figure 1.21 Principales destinations des PUNR aux USA en 2013.....	25
Figure 1.22 Utilisations en valorisation énergétique en 2013	25
Figure 1.23 Utilisation des granulats en 2013	26

Figure 1.24 le cimetière du Kuwait	26
Figure 1.25 Évolution quantitative des pneus usagés à l'échelle nationale	27
Figure 1.27 Ratio national des pneus usagés	28
Figure 1.28 Aire de réception, de stockage et de tri des PUNR au sein de RECYTECH	30
Figure 1.29 Quantités de pneus usagés collectées en 2020 et début 2021	31
Figure 1.30 Quantités de pneus usagés préparées et quantités de caoutchouc produite en 2020 et début 2021	31
Figure 1.31 Quantité de poudrette fine et des granulats en 2020 et début 2021	32
Figure 2.1 Différents modes de valorisation de poudrette de caoutchouc	37
Figure 2.2 Aire de jeux en caoutchouc	38
Figure 2.3 Piste d'athlétisme	39
Figure 2.4 Trottoir en caoutchouc	40
Figure 2.5 Revêtement de route	40
Figure 2.6 parc public	41
Figure 2.7 Plate-bande en caoutchouc	42
Figure 2.8 Zones paysagères	43
Figure 2.9 La butée de parking	44
Figure 2.20 Avant l'entretien	44
Figure 2.11 Après l'entretien	45
Figure 2.12 Panneau de protection phonique.....	45
Figure 2.13 Toit pneu recyclé	46
Figure 2.14 Mur anti bruit.....	46
Figure 2.15 Bancs	47
Figure 2.16 Poufs.....	48
Figure 2.17 Cônes de circulation.....	48
Figure 2.18 Borne de protection.....	49

Figure 2.19 Caniveaux et avaloirs.....	50
Figure 2.20 Pavé perméable.....	50
Figure 2.21 Bassin d’infiltration	51
Figure 2.22 Gazon synthétique.....	52
Figure 2.23 Chantier expérimental Pneu-sol à Bou-Smail.....	53
Figure 3.1 Situation nationale de la ville de Chlef.....	58
Figure 3.2 Situation communale de la ville de Chlef.....	59
Figure 3.3 l’évolution urbaine de la ville de Chlef	60
Figure 3.4 La période phénicienne à Chlef.....	60
Figure 3.5 Carte à la période romaine à Chlef.....	61
Figure 3.6 Carte à l’époque française à Chlef	62
Figure 3.7 Plan de Chlef en 1846.....	62
Figure 3.8 Plan de la ville d’Orléans-ville.....	63
Figure 3.9 Plan de la ville après 1989	64
Figure 3.10 Carte de L’état actuel de la ville.....	64
Figure 3.11 le climat à Chlef en 2023	65
Figure 3.12 La température à Chlef en 2023	66
Figure 3.13 Les précipitations à Chlef en 2023	66
Figure 3.14 Les vents à Chlef en 2023	67
Figure 3.15 L’humidité à Chlef en 2023	68
Figure 3.16 L’ensoleillement à Chlef.....	68
Figure 3.17 Carte climatique de Chlef	69
Figure 3.18 Carte sismique de Chlef.....	70
Figure 3.19 Coupe topographique	71
Figure 3.20 Coupe topographique de la commune de Chlef.....	72

Figure 3.21 Carte d'accessibilité de Chlef.....	73
Figure 3.22 Centre-ville de Chlef.....	74
Figure 3.23 Hey Bensouna Chlef	74
Figure 3.24 Aire de jeux 'safa'	75
Figure 3.25 Aire de jeux à base de caoutchouc	76
Figure 3.26 Un trottoir à Chlef.....	77
Figure 3.27 Un trottoir à base de caoutchouc	77
Figure 3.28 Parking Castellum Chlef	78
Figure 3.29 Revêtement de sol de parkings à base de caoutchouc	79
Figure 3.30 Une bordure de trottoir à Chlef	80
Figure 3.31 Une bordure à base de caoutchouc	80
Figure 3.32 Exemple d'une route à base de bitume à la ville de chlef	81
Figure 3.33 Une route à base de caoutchouc	82
Figure 3.34 Le long de rail.....	82
Figure 3.35 Un mur antibruit à base de caoutchouc	83
Figure 3.36 Salle de sport en PVC	84
Figure 3.37 Salle de sport en caoutchouc	84
Figure 4.1 processus de fabrication.....	98
Figure 4.2 machine de fabrication.....	99
Figure 4.3 Mélangeur.....	100
Figure 4.4 Machine de fabrication de carreaux en caoutchouc	101
Figure 4.5 Formes des moules	101
Figure 4.6 produit finie	102

Liste des TABLEAU/

Tableau 1.1 Les caractéristiques des pneus VL et PL.....	6
Tableau 1.2 Constituants majeurs d'un pneu.....	6
Tableau 2.1 Caractéristiques de revêtement de sol pour la salle du sport	38
Tableau 4. 1 fiche technique de société.....	87
Tableau 4. 2 Problématique	88
Tableau 4. 3 Partenaires.....	93
Tableau 4. 4 Analyse SWOT	94
Tableau 4. 5 caractéristique de la machine.....	99
Tableau 4. 6 caractéristique du mélangeur	100
Tableau 4. 7 caractéristique de la vulcanisation	100
Tableau 4. 8 les couts du projet.....	105
Tableau 4. 9 les employés.....	106
Tableau 4. 10 les revenus.....	107

Liste Des abréviations

AND: Agence nationale des déchets

B2B: Business to Business

B2C: Business to consumer

BMC: Business Model Canvas

CAF : Coût assurance et fret

CTTP : Contrôle techniques des travaux public

ENTP : Ecole nationale des travaux publics

EPA : Agence de protection de l'environnement

EPDM : Communications spécialisées à courte portée (Dedicated Short Range Communications)

FEDEP : Le fond nationale pour l'environnement et la dépollution

HAP : Hydrocarbure aromatique polycyclique

OC : Ouvrages courant

PL : Poids lourd

PU : Pneumatiques usagés

PUNR : Pneumatiques usagés non réutilisables

PUR : Pneumatiques usagés réutilisables

SBR : Copolymère et styrène butadiène rubber

SPEU : Société Pneus Ecologique Urbain

UNEP : United nation environment program

USTMA: United states tire manufacturers association

UV : Ultraviolet radiation

VHU : Véhicules hors d'usage

VL : véhicules légers

Introduction Générale

1. Introduction générale

La gestion des déchets est devenue un défi colossal pour les villes du monde entier, confrontées à une urbanisation effrénée et à des bouleversements environnementaux sans précédent. Parmi ces déchets, les pneus usagés constituent un flux particulièrement épineux, en raison de leur volume croissant, de leur résistance à la dégradation et de leur potentiel de nuisances protéiformes.

En Algérie, comme dans de nombreux pays émergents, la problématique des pneus en fin de vie atteint une dimension paroxystique. D'après les estimations les plus alarmantes, près de 20 millions de pneus usagés seraient produits chaque année dans le pays, dont une fraction alarmante échapperait aux filières officielles de collecte et de traitement. Abandonnés dans des friches urbaines, incinérés de manière incontrôlée ou entassés dans des décharges illicites, ces pneus se muent en une véritable catastrophe écologique et sanitaire à retardement. Ils servent de réceptacles aux nuisibles, polluent les écosystèmes, dégagent des émanations délétères et nourrissent des incendies ravageurs.

De nombreux pays avant-gardistes ont ainsi enfanté des filières d'excellence de recyclage et de valorisation des pneus, selon des procédés technologiques et des schémas organisationnels novateurs et sur-mesure. Au sein de ces filières, l'incorporation des granulats de caoutchouc issus du broyage des pneus dans les aménagements urbains se profile comme une perspective des plus attirantes.

De fait, en introduisant ces ressources dans les revêtements de sol, les aires de jeux et de sport, le mobilier des espaces publics, le mur anti-bruit, il devient envisageable de cumuler des externalités positives tous azimuts : sur le versant écologique, en prévenant la prolifération de déchets et en préservant les gisements de ressources vierges ; sur le versant économique, en stimulant l'entrepreneuriat et l'emploi territorialisés ; et sur le versant social, en sublimant la qualité du cadre de vie urbain, à la faveur d'aménagements plus harmonieux, ergonomiques, sécurisants et pérennes.

L'intégration des granulats de caoutchouc issues du recyclage des pneus usagés dans le développement urbain de Chlef est un défi audacieux et stimulant, nécessitant de surmonter plusieurs obstacles tels que l'utilisation de matériaux traditionnels dans la wilaya.

2. Problématique

Face à ces défis, la problématique centrale de ce mémoire consiste à analyser les solutions de recyclage et de valorisation des déchets de pneus usagés dans les aménagements urbains de Chlef, est de déterminer comment ces matériaux peuvent être utilisés en substitution ou en complément des matériaux de construction traditionnels, afin de créer des aménagements urbains plus durables. Pour y répondre, les questions suivantes seront particulièrement examinées :

- ✚ Dans quelle mesure le recyclage et la valorisation des déchets de pneus usagés dans les aménagements urbains peuvent-ils contribuer à la transition vers une ville durable, tout en s'adaptant aux spécificités territoriales, socio-économiques, environnementales et culturelles de la wilaya de Chlef en Algérie ?
- ✚ Quelles sont les filières de valorisation des pneus usagés les plus prometteuses et les plus adaptées au contexte local, en particulier dans le domaine des aménagements urbains (revêtements de sol, mobilier urbain, aires de jeux, etc.) ?

3. Objectifs

L'objectif de cette étude sur le recyclage et la valorisation des déchets de pneus usagés dans les aménagements urbains est de contribuer à la recherche de solutions durables pour la gestion des déchets de pneus usagés dans les villes. En visant à minimiser l'impact environnemental de ces déchets, à promouvoir et favoriser l'utilisation, l'intégration de ces derniers comme des matériaux de construction dans la conception et la réalisation des aménagements urbains durables, ainsi de créer une nouvelle entreprise de la valorisation de ces déchets. Ce mémoire vise à contribuer à la création d'un environnement urbain plus sain et plus durable de la ville de Chlef.

4. Organisation du manuscrit

Le manuscrit est structuré en quatre chapitres. Après une introduction générale, le premier chapitre aborde de manière générale la production des déchets de pneus en présentant différentes définitions et initiatives à travers le monde. Le deuxième chapitre met en évidence la valorisation des pneus recyclés dans les aménagements urbains. Le troisième chapitre présente la zone d'étude et expose les problèmes initiaux et les applications possible des déchets de pneus dans les aménagements urbains dans la ville de Chlef. Enfin, Dans le quatrième chapitre, nous avons fait une fiche technique de notre société et le BMC.

Chapitre I

Généralités sur la production des déchets des pneus

1.1 Introduction

À l'ère de la mobilité globale, l'essor fulgurant de l'industrie automobile entraîne une demande exponentielle en pneus, soulevant d'importants défis environnementaux liés à la gestion des déchets de pneus usagés. Ces derniers représentent une source polymorphe de pollution persistante, menaçant les écosystèmes et la santé publique.

La production massive conjuguée à la durée de vie limitée des pneus engendre un flux continu de déchets encombrants et récalcitrants. Leur composition hétérogène riche en caoutchouc, acier et fibres textiles ralentit considérablement leur dégradation naturelle sur plusieurs décennies. Éliminés de manière inappropriée par incinération à l'air libre ou enfouissement, ils libèrent un cocktail de polluants toxiques susceptibles de contaminer sols, nappes phréatiques et atmosphère.

Face à ces enjeux environnementaux et sanitaires critiques, la gestion responsable s'érige en impératif. Il est primordial de promouvoir des solutions durables telles que le recyclage et la valorisation, afin d'atténuer l'empreinte écologique des pneus usagés et de préserver les ressources naturelles pour un développement pérenne.

Dans ce chapitre on va définir le pneu, ses compositions, son processus de recyclage, Impacts environnementaux des pneus usagés, ainsi que les différentes initiatives des pays au monde.

1.2 Généralités

1.2.1 Production des déchets des pneus

Par définition pratique, un pneu est une enveloppe souple et résistante en caoutchouc, contenant de l'air et adaptée à la jante des roues. Il est principalement composé d'un mélange de caoutchouc, de noir de carbone, d'aciers et de textile divers. Les pneus peuvent également être classés selon le type de véhicule pour lequel ils sont destinés.

Les pneus véhicules légers (VL) modernes doivent être capables de résister à environ 28 millions de cycles sans perdre leurs propriétés, les pneus poids lourds (PL) après deux ou trois rechapages peuvent apparaître quelques signes d'usure telles que des fissures ou craquelures.

Ainsi, le tableau 1.1 montre les caractéristiques communes distinguées les pneus PL et les pneus VL. (ONY NOMENJANAHARY Tahina 2014)

Tableau 0.1 les caractéristiques des pneus VL et PL (ONY NOMENJANAHARY Tahina 2014)

Caractéristiques	VL	PL
Poids moyen (kg)	7,5 à 8,5	50
Diamètre intérieur (m)	0,30	0,55 à 0,66
Diamètre extérieur (m)	0,60	1,10 à 1,20
Nombre de pneus /m ³	20	3

A l'usage, un pneu VL perd environ 1 kg de gomme et un pneu PL en perd 4 kg. Comme le pneu est un assemblage de plusieurs éléments, sa composition reste très variée selon la nature et la quantité des produits utilisés lors de sa conception (tableau 1.2). Toutefois, on peut déterminer les constituants majeurs d'un pneu comme suit

Tableau 1.2 Constituants majeurs d'un pneu (ONY NOMENJANAHARY Tahina 2014)

Constituants	Composition (%m.)	
	VL	PL
Élastomère	47	45
Noire du carbone	21,5	22,0
Métal	16,5	21,5
Textile	5,5	***
Oxyde de zinc	1,0	2,0
Soufre	1,0	1,0
Autres additifs	7,5	5,0

**Figure 1.1** Vue en coupe des constituants d'un pneumatique (Moulin, 2018)

À partir de la zone de contact extérieur jusqu'à l'intérieur, le pneu se compose de

1. Bandes de roulement, fabriqué avec du caoutchouc naturel et synthétiques, elle garantit un kilométrage important. (Continental, 2020)
2. Flancs représentent la partie latérale du pneu, présentent une grande résistance aux attaques chimiques de l'oxygène et de l'ozone.
3. Tringles formées d'un enroulement de câbles d'acier enrobés dans du caoutchouc (Bladé, 2012).
4. Nappe carcasse constitue le support de la bande de roulement. Elle est constituée de nappes en acier et en nylon enrobées de caoutchouc.
5. Armature sommet se compose de plusieurs nappes d'acier et de nylon, très rigide, ces nappes ont un rôle primordial lors de la fabrication du pneu.
6. Gomme intérieure d'étanchéité c'est une couche de caoutchouc plaqué contre la carcasse. (Continental, 2020)

1.2.2 Typologie de pneus usagés

Un pneu est constitué principalement de caoutchouc et contient également de l'acier (de 16 à 27% en masse selon le type de véhicule). L'ensemble des Pneumatiques Usagés (PU) des véhicules comprend les Pneumatiques Usagés Réutilisables (PUR) et les Pneumatiques Usagés Non Réutilisables (PUNR). Ce sont des déchets industriels non dangereux devant être éliminés. Le stockage aérien non contrôlé des pneus peut constituer une source de nuisances (esthétique, ou liée au développement de larves, de moustiques, de rongeurs...) et présente des risques potentiels d'incendie et donc de pollution et de sécurité. La première étape consiste, dans le cadre de la filière d'élimination des PU, à séparer Les PUR des PUNR. Le critère technique de tri entre les PURS et les PUNR porte sur la profondeur de la sculpture et l'intégrité de la structure de l'enveloppe. Les PUNR sont valorisés entiers ou sous forme de demi-produits

- Pneus coupés : morceaux supérieurs à 300 mm ;
- Déchiquetas : pneus découpés en morceaux irréguliers de 50 à 300 mm
- Granulats : pneus réduits à une granulométrie comprise entre 1 et 10 mm par processus mécanique, cryogénique ou thermique ;
- Poudrettes : particules de granulométrie inférieure à 1 mm, obtenue par réduction mécanique, cryogénique ou thermique

Les professionnels du secteur du pneumatique distinguent deux types de pneus usagés

- ✚ Pneu Usagé Réutilisable (PUR) sous cette dénomination, se cachent tous les pneus usagés pouvant être
 - Rechapés (concerne surtout les pneus de poids lourds et d'engins de chantier) ;
 - Commercialisés sur le marché de l'occasion ou de l'export (le cas des pneus n'ayant pas atteint la limite d'usure autorisée).
- ✚ Pneu Usagé Non Réutilisable (PUNR) ce terme désigne un pneu qui ne peut plus assurer la mobilité d'un véhicule en respectant les normes de sécurité ([Amadou TOURE 2015](#))

1.2.3 Caractéristiques des produits en CAOUTCHOUC

Le caoutchouc de pneu recyclé est un matériau précieux obtenu à partir des pneus usagés. Il présente plusieurs caractéristiques intéressantes qui en font un choix judicieux pour diverses applications

- ✚ Round-the-utilisables: Le maintien de l'horloge de haute qualité sans être touchés par la saison, la différence de température et le climat.
- ✚ Hautement élastique: Une forte absorption de choc, appropriées et de rebond de l'élasticité de la force pour réduire la consommation physique, absorption modérée de la pédale d'impact, afin de réduire les blessures sportives.
- ✚ Force d'Ongles résistants: Même le point de départ de l'hectomètre race qui est soumis à la contrainte maximale et est utilisé plus fréquemment ne seront pas détruits par la brosse chaussure ou de bloc de départ.
- ✚ La planéité de la globale: L'adoption de l'auto-matériau de mise à niveau dans la construction afin de remédier efficacement inégale et les défauts de fondation et la forme même de la surface et interface transparente pour se conformer à l'exigence pour le jeu de champ.
- ✚ Belle couleur: Utilisation de l'EPDM hautement élastique spécial ou PU granule, portable, une excellente propriété résistant aux intempéries, doux couleur de la surface, non réfléchissante, beau, confortable et multi-couleur correspondant.

1.2.4 Cycle de vie des pneus

Le cycle de vie d'un pneu (figure 1.2) commence par sa production, à partir de matières premières telles que le caoutchouc naturel, le caoutchouc synthétique

Une fois le pneu fabriqué, il est livré à un distributeur. Le pneu est ensuite monté sur un véhicule et utilisé pour la conduite. Pendant ce temps, le pneu s'use progressivement en raison de l'abrasion, de la flexion et de la chaleur générée par le contact avec la route.

Lorsque le pneu atteint la fin de sa vie utile, il doit être retiré du véhicule. Les pneus usagés peuvent alors être récupérés et valoriser après.

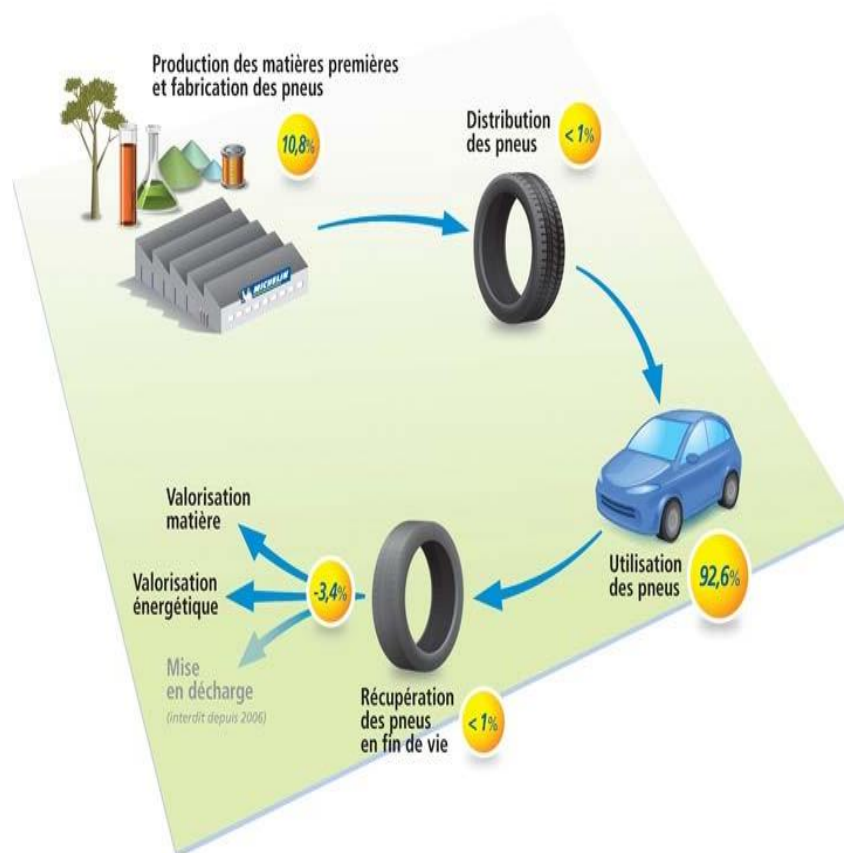


Figure 1.2 cycle de vie des pneus (<https://toutsurlepneu.michelin.com/>)

A. Production de matières premières

Cette première étape passe par des phases spécifiques

- ✚ **Pétrole naturel** : Principal composant du caoutchouc synthétique, utilisé dans la fabrication de la plupart des pneus. Son extraction peut avoir des impacts environnementaux importants, tels que la pollution des sols et des eaux, les émissions de gaz à effet de serre et la déforestation.
- ✚ **Caoutchouc naturel** : Issu de l'hévéa, une plante cultivée dans les régions tropicales. Sa production peut entraîner des problèmes de déforestation, de perte de biodiversité et de violations des droits humains.
- ✚ **Noir de carbone** : Dérivé de la combustion incomplète du pétrole, il renforce la structure du pneu et améliore ses propriétés. Sa production émet des gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques.
- ✚ **Acier Utilisé** : pour la fabrication du renfort interne du pneu, sa production implique l'extraction de minerai de fer et des processus industriels énergivores.
- ✚ **Agents chimiques** : Divers additifs sont utilisés pour conférer au pneu les propriétés souhaitées (vulcanisation, protection contre l'usure, etc.), certains pouvant présenter des risques pour la santé et l'environnement.

B. Fabrication de pneus

Le processus de la fabrication des pneus passe par les étapes suivantes

- ✚ **Mélange des matières premières** : Les différents composants sont mélangés selon des formules précises pour obtenir une composition homogène.
- ✚ **Malaxage** : le mélange est malaxé pour assurer une dispersion uniforme des composants et une bonne cohésion.
- ✚ **Façonnage** : le mélange est mis en forme par extrusion ou moulage pour créer les différentes parties du pneu (bande de roulement, flancs, talon, etc.).
- ✚ **Vulcanisation** : le pneu est soumis à une température et une pression élevée pour lier chimiquement les composants et conférer au pneu ses propriétés finales (élasticité, résistance à l'usure, etc.).

C. Utilisation de pneu

Durant leur vie utile, les pneus doivent fournir sécurité et performance. L'usure des pneus dépend de plusieurs facteurs tels que le style de conduite, la qualité des pneus, et l'entretien régulier (comme la vérification de la pression).

D. Récupération de pneus en fin de vie

Le processus de recyclage des pneus (figure 1.3) est un processus en plusieurs étapes qui convertit les pneus usagés en matières premières précieuses, en énergie et en produits recyclés. Il s'agit d'une pratique importante qui contribue à résoudre les problèmes environnementaux liés à l'élimination des pneus, réduit la consommation de ressources et favorise le développement durable



Figure 1.3 Le processus de recyclage des pneus

- ✚ **Collecte et tri** : La première étape du processus de recyclage des pneus est la collecte des pneus usagés (figure 1.4) ou mis au rebut auprès de diverses sources telles que les ateliers de réparation automobile, les marchands de pneus, les casses et les municipalités. Ces pneus sont ensuite classés selon leur taille, leur type et leur état. Le tri permet un traitement efficace et garantit que les pneus sont correctement triés pour d'autres méthodes de recyclage.



Figure 1.4 collecte et tri des pneus (<https://www.clcv.org/>)

- ✚ **Contrôle et préparation** : Une fois classés, les pneus sont soumis à une inspection approfondie. Cette inspection permet d'identifier les pneus qui ne conviennent pas au recyclage en raison de dommages graves ou d'une contamination. Les pneus préparés sont nettoyés pour éliminer la saleté, les cailloux et autres débris pouvant être incrustés dans les bandes de roulement. Une préparation adéquate garantit que les pneus sont prêts pour les prochaines étapes du processus de recyclage.
- ✚ **Broyage mécanique** : Le broyage mécanique (figure 1.5) est une méthode couramment utilisée dans le recyclage des pneus. Au cours de ce processus, les pneus préparés sont déchiquetés en morceaux plus petits à l'aide d'un équipement de déchiquetage de pneus spécialisé. Ces broyeurs utilisent de puissantes lames rotatives pour briser les pneus en copeaux ou en morceaux. Les morceaux de pneus déchiquetés ont une plus grande surface, ce qui les rend plus faciles à traiter lors des étapes suivantes.



Figure 1.5 Broyage mécanique des pneus (<https://www.franceenvironnement.com/>)

- ✚ **Séparation des fils d'acier:** Après le processus de broyage mécanique, les morceaux de pneus broyés subissent une séparation en fil d'acier (figure1.6). Cette étape implique l'utilisation de séparateurs magnétiques ou d'écrans en treillis métallique pour éliminer les fils d'acier présents dans la structure du pneu. Les fils d'acier séparés sont collectés et envoyés pour un traitement ultérieur ou vendus comme matériau séparé.



Figure 1.6 Séparation des fils d'acier (<https://french.globalsources.com/>)

- ✚ **Granulation de caoutchouc :** La granulation du caoutchouc est une autre méthode utilisée dans le recyclage des pneus. Les morceaux de pneu déchiquetés sont ensuite traités par granulation. Des granulateurs ou des broyeurs fins sont utilisés pour réduire la taille des particules de caoutchouc en granulés plus petits. Cette étape permet une meilleure manipulation et facilite la séparation des différents composants en caoutchouc. Comme il est présenté dans la figure1.7



Figure 1.7 Granulats en caoutchouc (<https://www.researchgate.net/>)

- ✚ **Broyage cryogénique** : Le broyage cryogénique (figure 1.8) est une méthode spécialisée utilisée pour produire de la poudre de caoutchouc fine à partir des granulés de caoutchouc. Dans ce processus, les granulés de caoutchouc sont refroidis à des températures très basses à l'aide d'azote liquide. Le caoutchouc congelé est ensuite broyé en poudre fine à l'aide d'un équipement de broyage spécialisé. Le broyage cryogénique permet de préserver la qualité du caoutchouc et produit une poudre fine adaptée à diverses applications.

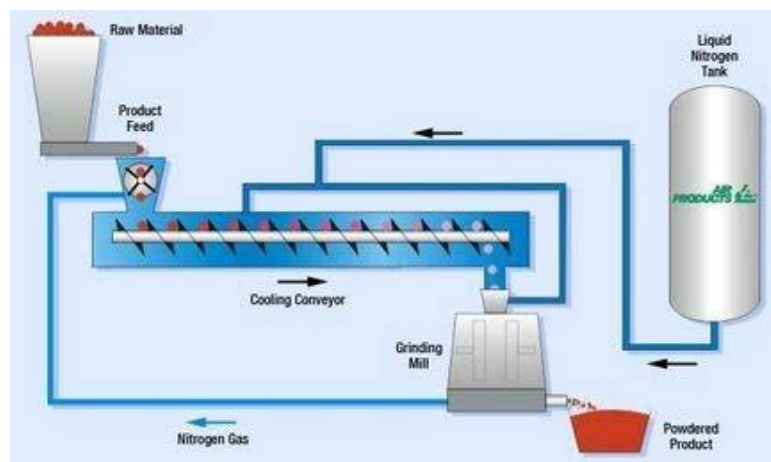


Figure 1.8 Broyage cryogénique (<https://www.constructioncayola.com/>)

- ✚ **Dé vulcanisation** : La dé vulcanisation est un processus utilisé pour récupérer le caoutchouc des pneus usés en brisant les liaisons de réticulation et en restaurant les propriétés élastomères du caoutchouc. Ce processus implique l'utilisation de produits chimiques, de chaleur ou de moyens mécaniques pour décomposer les réticulations de soufre dans le caoutchouc, ce qui lui permet d'être réutilisé dans de nouveaux produits en caoutchouc.

✚ **Pyrolyse** : La pyrolyse est un processus de décomposition thermique utilisé pour décomposer le caoutchouc des pneus en ses composants constitutifs (figure1.9), notamment l'huile liquide, le gaz et le noir de carbone. Les pneus sont chauffés en l'absence d'oxygène, provoquant leur décomposition en ces précieux produits. Le pétrole liquide peut être encore raffiné et utilisé comme carburant, tandis que le gaz peut être utilisé pour la production d'énergie. Le noir de carbone, un sous-produit de la pyrolyse, peut être utilisé comme agent de renforcement dans les produits en caoutchouc ou comme matière première dans diverses industries.

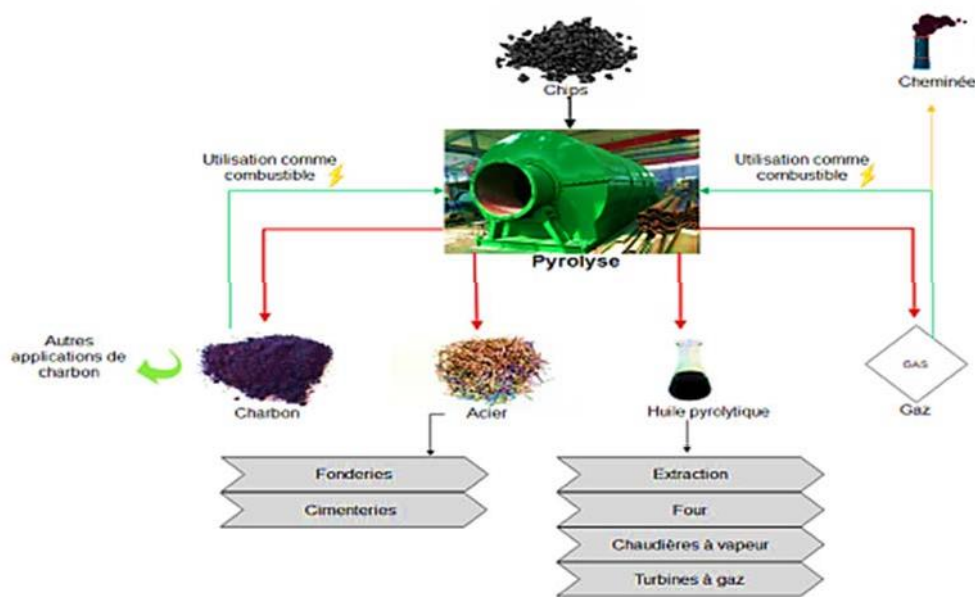


Figure1.9 Produits et applications de la pyrolyse (Rofiquil et al., 2010)

✚ **Fabrication du produit** : Le caoutchouc recyclé obtenu à partir des processus de recyclage des pneus peut être utilisé pour fabriquer divers produits. Cela comprend la production d'asphalte caoutchouté, de tapis en caoutchouc, de surfaces de terrains de jeux, de remplissage de terrains de sport, de pièces automobiles et de matériaux de construction. La polyvalence du caoutchouc recyclé permet son intégration dans un large éventail d'applications, favorisant l'utilisation de matériaux durables. (<https://fr.xyt-recycling.com/>)

E. Valorisation : La valorisation des déchets de pneus usagés représente une solution durable et prometteuse pour relever les défis environnementaux posés par leur accumulation. Au lieu d'être simplement éliminés, ces pneus peuvent être recyclés et réutilisés dans divers domaines.

1.3 Impacts environnementaux des pneus usagés

Comme ils ne présentent pas de propriétés dangereuses, les éléments constitutifs des pneus ne sont pas intrinsèquement nocifs. Toutefois, ils peuvent comporter des risques pour la santé publique et l'environnement s'ils ne sont pas convenablement gérés et éliminés.

Les pneus ne sont pas biodégradables dans la mesure où le temps qu'il leur faut pour se décomposer est indéterminé. Les impacts environnementaux des pneus usagés peuvent être examinés à travers divers aspects

1.3.1 Décomposition et libération de substances chimiques

La décomposition des pneus usagés est un processus complexe qui soulève des préoccupations environnementales au fil du temps comme

- 🧩 **Caoutchouc** : Les pneus se décomposent naturellement avec le temps, libérant des particules de caoutchouc. Ces particules peuvent contaminer les sols et les eaux environnantes.
- 🧩 **Produits chimiques toxiques** : Les pneus contiennent des produits chimiques tels que des huiles, des métaux lourds (comme le zinc, le cuivre et le plomb) et des agents anti-oxydants. Ces substances peuvent être libérées lors de la décomposition des pneus, entraînant une pollution des sols et des eaux.
- 🧩 **Formation de microplastiques** : L'abrasion des pneus sur la route génère des particules fines qui peuvent devenir des microplastiques. Ces microplastiques peuvent contaminer les sols et être transportés par les eaux de ruissellement vers les cours d'eau, les lacs et les océans, ayant ainsi des effets néfastes sur la faune et la flore aquatiques.

1.3.2 Problèmes liés à l'élimination inappropriée

L'élimination inadéquate des pneus usagés représente de sérieux défis environnementaux et sanitaires. Lorsqu'ils sont simplement abandonnés ou enfouis de manière non contrôlée et elle peut causer ces problèmes dangereux

- ✚ **Incendies de pneus** : L'élimination inappropriée des pneus, notamment leur entreposage en plein air, peut entraîner des incendies. Les incendies de pneus produisent des fumées toxiques contenant des substances dangereuses, telles que des composés soufrés, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des dioxines. Comme il est montré dans la figure. 1.10



Figure 1.10 Incendies de pneu (<https://journaldupneu.com/>)

- ✚ **Habitats de reproduction pour les vecteurs de maladies** : Les pneus stockés de manière inappropriée peuvent accumuler de l'eau de pluie, créant ainsi des habitats de reproduction pour les moustiques et augmentant le risque de propagation de maladies telles que le virus Zika et le virus du Nil occidental.

1.3.3 Modes de traitement selon l'impact environnemental

Les déchets pneumatiques qui sont très encombrants peuvent être gérés de différentes méthodes, qu'elles soient destructives (en cimenteries, aciéries, chaufferies ou fonderies) ou bien non destructives (gazon synthétique, aires de jeux, sols équestres). Le schéma suivant (figure 1.11) montre la hiérarchie des modes de traitement à privilégier selon l'impact environnemental



Figure 1.11 Hiérarchie des modes de traitement selon l'impact environnemental (Moulin, 2018)

Prévention : La prévention est la clé pour réduire les quantités importantes de pneus usagés générés chaque année. Des initiatives tant au niveau des fabricants que des consommateurs peuvent contribuer à limiter ce problème à la source

Réutilisation : Lorsque les PU collectés et triés ne sont pas vendus comme pneus d'occasion (dans les pays avec une réglementation plus flexible), ils sont réutilisés à l'état brut dans le domaine du génie civil.

Recyclage : La plupart des pneus recyclés trouvent des applications en tant que substitut dans divers domaines d'application.

Valorisation énergétique : La voie la plus significative de valorisation car elle utilise le pneu pour son pouvoir calorifique pour générer de l'énergie.

Mise en décharge / enfouissement : C'est la méthode qui a le plus d'impacts environnemental à cause des risques d'incendie

1.4 Déchets de pneu au monde

Il est signalé dans le rapport final de l'United Nations Environment Program (UNEP) que les pneus en fin de vie ou les pneus usagés (PU) sont l'un des flux de déchets dont la croissance est constante et devrait se poursuivre à l'avenir suite à la croissance démographique et le développement des pays. La production des déchets pneumatiques en 2013, par région était de : 4.4 millions de tonnes aux USA (RMA, 2014), 3.4 millions de tonnes en Europe (ETRMA, 2014) 1.02 millions de tonnes au Japon (JATMA, 2014) ,1 millions de tonnes en Russie (Yankovi et al., 2017) et 365.000 tonnes au Brésil. (RECICLANIP, 2015). La (figure1.12) montre la distribution des déchets pneumatiques dans le monde en 2013.

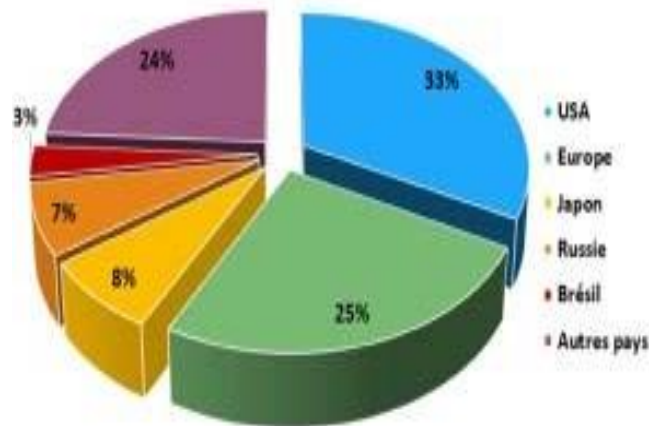


Figure 1.12 Distribution des déchets pneumatiques dans le monde

1.5 Initiatives de recyclage au monde

1.5.1 Cas de France

a) France Recyclage Pneumatiques

France Recyclage Pneumatiques est une entité engagée dans la collecte et la valorisation des pneus usagés à travers la France. Cette organisation se démarque par sa mission de fournir un service de qualité pour la gestion des pneus usagés, en respectant la réglementation relative à leur collecte et valorisation. & a été marquée par une nette reprise de notre activité, avec une forte progression du volume d'activité global et du nombre de clients. Ils ont collecté 95 417 tonnes de pneumatiques, dont 46% ont été valorisées en matière et 54% en combustible de substitution. Malgré les impacts de la crise sanitaire, nous avons réalisé le plus important volume d'activité depuis la création du groupement.

b) Tonnages collectés

En 2021, (figure 1.13) les volumes de pneumatiques usagés collectés ont augmenté de 18%. Cette progression a permis de traiter les volumes non traités en 2020 en raison de la crise sanitaire. En 2020, 9 % des commandes producteurs ont été reportées sur 2021. Les centres agréés de véhicules hors d'usage (VHU) ont enregistré une baisse de -16 % en 2020, mais ont connu une légère reprise en 2021, avec une augmentation des volumes collectés de +4,4 %. L'évolution s'explique par l'impact limité de la reprise économique sur les ventes d'automobiles neuves. Le GIE FRP a rempli ses objectifs de commandes dans tous les segments du marché avec 100% de réalisation.

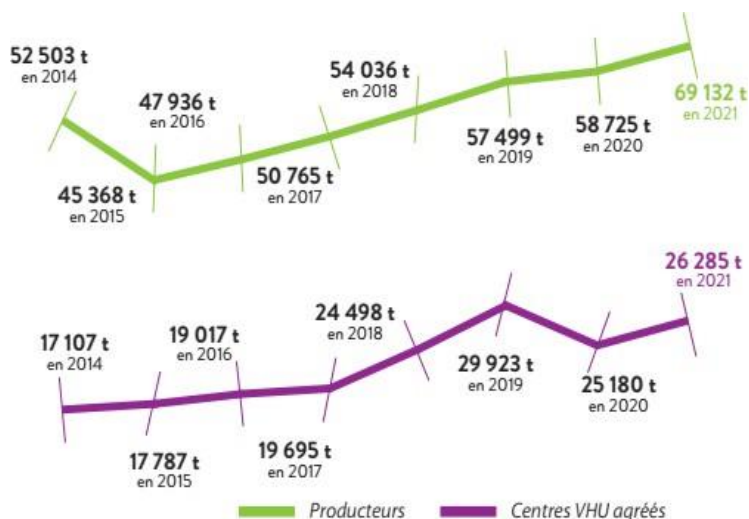


Figure 1.13 Nombre de tonnages collectés et centres VHU agréés (Rapport_GIE-FRP_2021)

c) Tonnages collectés par types de pneumatiques

Avec 79 594 tonnes collectées dans les filières de maintenance automobile et les centres VHU agréés, les pneus de véhicules légers et deux roues motorisés ont augmenté de 11 % en 2021, après une baisse de 1 % en 2020. Cette progression est moins importante que celle des pneus poids lourds (+ 36 %) et des pneus d'engins agricoles et de génie civil (+ 23 %), qui ont directement bénéficié de la reprise économique depuis fin 2020 et tout au long de 2021. Comme il est illustré dans la figure 1.14.

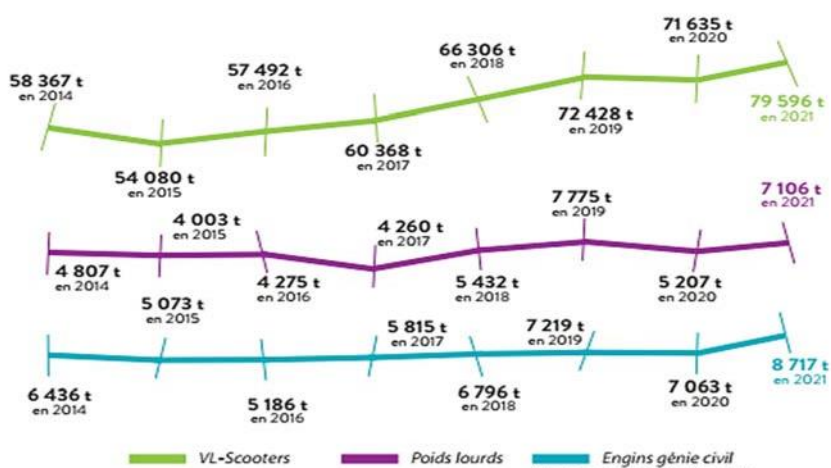


Figure 1.14 Tonnages collectés par types de pneumatique (Rapport_GIE-FRP_2021)

d) Filières de valorisation

En 2021, les pneumatiques usagés vers la valorisation énergétique en cimenteries ont fortement augmenté. La filière REP pneumatiques usagés est ainsi devenue un exutoire régulier, compensant les variations des autres filières plus instables. La filière de valorisation matière privilégiée par France Recyclage Pneumatiques voit sa part baisser de 12% en 2021 en raison du manque de débouchés dans le secteur du bâtiment et des travaux publics pour le matériau Draingom®. La filière de réutilisation (vente d'occasion, rechapage) connaît quant à elle une baisse importante de 36% de sa part de valorisation. Et c'est ce qu'il est montré dans figure 1.15 (Rapport_GIE-FRP_2021)

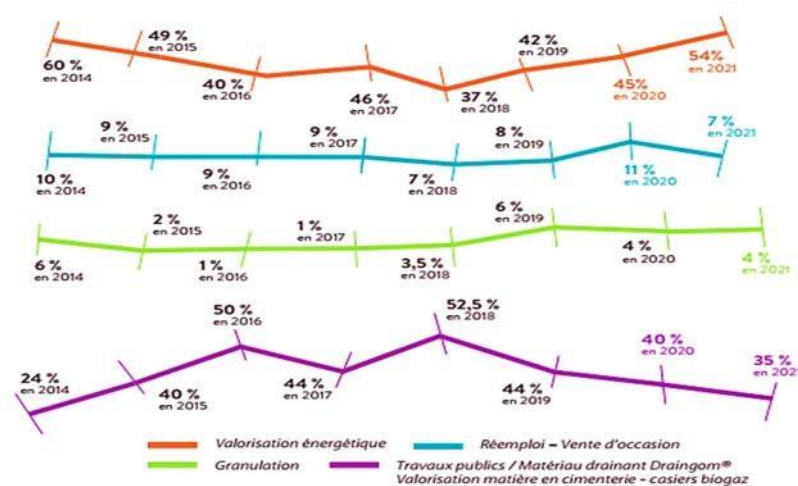


Figure 1.15 Filières de valorisation (Rapport_GIE-FRP_2021)

1.5.2 Cas de Nigeria

a) F.R.E.E Recycle limited (Nigeria)

Le Nigéria est un pays d'Afrique de l'Ouest qui dépend principalement de l'exportation de pétrole. Cependant, il souffre également d'un problème de gestion des pneus usagés qui polluent et encombrant le pays. Ifedolapo Runsewe, une jeune entrepreneuse, recycle les pneus pour créer des matériaux et objets utiles localement. Elle est à la tête de F.R.E.E Recycle Limited et transforme les pneus en pavés, carrelages, sols, etc. Une façon de soutenir l'environnement et les habitants avec des matières fabriquées localement et moins coûteuses. La principale motivation de Runsewe fut les dix millions de pneus polluants qui remplissent les décharges nigérianes. Selon lui, créer quelque chose de nouveau à partir de ces déchets était une source

de motivation. Son usine à Ibadan fabrique des objets à partir de ces déchets. Comme il est présenté dans la figure 1.16



Figure 1.16 pneus collectés (<https://www.neozone.org/>)

b) Obtention de la matière première

Au Nigéria, le traitement des déchets n'est pas réglementé comme en France. On observe donc fréquemment des amoncellements de déchets incinérés la nuit, faute d'une méthode d'élimination plus sécurisée. Les pneus sont souvent jetés et abandonnés au bord des routes. Free Recycle Limited utilise des équipes d'éboueurs rémunérés de 70 à 100 nairas (0,17 à 0,24 \$) par pneu pour collecter les vieux pneus dans les décharges.

c) Produits fabriqués par l'entreprise

Au lieu de contribuer à la pollution de l'atmosphère en brûlant des pneus, émettant du carbone, Free Recycle Limited les gère et les transforme en revêtements de sol respectueux de l'environnement. (Figure 1.17 Et 1.18) Ils deviennent notamment des pavés et des carreaux de sol destinés à des utilisations variées telles que des habitations, des bureaux, des aires de jeux pour enfants et bien d'autres encore.

L'industrie des revêtements de sol en caoutchouc recyclé est encore discrète dans le pays, mais elle gagne progressivement en popularité, avec l'adoption croissante de dalles en caoutchouc. Cette nouvelle matière est utilisée en guise de revêtements de verrouillage, de rouleaux de caoutchouc et de gazon artificiel dans des lieux tels que les bureaux techniques, les maisons, les parcs de loisirs, les aires de jeux pour enfants et les bâtiments publics. De plus, l'entreprise ne risque pas la pénurie de matière première. (<https://www.neozone.org/>)



Figure 1.17 Briques de pavage



Figure 1.18 Revêtement de sol en caoutchouc

Free Recycle a démarré ses activités en 2018 avec environ quatre employés. Depuis, l'effectif est passé à plus de 150 personnes. En six ans plus de 600. 000 pneus ont été collectés et plus de 400 000 d'entre eux ont été recyclés en de nouveaux produits.

Le produit le plus populaire de l'entreprise, c'est ce pavé en caoutchouc (figure1.19), qui coûte environ 60 \$ pour 40 pièces. Les produits F.R.E.E sont disponibles dans les principales villes nigérianes, notamment Lagos, Abuja et Port Harcourt. L'activité est appréciée dans cette région.

(<https://fr.africanews.com/>)



Figure 1.19 Le pavage d'un trottoir (<https://www.neozone.org/>)

1.5.3 Cas des Etat- unis

L'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) a classé les PUNR parmi les « déchets et matériaux courants ». Les USA génèrent des millions de PU annuellement et possède la plus grande industrie de recyclage de déchets pneumatiques au monde, avec des marchés plus développés que dans n'importe quel autre pays. Aux Etats-Unis chaque état gère les pneus qui y sont générés selon une réglementation et programme spécifique

Le taux de recyclage aux USA n'a pas cessé d'augmenter depuis 1990 jusqu'en 2015 passant de 24.5% jusqu'à 87.9%. En 2020, United states tire manufacturiers association (USTMA) a publié de nouvelles statistiques résumées dans la figure 1.20



Figure 1.20 Quantités produites et valorisées aux USA 2011-2019

On remarque que le taux de recyclage est en baisse depuis 2015 avec un taux de 87.9% comparé à 81.4% et 75.8% en 2017 et 2019 respectivement. D'après l'USTMA, le problème n'est pas lié à une baisse dans la gestion et le recyclage mais plutôt à une augmentation dans la quantité des PUNR causé par un développement considérable du parc automobile. En 2013, 3.6 millions de PUNR ont été générés aux Etats-Unis dont 95.9% a été valorisé, la figure ci-dessous montre le pourcentage des différentes voies de valorisation. Comme il est illustré dans la figure 1.21

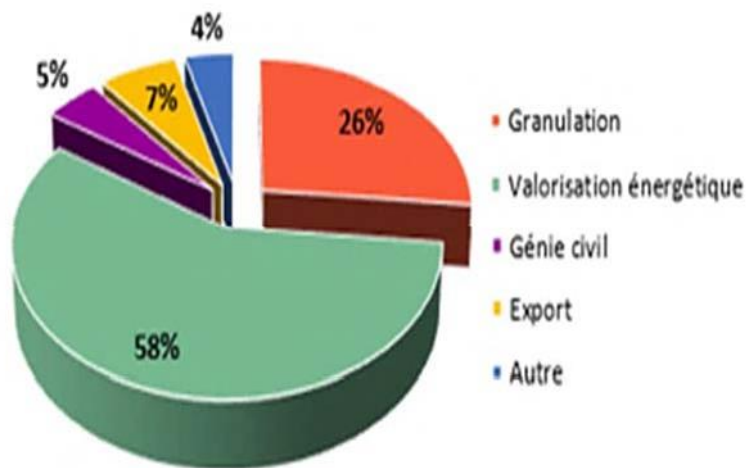


Figure 1.21 Principales destinations des PUNR aux USA en 2013

On remarque que les premières voies de valorisation aux USA sont la voie énergétique et la granulation avec des taux de 58% et 26% respectivement. La figure 1.22 ci-dessous montre les principales utilisations dans le domaine de la voie énergétique.

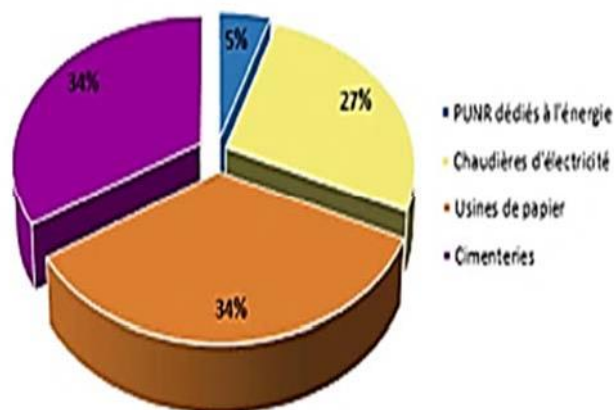


Figure 1.22 Utilisations en valorisation énergétique en 2013 (RMA2014)

On remarque que les principaux débouchés de la valorisation énergétique sont répartis entre les industries de ciment, de papier et les chaudières d'électricité. Par ailleurs, la figure 1.23 montre les principales utilisations des granulats de PUNR qui sont principalement : la fabrication de pièces moulés (antidérapants, anti-bruit), les aires de jeux et les surfaces de sport. Le petit tiers restant se partage entre les granulats exportés, dans les bitumes modifiés et les industries automobiles (parechoc).

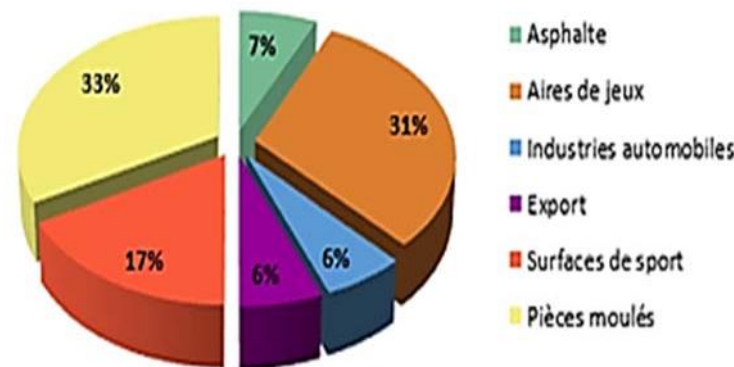


Figure 1.23 Utilisation des granulats en 2013 (RMA, 2014)

1.5.4 Cas du Kuwait

Le Koweït a un projet d'envergure établie une nouvelle ville sur les ruines la figure 1.24 montre une ancienne décharge qui contenait des millions de pneus. Dans ce pays du Golfe riche en pétrole, cette décharge était considérée comme le plus grand cimetière de pneus au monde par les autorités : soit 40 millions de pneus au compteur. Après 17 ans d'existence et trois incendies d'envergure entre 2012 et 2020, les autorités avaient décidé de fermer le site.



Figure 1.24 le cimetière du Kuwait (<https://jack35.fr/>)

Face aux dangers pour la santé des habitants et aux risques environnementaux, les autorités ont décidé à la suite de ces incendies de procéder à une évacuation des lieux. En septembre 2021, le Koweït "a terminé de déplacer tous les pneus vers un nouvel emplacement à al-Salmi, près de la frontière saoudienne", expliquait l'agence Reuters, un lieu "où les efforts de recyclage

ont commencé" pour valoriser les montagnes de pneus qui s'étaient accumulées au fil des ans. Du côté de Sulaibiyaqui, le pouvoir koweïtien a entrepris de développer une vaste zone résidentielle, voulant "construire 25.000 nouvelles maisons sur le site".

1.5.5 Cas de l'Algérie

a. Pneus usagés en Algérie

Le développement et la croissance du parc automobile impliquent l'évolution à la hausse de la quantité des déchets pneumatiques. Selon l'Agence Nationale de la Promotions du Commerce extérieure, l'Algérie importe 49.62 milliers de tonnes de pneus neufs en moyenne. Sachant qu'un pneu neuf génère un pneu usagé et si l'on tient compte de la perte de masse due à l'usure du pneu, on se retrouve en moyenne avec environs 45.65 milliers de tonnes de pneus usagés (Trousine, 2009).

Selon une enquête de l'Agence Nationale des Déchets (AND) figure. 1.25, pas moins de **288 216 tonnes** de pneus usagés ont été générés en 2018, contre environ **190 000 tonnes** en 2008, soit une augmentation constante au fil des années

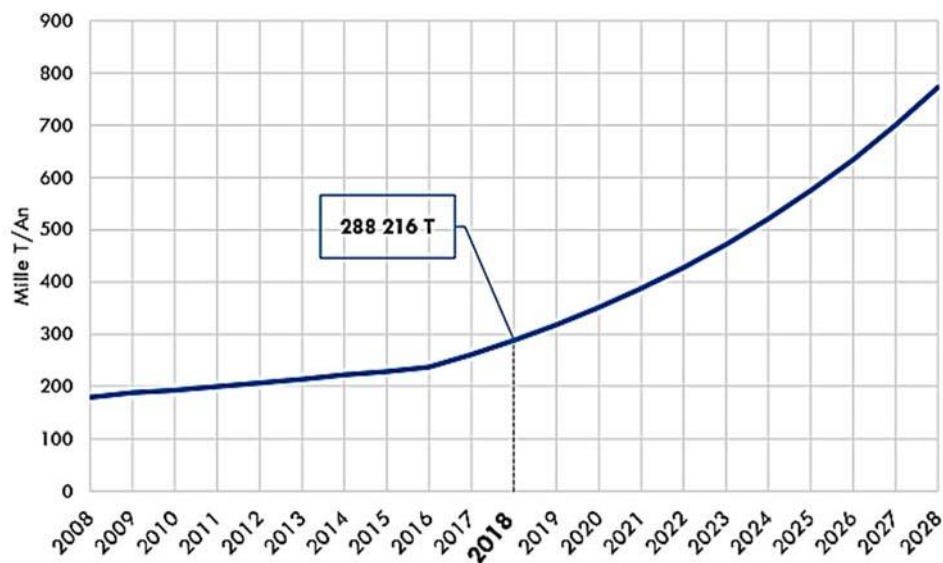


Figure 1.25 Évolution quantitative des pneus usagés à l'échelle nationale (Agence nationale des déchets)

L'exploitation des données de la même source, couvrant le territoire national, met en évidence que les quantités de pneus usagés générées dans les wilayas du nord figure 1.26, notamment Alger sont supérieures à celles des autres régions du fait d'une densité de population importante, avec quelques-unes des plus grandes agglomérations d'Algérie : Alger, Blida, Oran, Bejaia, Tizi-Ouzou

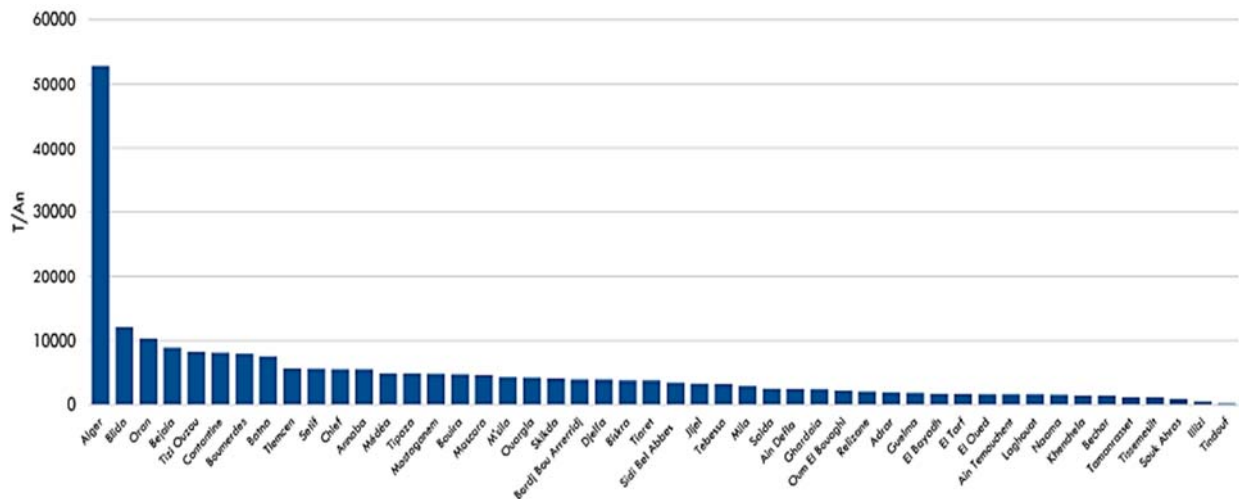


Figure 1.26 Répartition spatiale de la quantité des pneus usagés sur le territoire national (Agence national des déchets, 2018)

Par ailleurs, il est à noter que le ratio national du pneu/Véhicule. /An montre que les pneus usagés générés par les camions et autobus sont plus conséquents que les véhicules de tourisme

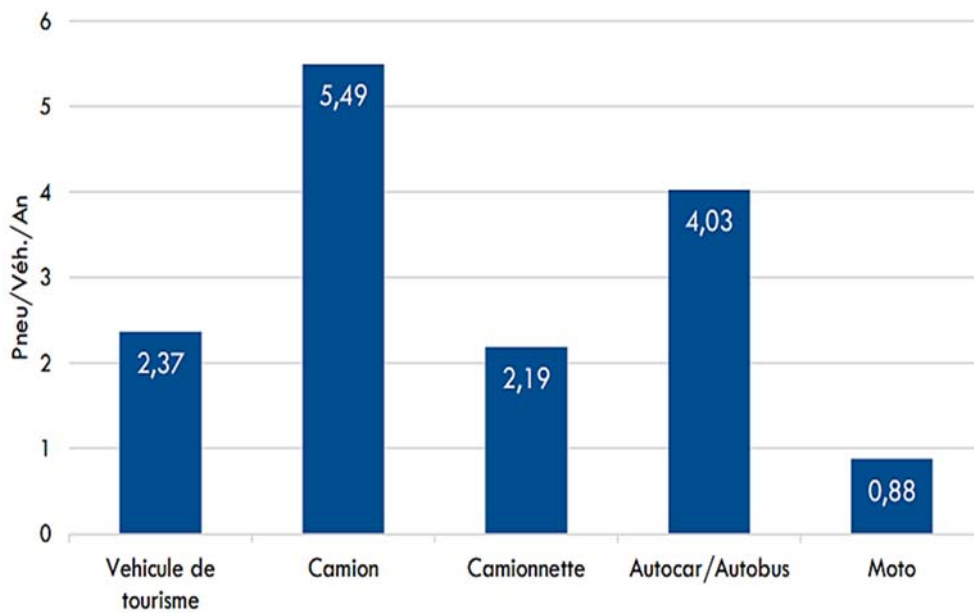


Figure 1.27 Ratio national des pneus usagés (Agence nationale des déchets 2018)

b. Réglementation en Algérie

En Algérie, les pneus hors d’usage sont classés comme déchets spéciaux « classe S » sous le code « 16.1.1 » sans aucun critère de dangerosité. Par ailleurs il existe quelques lois dans le cadre législatif de la gestion des déchets pneumatiques.

- Loi n°01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, définit les principes de base qui conduisent à une gestion intégrée des déchets, de leur génération à leur élimination ;

- Loi n°03-10 de la 19/07/2003 relative à la protection de l'environnement et au développement durable, consacre les principes généraux d'une gestion écologique rationnelle

- Loi n°04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, définit clairement les responsabilités de chacun des acteurs impliqués dans le domaine de la prévention au niveau des zones et des pôles industriels. (AND, 2018).

Après l'interdiction d'importation de pneus usagés (Arrêté interministériel du 1er juillet 2000), la nouvelle fiscalité impose une taxe sur les pneumatiques.

La taxe est prélevée pour les pneus produits localement, à la sortie d'usine, par les fabricants de ces produits. A l'importation, la taxe est prélevée par les services des douanes sur la valeur CAF (Coût, Assurances et Fret) des quantités importées. (Décret exécutif n° : 07- 117 du 21 avril 2007 fixant les modalités de prélèvement et de reversement de la taxe sur les pneus neufs importés et/ou produits localement. La taxe sur les pneus neufs importés et/ou produits localement, a été fixée à 10 DA/pneu pour les pneus de poids lourds et 05 DA/pneu pour les pneus de véhicules légers. 50 % de la valeur de cette taxe est affectée au FEDEP (Le Fonds National pour l'Environnement et la Dépollution).

c. **L'entreprise RECYTECH**

La Sarl RECYTECH est une usine algérienne moderne spécialisée dans le recyclage et la valorisation des pneus usagés créée en 2013.

Adoptant la politique « zéro déchet », RECYTECH est le principal organisme qui prend en charge le recyclage et la valorisation des PUNR en Algérie. L'entreprise prend en charge près de 12 000 tonnes de PUNR/an. Au-delà de l'aspect environnemental, RECYTECH a pour objectif de contribuer à la création d'une économie industrielle aux principes environnementaux.

Son activité première est le recyclage mécanique qui permet de transformer le PUNR en quatre sous-produits

- Granulés de caoutchouc de différents diamètres appelés SBR (Copolymère de Styrène

Butadiène Rubber)

- Poudrette de caoutchouc
- Fibres d'acier
- Fibres textiles.

a) Collecte et stockage des pneus usagés à RECYTECH

Afin de récupérer les pneus usagés gratuitement, l'entreprise RECYTECH a signé des conventions avec des entreprises nationales telles que NAFTAL et ETUS Constantine. Par ailleurs, l'entreprise a établi aussi des conventions avec des entreprises privées GTP, NUMILOG, PEPSI... en vue de récupérer des pneus à des prix symboliques. Le prix dépend principalement de la distance entre le point de collecte et RECYTECH. En moyenne, il est de l'ordre de **0.5da/kg** à **1.50da/kg**. Quand la collecte est faite gratuitement, les PUNR sont quantifiés par unité, si cette dernière est payante, ils sont quantifiés par tonnes.

L'usine s'étend sur une surface de 12 000m², dont une grande aire de réception des pneus usagés. Comme il est montré dans la figure 1.28



Figure 1.28 Aire de réception, de stockage et de tri des PUNR au sein de RECYTECH

b) Quantités de pneus usagés collectés

Les quantités collectées (figure1.29) varient d'un mois à un autre. La collecte dépend principalement des conventions avec les organismes. Néanmoins, pendant l'année 2020, la baisse considérable de la quantité de pneus usagés collectés est liée au gel des activités commerciales suite à la pandémie Covid-19.

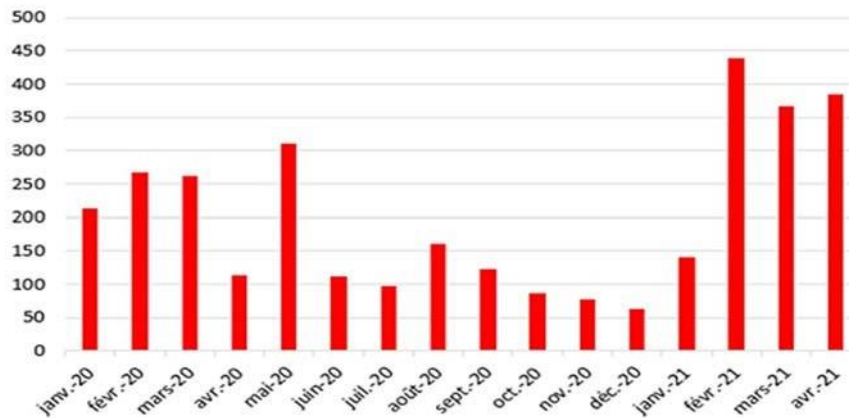


Figure 1.29 Quantités de pneus usagés collectées en 2020 et début 2021 (Tonnes)

c) Bilans de pneus usagés préparés et quantités de caoutchouc produite

Suite aux différentes étapes de recyclage, les produits obtenus sont triés. Enfin, on obtient du caoutchouc, de l'acier et de la fibre textile. Le caoutchouc est le produit le plus commercialisable à cause du large éventail d'utilisations qu'il offre. Comme il est illustré dans la figure 1.30

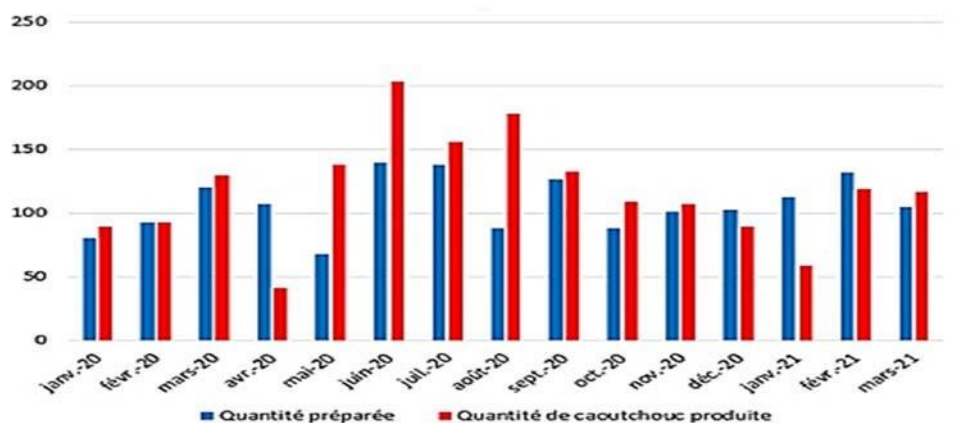


Figure 1.30 Quantités de pneus usagés préparées et quantités de caoutchouc produite en 2020 et début 2021(Tonnes)

d) Quantité de poudrette fine et des granulats

Plusieurs facteurs ont une influence sur la quantité de caoutchouc recyclé. On remarque que pour certains mois (Mai 2020, Aout 2020) la quantité de caoutchouc produite est largement supérieure à la quantité préparée. Ceci s'explique par l'utilisation du stock de chips préparée les mois d'avant au préalable.

On remarque aussi que la quantité de granulats produite au fil des mois de l'année 2020 figure. 1.31 est nettement supérieure à celle de la poudrette fine. Ceci s'explique par la demande préférentielle des clients pour les granulats

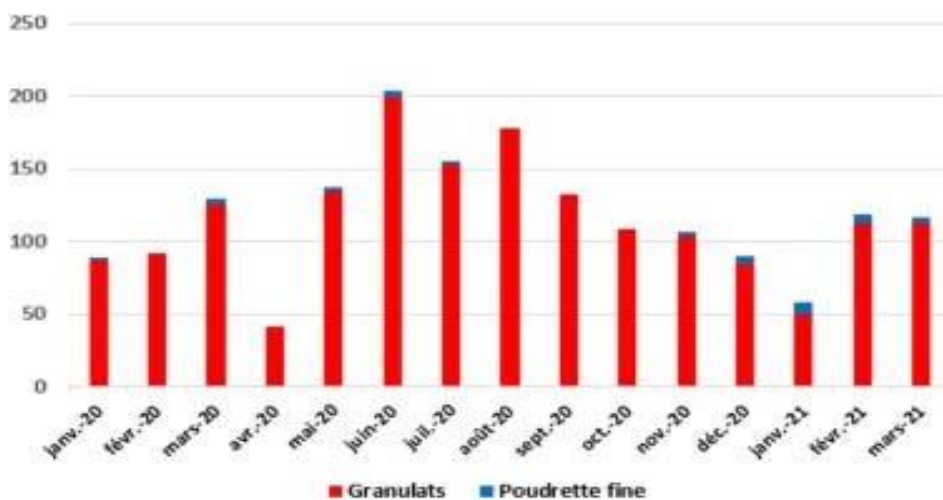


Figure 1.31 Quantité de poudrette fine et des granulats en 2020 et début 2021 (Tonnes)

1.6 Conclusion

La gestion durable des déchets de pneus usagés représente un défi de taille, nécessitant une mobilisation transversale et coordonnée de l'ensemble des acteurs impliqués. Cette problématique d'envergure, aux répercussions environnementales, économiques et sanitaires majeurs, exige une prise de conscience collective et une action concertée.

Seule une approche holistique, fédérant les efforts conjugués des autorités publiques, des industriels, des citoyens et de la société civile, pourra insuffler une dynamique vertueuse dans la valorisation des pneus en fin de vie. Il est primordial d'instaurer un cadre réglementaire ambitieux, propice au développement de filières de recyclage et de valorisation performantes et pérennes. Parallèlement, une sensibilisation accrue des consommateurs et un engagement renforcé des acteurs économiques sont indispensables pour ancrer durablement ces nouvelles pratiques vertueuses.

Chapitre II

Valorisation des pneus recyclés dans les aménagements urbains

2.1. Introduction

Les matériaux issus du recyclage des pneus offrent de nombreux débouchés valorisants. Leur utilisation la plus répandue concerne les enrobés routiers, où les granulats de caoutchouc améliorent la durabilité et les performances de l'asphalte, prolongeant la durée de vie des chaussées tout en les rendant plus sûres et confortables.

Une autre application courante est la création de revêtements amortissants pour les aires de jeux pour enfants, le caoutchouc recyclé formant une surface souple qui réduit les risques de blessures. Ce chapitre explorera la diversification des filières de valorisation des pneus usagés, en détaillant leurs avantages, inconvénients ainsi que les initiatives mondiales en la matière.

2.2. Filières de valorisation

Le cheminement des pneus usagés est organisé comme suit :

Après le démontage des pneus usagés, ils sont stockés par les garagistes puis collectés par les collecteurs qui trient les pneus pour sélectionner les pneus pouvant être réutilisés ou faire l'objet d'un rechapage. Les pneus usagés non réutilisables sont, soit stockés entiers ou déchiquetés ou broyés, afin de les livrer aux valorisateurs.

La valorisation des pneus usagés, peut se présenter sous l'une des formes suivantes :

2.2.1. Rechapage

Permettant d'allonger considérablement la vie du pneu, le rechapage est la première solution de recyclage. Cette technique consiste à changer les bandes de roulement des pneus usagés, en les remplaçant par des bandes de roulement neuves. Cette technique a pour cible les pneumatiques usagés dont les carcasses ont gardé intacte l'ensemble de leurs qualités intrinsèques et notamment leurs durances. Cette activité génère à son tour des déchets, dont la poudrette de caoutchouc.

En Algérie, Michelin Algérie est la seule unité de rechapage inscrite au registre de commerce. L'unité en question ne recape que les pneus homologués par Michelin et avait pour objectif d'atteindre 100 pneus rechapés/ jour en fin 2006 (Quotidien El Watan du 1er décembre 2004).

2.2.2. Valorisation énergétique

Le pneumatique, de par son origine polymérique, a un excellent pouvoir calorifique (3 tonnes de pneus = 2 tonnes de fuel)

Sa composition homogène en fait par ailleurs un combustible de substitution stable. La valorisation énergétique, est cependant limitée en France où 18 % des pneus usagés sont valorisés, contre 63 % au Japon, 44 % en Allemagne et 29 % en Grande-Bretagne. Elle repose de surcroît, quasi essentiellement, sur les cimenteries. Le recours à des installations dédiées, étant très faible.

2.2.3. Incinération en cimenterie

L'industrie cimentière a commencé à utiliser des pneus usagés en substitution partielle des combustibles traditionnels en 1992 – 1993. Ces pneus sont le plus souvent utilisés broyés, plus rarement entiers. En 1998, 26 000 tonnes de pneus usagés, ont été valorisés en cimenterie en France. Ces quantités pourraient progresser, mais les pneus sont concurrencés par d'autres déchets beaucoup plus rémunérateurs (comme les farines animales) et dont la destruction, peut présenter un caractère prioritaire.

2.2.4. Autres valorisations thermiques

Elles sont actuellement très limitées. De nombreux projets existent, cependant, celles-ci sont développées notamment par des réchappeurs soucieux de valoriser des pneus, ne pouvant être rechapés et des rebuts de rechapage, afin de produire in situ de l'énergie nécessaire aux unités de production. Ces projets buttent sur des contraintes réglementaires. Les pneus usagés sont considérés comme des « déchets », et non des « combustibles », et à ce titre, soumis à une réglementation contraignante notamment en termes d'émissions dans l'air.

En Algérie, le problème reste posé puisque la réglementation n'est pas encore claire sur la valorisation énergétique. Les cimenteries algériennes préfèrent utiliser du gaz naturel qui est nettement moins coûteux que les pneus usés déchiquetés.

2.2.5. Valorisation sous forme de matières premières

Les pneumatiques usagés peuvent être broyés en poudrettes ou en granulés de caoutchouc. Ces produits sont utilisés en combinaison avec d'autres matériaux.

✚ **Poudrettes** : il s'agit de particules de caoutchouc dont les dimensions sont inférieures à 2mm. Son coût d'obtention dépend de sa finesse, de son origine chimique et de l'absence ou non de corps étrangers. Les poudrettes sont utilisées comme charges dans

des mélanges servant à produire des pièces, ne subissant pas de contraintes mécaniques ou dynamiques élevées. Comme exemple d'utilisation, on a la fabrication de bandages et de roues pleines (caddie, poubelles, tondeuses, brouettes...), la modification des revêtements routiers (diminution du bruit et de l'aquaplaning du fait d'un drainage en surface) ...etc.

✚ **Granulés** : il s'agit de particules de caoutchouc d'une taille supérieure à celle des poudrettes. Les granulés peuvent être agglomérés par des résines, colorés ou non, et permettent, par moulage, de réaliser facilement des feuilles ou des plaques. Comme exemple d'utilisation, on a les aires de jeux, les pavés antidérapants, les revêtements pour terrains de sport (surfaces souples, diminution des nuisances sonores...)

D'autres types de valorisation de matière, par transformation chimique, sont possibles, telle que la régénération (par combinaison d'actions chimiques, mécaniques et thermiques), ou la Pyrolyse – Thermolyse. Les produits issus de cette décomposition, sont des huiles combustibles lourdes et légères, du carbone...etc. Le développement industriel de ces types de valorisation, est cependant freiné par le coût de mise en œuvre.

2.3. Applications des pneus recyclés

Après la collecte et le triage, les pneus usagés qui ne peuvent plus être réutilisés seront acheminés dans des centres de transformation pour en faire un matériau de base.

Pour la *confection de gazon synthétique*, les pneus usés sont broyés sous forme de granulats afin de maintenir les fibres d'herbes artificielles. La plupart des stades de foot et de rugby, les espaces extérieurs résidentiels ainsi que les aires de jeux pour enfants disposent de gazons synthétiques.

Broyés sous forme de poudrette, les pneus entrent dans la *composition du revêtement routier*, ce qui permet d'offrir un confort sonore lors du passage des véhicules, sans oublier que le sol résiste mieux aux fissures.

En aciérie, le pneu entre dans le processus de fabrication de l'acier. En effet, comme il contient du carbone, il peut servir de combustible et remplacer le charbon. 1,7 t de pneus peut remplacer 1 t de charbon. Et cette quantité peut produire 100 t d'acier. Il est aussi utilisé comme tel dans les usines de cimenterie.

Broyés, revulcanisés et mélangés avec un liant, les pneus deviennent des objets moulés (roues de chariot ou de conteneurs à déchets...)

Utilisés dans le réaménagement des carrières d'exploitation, les pneus sont déchiquetés pour servir de couches de remblais.

Des toitures en pneus recyclés existent aussi et certains modèles imitent à la perfection les bardeaux en ardoise ou en cèdre pour un prix moins cher. La Figure 2.1 résume les différents modes de valorisation de poudrette de caoutchouc.

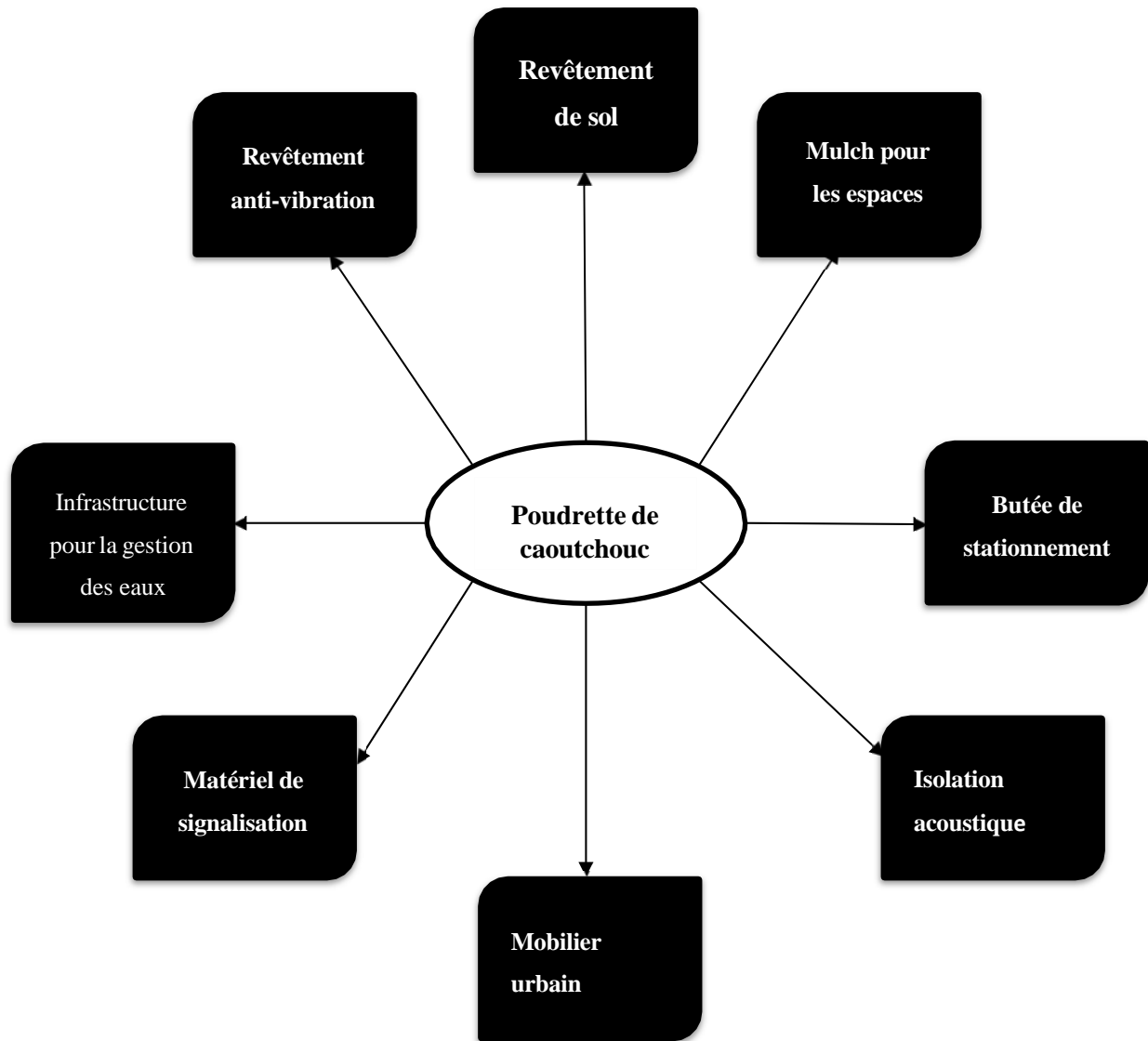


Figure 2.1 Différents modes de valorisation de poudrette de caoutchouc

2.4. Revêtement de sol

a. Salle du sport

Il s'agit d'un revêtement de sol robuste, facile à nettoyer et hydrofuge, destiné aux centres de fitness et de gymnastique, aux halls d'exposition, aux entrepôts de matériel et aux stades de sports de glace. Il contient des fines granules de caoutchouc recyclé de pneus (noir) et granules

colorés d'EPDM agglomérés avec de l'élastomère de polyuréthane comme il est montré le tableau 2.1

Tableau 2.1 Caractéristiques de revêtement de sol pour la salle du sport (<https://hal.science/>)

Caractéristiques de Revêtement de sol de la salle du sport	
Surface	Structure lisse, fermé et granuleux avec inserts d'EPDM colorés
Type de sol	Revêtement de sol pour l'intérieur
Epaisseur	6, 8 et 10 mm
Largueur de bande	1500 mm
Langueur de bande	env. 1050 kg/m ³
Poids superficiel	env. 6,3 kg/m ² env. 8,4 kg/m ² env. 10,5 kg/m ²

b. Aires de jeux

Les aires de jeux pour enfants doivent être des espaces sûrs et sécurisés. Afin de prévenir les accidents et limiter les blessures en cas de chute, il est recommandé d'utiliser des sols amortissants adaptés. Auparavant, on utilisait simplement des gravillons, des copeaux de bois ou encore du sable. Cependant, pour une meilleure sécurité, on préconise désormais des sols réalisés à partir de matières caoutchouc, comme il est illustré dans la figure 2.2.



Figure 2.2 Aire de jeux en caoutchouc (<http://www.aliapur.fr/>).

Les dalles en caoutchouc utilisées pour la construction d'aires de jeux sont fabriquées à partir de granulats de caoutchouc recyclé. Elles sont conçues pour absorber les impacts de chute grâce à leur pouvoir amortissant. Leur revêtement microporeux offre un drainage efficace et une surface antidérapante. Ces dalles sont disponibles dans différents coloris, le vert étant plus sensible aux rayons UV que le rouge. L'utilisation de ces dalles en caoutchouc recyclé permet ainsi de créer des espaces de jeux sécurisés pour les enfants.

c. Pistes d'athlétisme

Une piste d'athlétisme standard est une surface plane oblongue composée de deux lignes droites et deux demi-cercles, dont le périmètre intérieur est de 400 m en plein air.

A partir de 100% de granulats de pneus usagés, Michelin a permis la réalisation d'une piste de 400 m sur 6 couloirs en ligne droite, d'une aire d'élan de saut en hauteur et de triple saut aux performances accrues.

En effet, le granulat, issu de pneus usagés valorisés à 100%, contient 50% d'élastomères alors qu'un revêtement dit « traditionnel » n'en contient que 20%. L'apport de cette plus forte concentration d'élastomères a une incidence directe sur les performances des équipements.

Il permet notamment une meilleure absorption des chocs et une très bonne restitution de l'énergie. La longévité des pneumatiques se retrouve, quant à elle, dans la pérennité des performances de ce nouveau sol sportif. Comme il est illustré dans la figure 2.3.



Figure 2.3 Piste d'athlétisme (<https://www.tiregom.fr>)

d. Trottoirs

Le revêtement de caoutchouc coulé permet d'offrir des trottoirs et des balcons qui ne décolorent pas. Le revêtement est facile à nettoyer et reste beau plusieurs années. Comme il est illustré dans la figure 2.4.



Figure 2.4 Trottoir en caoutchouc (<https://pavagecoflex.com>)

e. Revêtement de routes

Un nouveau revêtement pour routes, contenant une proportion importante de pneus recyclés et utilisant une résine élastique comme liant, pourrait réduire de manière très importante le bruit de la circulation. La réduction équivaldrait à un écran antibruit de 3 mètres de haut, et le processus serait une méthode respectueuse de l'environnement pour recycler les pneus usagés. Comme il est montré dans la figure 2.5.



Figure 2.5 Revêtement de route(<https://www.tiregom.fr>)

2.5. Mulch pour les espaces verts

a) Jardins publics

L'utilisation de pneus recyclés dans les parcs publics est une tendance en plein essor qui répond à la fois aux enjeux environnementaux et aux besoins d'aménagement des villes. Comme il est montré dans la figure 2.6.



Figure 2.6 parc public (<https://www.techni-contact.com>)

b) Plates-bandes

Idéale pour longer les bordures de fleurs et les allées sinueuses, cette bordure en caoutchouc recyclé est flexible et très solide.

Très pratique pour les plates-bandes, facile à utiliser et à découper à longueur souhaitée. Cette bordure est parfaite pour délimiter discrètement vos zones de plantations et faciliter le passage de la tondeuse.

Cette bordurette résiste aux chocs (tondeuses...), mais aussi aux fortes températures et au gel. Le caoutchouc est naturellement résistant aux UV, donc très durable dans le temps. Comme il est illustré la figure 2.7.

D'une épaisseur de 3mm elles sont résistantes aux agressions d'un rotofil.



Figure 2.7 Plate-bande en caoutchouc (<https://www.toltex.fr>)

c) Zones paysagères

Le granulat de caoutchouc recyclé trouve également des applications dans l'aménagement paysager. Il peut être utilisé comme couche de roulement sur les zones de loisirs, offrant une surface plus confortable que le sol nu. De plus, il permet de recouvrir les sentiers, les allées et autres zones paysagères, comme il est présenté dans la figure 3.8.

Cette figure présente un exemple de zone aménagée avec du caoutchouc issu du recyclage de pneus. Le granulat de caoutchouc est ainsi employé comme paillis décoratif dans les jardins, tout en ayant la fonction supplémentaire de lutter contre la pousse des mauvaises herbes. Son aspect esthétique et ses propriétés drainantes en font un matériau apprécié pour l'aménagement paysager.



Figure 2.8 Zones paysagères (<https://tradepartners.co.uk>)

2.6. Butée de stationnement

A. Parking

La butée de parking est une solution idéale, simple et rapide pour organiser vos espaces de stationnement et faciliter l'arrêt des véhicules.

Cette butée de parking ou séparateur de voies est fabriquée en caoutchouc d'une longévité extrême et permet de délimiter les voies cyclables, les places de stationnement, ainsi que des aires diverses (place pour handicapés, 2 roues, taxi...). Comme il est montré dans la figure 2.9.

En outre, la butée de parking peut aussi être installée dans des bâtiments et servir comme antichocs, par exemple dans les zones de chargement. Ces séparateurs sont dotés de réflecteurs

pour plus de visibilité. Résistance aux intempéries, aux variations de température ainsi qu'aux U.V.



Figure 2.9 La butée de parking (<https://sol-direct.fr>)

B. Entrée de stationnement

Pavage de caoutchouc recyclé pour entrées et stationnements ne fissure pas et ne requiert aucun entretien. Et voici un exemple d'une entrée de stationnement avant et après l'entretien comme il est illustré la figure 2.10 et 2.11



Figure 2.10 Avant l'entretien



Figure 2.11 Après l'entretien (<https://www.ecohabitation.com/>)

2.7. Isolation acoustique

f. Panneau de protection phonique

L'isolation acoustique, ainsi que l'isolation thermique, sont deux piliers fondamentaux de la méthodologie de construction moderne, après des décennies de compensations thermiques (chaud et froid) dans nos maisons comme il est montré dans la figure 2.12, par le gaspillage de beaucoup d'énergie, avec la génération de pollution et après l'impossibilité pour obtenir une intimité acoustique confortable, des commandes correctes ont finalement été créées conformément à l'économie circulaire.



Figure 2.12 Panneau de protection phonique (<https://www.premibel-parquet.com>)

g. Toitures

Les bardeaux d'asphalte, très populaires, sont issus du pétrole, polluants, et d'une durée de vie très limitée. En plus, ils contribuent aux îlots de chaleur...L'idéal est de les éviter autant que possible et d'opter pour une toiture avec une meilleure durée de vie, ou qui utilise des produits recyclés

Le revêtement de toiture en pneus recyclés est une des méthodes qui permet de ralentir le processus de pollution et de diminuer les déchets causés par les pneus. Il s'agit donc d'une toiture verte, les fibres de chanvre sont mélangées aux pneus recyclés afin d'obtenir une tuile de couleur gris-noir pouvant alors servir de revêtement de toiture. Ainsi, les bardeaux de pneus recyclés sont constitués à 95 % de matières recyclées desquelles plus de 70 % s'avèrent être le caoutchouc des pneus usagés. De plus, on compte entre 600 et 1000 pneus recyclés pour recouvrir une toiture de format moyen. Comme il est présenté la Figure 2.13.



Figure 2.13 Toit pneu recyclé (<https://www.toiturepro.com/>)

h. Mur antibruit

Écran acoustique composite en granulats de matériau de synthèse recyclés comme il est montré dans la figure 2.14, liés par une matrice hydraulique de type ciment en face avant. Matériau

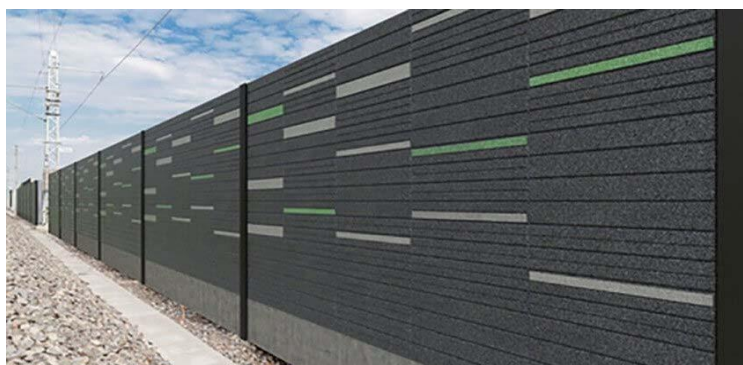


Figure 2.14 Mur anti bruit (<https://www.bruitparif.fr>)

massif, non poreux, difficilement inflammable, imputrescible, résistant aux UV. Deux types de faces arrière : en béton ou en lames de bois de pin ou bois exotique. Intégration possible de couronnement supprimant tout risque de fuite acoustique et d'un grillage anti tags.

2.8. Mobilier urbain

a. Bancs

Les bancs fabriqués à partir de pneus recyclés, comme celui illustré dans la figure 2.15, offrent une solution à la fois solide, confortable et respectueuse de l'environnement. Grâce à leur conception ingénieuse utilisant des matériaux récupérés, ces bancs peuvent adopter une grande variété de styles pour s'intégrer harmonieusement dans tous les types d'espaces extérieurs, des parcs urbains aux jardins privés en passant par les aires de jeux. Cette approche circulaire favorise la réutilisation des ressources contribue à réduire l'impact environnemental lié à l'élimination des pneus usagés.



Figure 2.15 Bancs (<https://www.pinterest.com>)

b. Poufs

Comme le montre la figure 2.16, les poufs confectionnés à partir de pneus recyclés constituent un choix judicieux pour les aires de jeux et les espaces publics. Leur robustesse et leur facilité d'entretien en font une option durable et pratique. Que ce soit pour servir de sièges confortables ou d'éléments décoratifs amusants, ces poufs aux formes arrondies offrent une seconde vie aux pneus usagés. Leur surface lisse permet un nettoyage aisé, ce qui en fait un mobilier idéal pour les lieux très fréquentés. En plus d'être écologiques, ces poufs apportent une touche ludique et colorée aux espaces extérieurs dédiés aux loisirs et à la détente.



Figure 2.16 Poufs (<https://www.archiexpo.fr>)

c. Table de pique-nique

Les pneus recyclés constituent un excellent matériau pour la fabrication de tables de pique-nique car ils sont durables, résistants aux intempéries et économiques. De plus, ils peuvent être facilement transformés en tables uniques et attrayantes.

2.9. Matériel de signalisation

a. Cônes de circulation

Cônes de Circulation en Caoutchouc Durable Cônes de sécurité Polyvalents imperméables avec poignée et Base lestée Noire pour aller extérieure de stationnement de Construction comme il est montré dans la figure 2.17



Figure 2.17 Cônes de circulation (<https://www.amazon.fr>)

b. Borne de protection

La figure 2.18 illustre une borne innovante constituée de caoutchouc recyclé, spécialement conçue pour absorber les chocs. Grâce à sa composition à base de matériaux récupérés, cette borne offre une solution à la fois robuste et sécuritaire pour délimiter les espaces piétonniers et routiers.

Sa structure en caoutchouc lui confère une excellente résistance aux impacts, protégeant ainsi les piétons et les véhicules en cas de collision accidentelle. Avec ses propriétés amortissantes, elle contribue à prévenir les dommages matériels et corporels.

Cette borne durable et respectueuse de l'environnement démontre qu'il est possible d'allier sécurité et développement durable en réutilisant des matériaux issus du recyclage dans une optique d'économie circulaire



Figure 2.18 Borne de protection (<https://www.archiexpo.fr>)

2.10. Infrastructure pour la gestion des eaux pluviales

a. Caniveaux et avaloirs

Les caniveaux et avaloirs en caoutchouc recyclé sont durables, résistants à la corrosion et peuvent s'adapter à différentes formes et configurations. Ils permettent une collecte efficace des eaux pluviales. Comme il est illustré la figure 2.19.



Figure 2.19 Caniveaux et avaloirs (<https://www.apok.be>)

b. Pavés perméables

Les pavés perméables en caoutchouc recyclé favorisent l'infiltration des eaux pluviales dans le sol, réduisant le ruissellement et l'érosion. Comme il est présenté la figure 2.20



Figure 2.20 Pavé perméable (<https://www.techni.com>)

c. Bassin d'infiltration

Comme il est illustré dans la figure 2.21, un bassin d'infiltration en pneus recyclés consiste en une excavation comblée de pneus usagés agencés de manière stratégique. Cette technique innovante permet de valoriser les pneus en fin de vie tout en offrant une solution écologique pour la gestion des eaux pluviales. Lorsque les précipitations surviennent, l'eau de pluie s'écoule à travers les interstices entre les pneus et s'infiltré progressivement dans le sol sous-jacent. Cela permet une rétention temporaire des eaux de ruissellement tout en favorisant la recharge naturelle des nappes phréatiques.



Figure 2.21 Bassin d'infiltration (<https://batiactu.com/>)

d. Gazon synthétique

Un gazon synthétique, c'est opter pour le confort et la durabilité. Vous apportez ainsi un peu de vert à votre espace extérieur tout au long de l'année, sans passer votre temps à tondre ou désherber. La bonne perméabilité à l'eau assure un séchage rapide du dessus de votre pelouse synthétique et vous permet de marcher dessus même après une averse. Cette dalle gazon est composée de granulats de caoutchouc recyclé, polyuréthane et munie d'une couche supérieure de gazon synthétique. Comme il est illustré la Figure 2.22



Figure 2.22 Gazon synthétique (<https://www.polytan.fr>)

2.11. Technique Pneu sol en Algérie

Le Pneu-sol est formé par l'association de pneus usagés non rechapables (poids lourds ou tourisme) entiers, partiellement découpés (enlèvement d'un flanc), ou totalement découpés (deux flancs et une bande de roulement) et de sols pulvérulents, cohérents ou déchets.

Les éléments de pneus, sont utilisés comme renforts du massif de sol

Les bandes de roulement ou les flancs, sont découpés et associés en nappe par des attaches. Ces bandes peuvent être posées sur chant ou aplaties. Dans le cas de l'emploi des flancs, ceux-ci sont posés à plat. Cette technique développée au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Paris par Dr Nguyen Thanh LONG ingénieur du LCPC de Paris, est largement diffusée depuis 1982. Les différentes applications concernent des ouvrages de soutènement, des ouvrages réducteurs de poussées ou de charges, des murs anti-bruit, des ouvrages de protection des berges et des pentes et talus

L'avantage essentiel de ce type d'ouvrage, outre ses performances techniques, est essentiellement sa simplicité d'exécution et l'adaptabilité des ouvrages au relief et à la déformabilité du terrain.

Plus de 2000 ouvrages valorisant les pneus, selon les différentes techniques, sont connus dans le monde, en Algérie, au Canada, aux Etats-Unis et en France.

Plus de 12 ouvrages Pneu-sol Anti Marston, sont réalisés en Algérie en 1986

Le premier chantier expérimental algérien de la technique Pneu-sol, était les travaux de stabilisation d'un talus de remblai d'une hauteur de 5 m environ avec une largeur de 50 m (soit

environ 3500 pneus poids lourds utilisés) au niveau d'un ouvrage courant OC 1-1 du projet de contournement de Bou –Smail (Figure 2.23).



Figure 2.23 Chantier expérimental Pneu-sol à Bou-Smail (H.Trouzine, and all, Grenoble 2005)

L'étude du projet expérimental, assortie d'une note de calcul, a été confiée à l'Organisme National de Control Technique des Travaux Publics (CTTP) avec l'étroite collaboration des experts de l'École Nationale des Travaux Publics (ENTP). Quelques ouvrages Pneu-sol réalisés en Algérie.

2.12. Avantages et défis de l'intégration des pneus recyclés dans les aménagements urbains

-La fabrication de produits à partir de pneus recyclés réduit la nécessité d'extraire et de consommer de nouvelles ressources naturelles. Cela contribue à préserver ces ressources pour les générations futures.

-Les matériaux fabriqués à partir de pneus recyclés, tels que les pavés en caoutchouc ou les surfaces de jeu, sont généralement très durables et résistent bien aux conditions météorologiques extrêmes. Ils offrent une longévité supérieure comparée à certains matériaux traditionnels.

- Le recyclage des pneus peut également empêcher le rejet de produits chimiques et de polluants dangereux dans l'air et dans l'eau

-La revalorisation des pneus usagés peut contribuer à réduire la pollution et à préserver les ressources naturelles de plusieurs façons.

-Les surfaces fabriquées à partir de pneus recyclés, comme celles des terrains de jeux ou des terrains de sport, sont souvent plus douces et peuvent réduire le risque de blessures en cas de chute. De plus, les pavés en caoutchouc offrent une bonne adhérence, réduisant les risques de glissades et de chutes.

-Le caoutchouc est un excellent isolant phonique. Utiliser des pneus recyclés dans les revêtements de sol ou les murs anti-bruit peut contribuer à réduire la pollution sonore dans les environnements urbains.

-Le secteur du recyclage des pneus et de la fabrication de produits dérivés peut contribuer à la création d'emplois, favorisant ainsi l'économie locale.

2.13. Défis de l'intégration des pneus recyclés dans les aménagements urbains

- Les matériaux issus des pneus recyclés doivent répondre à des normes de qualité et de durabilité strictes pour être utilisés dans des projets d'aménagement urbain. Leur résistance aux conditions météorologiques extrêmes, à l'usure et à la dégradation est essentielle.

- La sécurité est une préoccupation majeure, notamment en ce qui concerne la toxicité potentielle des matériaux. Il est impératif de s'assurer que les pneus recyclés ne libèrent pas de substances chimiques nocives dans l'environnement.

- Le recyclage des pneus puisse réduire les coûts liés à l'élimination des déchets, le processus de transformation et d'intégration de ces matériaux dans les aménagements urbains peut s'avérer coûteux. Les coûts de production, de transport et d'installation doivent être pris en compte.

- L'acceptation des matériaux recyclés par le public et les décideurs est cruciale pour le succès de leur intégration dans les aménagements urbains. Il peut y avoir des préjugés concernant l'esthétique ou la performance des produits fabriqués à partir de pneus recyclés.

- Les projets d'aménagement urbain doivent se conformer à des réglementations et normes strictes.

-L'intégration de matériaux recyclés nécessite souvent une navigation complexe à travers ces réglementations pour obtenir les approbations nécessaires.

- Le développement de technologies innovantes pour transformer les pneus usagés en matériaux de haute qualité pour les aménagements urbains est essentiel. Cela implique des investissements en recherche et développement.

- La collecte, le tri, le recyclage et la distribution des pneus usagés doivent être gérés efficacement pour assurer un approvisionnement constant et de qualité des matériaux recyclés.

2.14. Conclusion

En conclusion, La valorisation des pneus usagés dans l'aménagement urbain représente une solution durable transformant ces déchets en matériaux utiles. Des revêtements aux mobiliers en passant par le paysagisme, leur recyclage permet de créer des espaces publics fonctionnels, attrayants et sécuritaires dans une logique d'économie circulaire.

Cette approche innovante façonne un environnement urbain plus agréable tout en illustrant une gestion responsable des ressources qui allie développement de la ville, respect de l'environnement et design ingénieux donnant une seconde vie à ce qui était auparavant considéré sans valeur.

Chapitre III

*Analyse urbaine de la zone d'étude : la ville
de Chlef*

3.1 Introduction

Chlef, ville au riche passé historique, a connu plusieurs appellations au fil des siècles. Connue sous le nom de Castellum Tinginitum durant la période romaine, elle fut ensuite nommée Orléans-ville pendant l'époque coloniale française, avant de prendre le nom d'El-Asnam après l'indépendance de l'Algérie. Aujourd'hui, Chlef est le chef-lieu de la wilaya éponyme et occupe une position géographique privilégiée. En effet, cette commune se situe à mi-chemin entre Alger et Oran, deux pôles économiques majeurs du pays. Cette localisation stratégique confère à Chlef un rôle clé dans la dynamique territoriale de la région.

Comme de nombreuses villes algériennes, elle est confrontée à des défis environnementaux croissants liés notamment à la gestion des déchets. Les pneus usagés représentent une part significative de ces déchets problématiques. Pourtant, ces pneus en fin de vie constituent aussi une ressource valorisable pour produire des matériaux recyclés. Réutilisés de façon maîtrisée et innovante, ils pourraient contribuer à des aménagements urbains plus durables et esthétiques.

Ce chapitre se divise en deux parties interconnectées. La première section offre une description physique et identitaire de la ville de Chlef, ainsi qu'un aperçu de son évolution urbaine. Ensuite, nous présenterons des réalisations inspirantes de valorisation des pneus menées dans d'autres pays. Et nous proposerons des axes d'action adaptés au contexte de la ville de Chlef.

3.2 Choix de ville de Chlef

Notre choix de la ville de Chlef comme un cas d'étude revient à plusieurs raisons ;

- ✓ Une position géographique stratégique.
- ✓ Chef-lieu : ville domine plusieurs agglomérations.
- ✓ Une ville carrefour : Est-ouest (Alger et Oran).

3.3 Situation géographique

3.3.1 Situation nationale

La wilaya de Chlef est située (figure 3.1) dans le nord-ouest occidental de l'Algérie (à 200 km au sud-ouest d'Algérie et à 210 km au nord-est d'Oran) et couvre une superficie de 4 791 km².

La wilaya de Chlef jouit d'une position stratégique sur le plan économique et commercial en tant que carrefour dans l'ensemble de la région centre et ouest. Elle est principalement axée sur

l'agriculture et possède de grandes ressources naturelles, ce qui en fait un pôle très actif dans le domaine de l'investissement. Grâce à sa position géographique en tant que point de connexion entre les deux capitales, Alger au centre et Oran à l'Ouest, elle jouait un rôle crucial dans l'économie du pays.

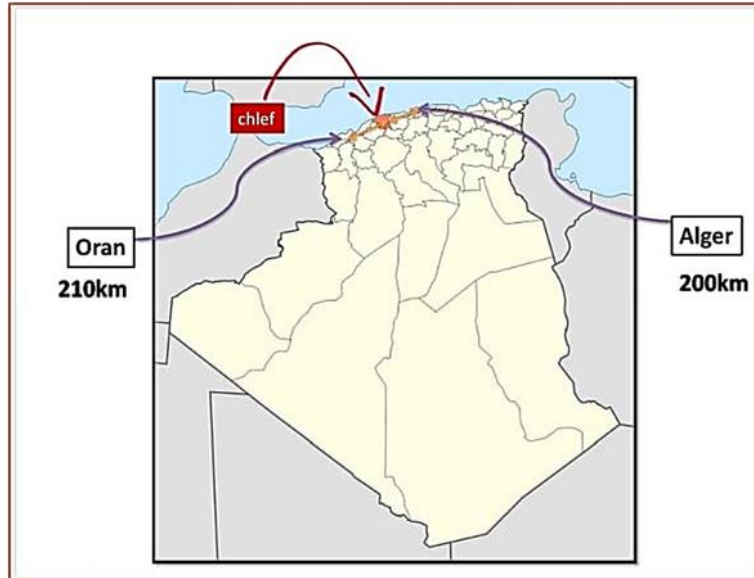


Figure 3.1 Situation nationale de la ville de Chlef (PDAU2018)

3.3.2 Situation communale

La commune de Chlef est située (Figure3.2) dans la zone centrale de la wilaya, elle est limitée Au nord par les communes Labiad Madjadja et Ouled fares, au sud par les communes de Sendjas et Larbaa (w. Tissemsilit), l'est par la commune Oum-Droue, à l'ouest par les communes Chettia et Oued-sly

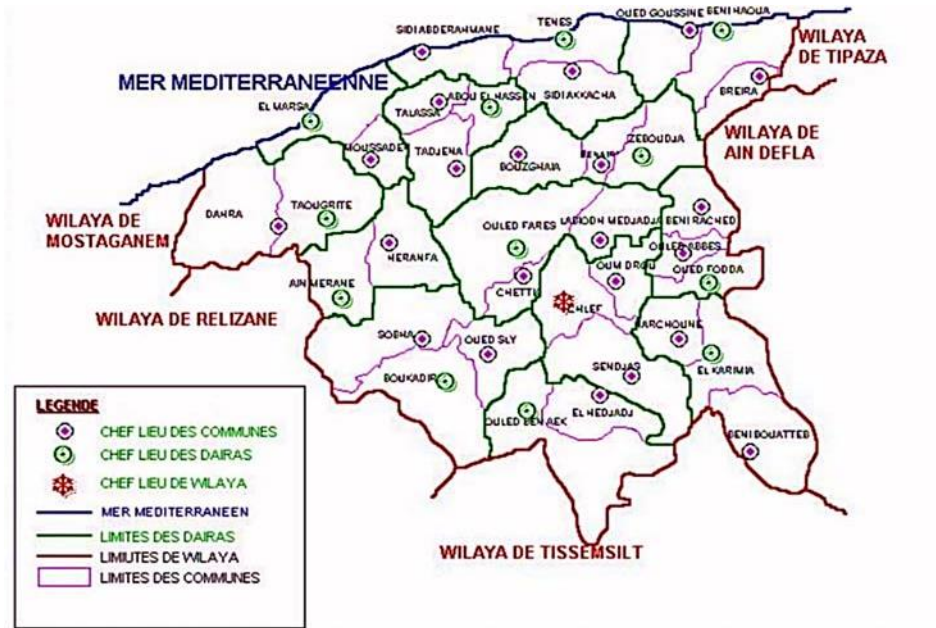


Figure 3.2 Situation communale de la ville de Chlef

3.4 Toponymie

Chlef est le nom de rivière « Chélif » anciennement El Asnam et Orléans ville à l'époque de la colonisation française, ou encore Castellum Tingintanum à l'époque romaine. La ville d'El Asnam a connu deux tremblements de terre majeurs, qui ont détruit la ville à 80 %. Suite à ce dernier tremblement de terre, la ville s'est renommée Chlef.

3.5 Évolution urbaine de la ville de Chlef

La ville est constamment en mouvement, chaque époque a laissé ses traces sur l'histoire de la Ville. À travers différentes périodes historiques, il y a toujours des changements et des évolutions urbaines (Figure 3.3), ainsi qu'un remplacement de la structure initiale par de nouvelles formes.

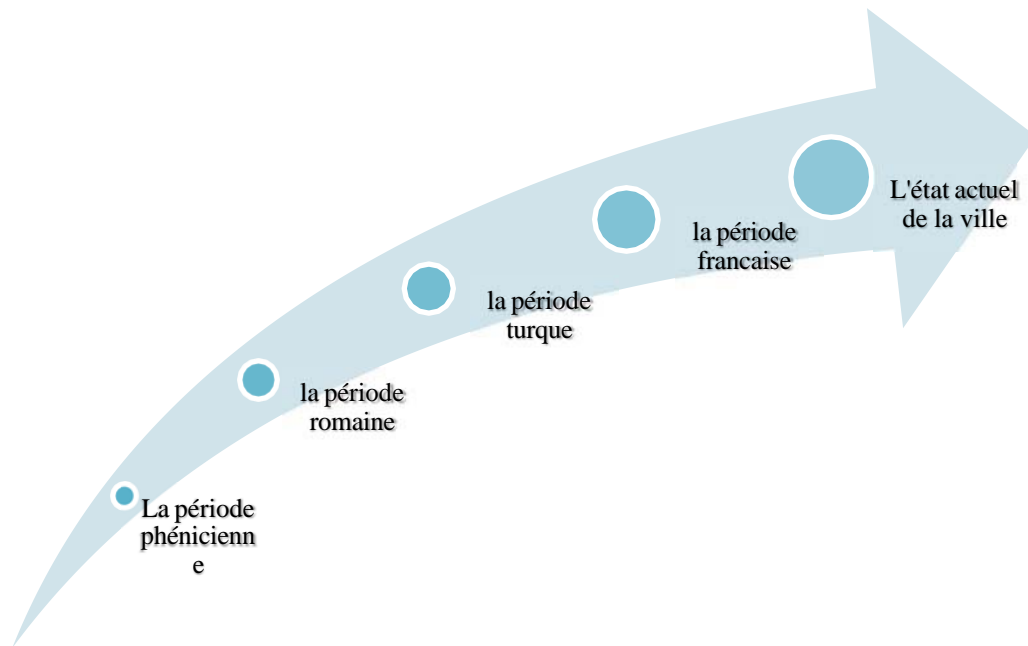


Figure 3.3 l'évolution urbaine de la ville de Chlef

- Période phénicienne :** À l'époque des Phéniciens (Figure 3.4), plus précisément avant l'invasion romaine, la région du Chélif a conservé son autonomie. Les Phéniciens construisirent rapidement de multiples comptoirs dans la région, Cherchell, Gunugu « Gouraya » et Carthéna « Ténès », afin de faciliter les échanges de leurs produits artisanaux avec la population berbère.

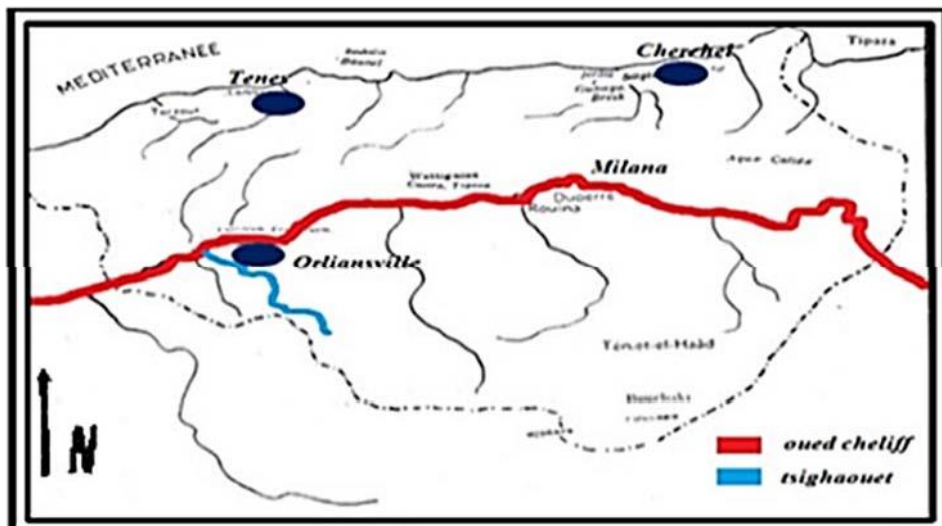


Figure 3.4 La période phénicienne à Chlef (PDAU 2018)

- ✚ **Période romaine** : Durant cette période (Figure 3.5), les Romains prirent la décision d'établir un camp militaire nommé "castellum tingitanum" à l'emplacement actuel de Chlef. Ce camp servait de moyen de surveillance stratégique des routes nord-sud et de la vallée du Cheliff. Les Romains ont commencé à construire une ville romaine importante, qui comprenait deux artères principales connues sous le nom de « cardo » et de « decumanus ».

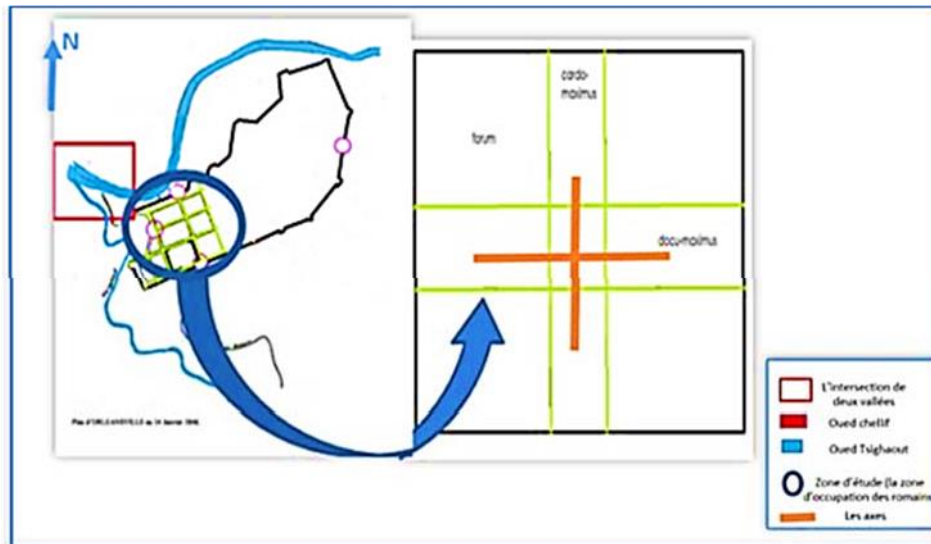


Figure 3.5 Carte à la période romaine à Chlef (PDAU 2018)

- ✚ **Période turque** : Tout au long de cette période particulière, la région de Chlef s'est retrouvée divisée en termes de dépendance, une moitié s'appuyant sur le beylik de Titteri tandis que l'autre moitié se tournait vers le beylik occidental (MAZOUNA MASCAR, puis Oran).
- ✚ **Période française** : En 1843, le Maréchal Bugeaud. Durant la campagne d'occupation, il établit un camp militaire « la ville d'Orléans » en l'honneur du duc d'Orléans, sur les ruines romaines et décide d'y établir une colonie européenne peu après. Comme il est montré dans la figure 3.6

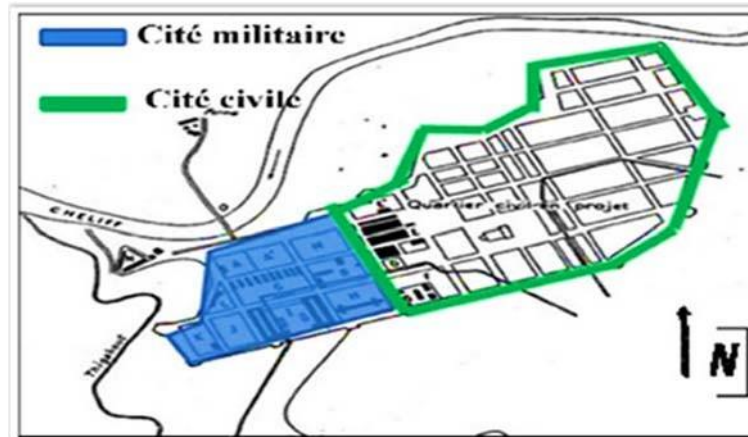


Figure 3.6 Carte à l'époque française à Chlef (PDAU 2018)

Les français ont décidé d'implanter deux zones une cité militaire sur les tracés des romainset une cité civile a une extension vers l'est.

❖ Extensions de la ville

- **En 1843 :** juste après La planification de la parcellisation du sol dans le quartier militaire : la ville était d'abord une ville militaire. Elle se transforme en un lieu de colonisation avec deux quartiers civils et militaires. Et cela est montré par la figure 3.7

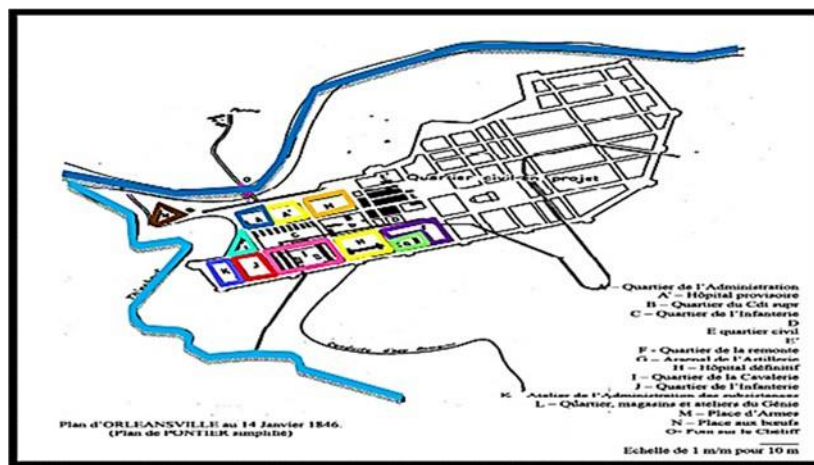


Figure 3.7 Plan de Chlef en 1846 (PDAU 2018)

- **En 1848 :** Fut créé sur la rive nord de l'oud Chlef (Figure 3.8), un village colonial pour attirer les immigrants. Ce village fut appelé la ferme (actuellement Hay el Houria) pour la richesse de ses sols agricole

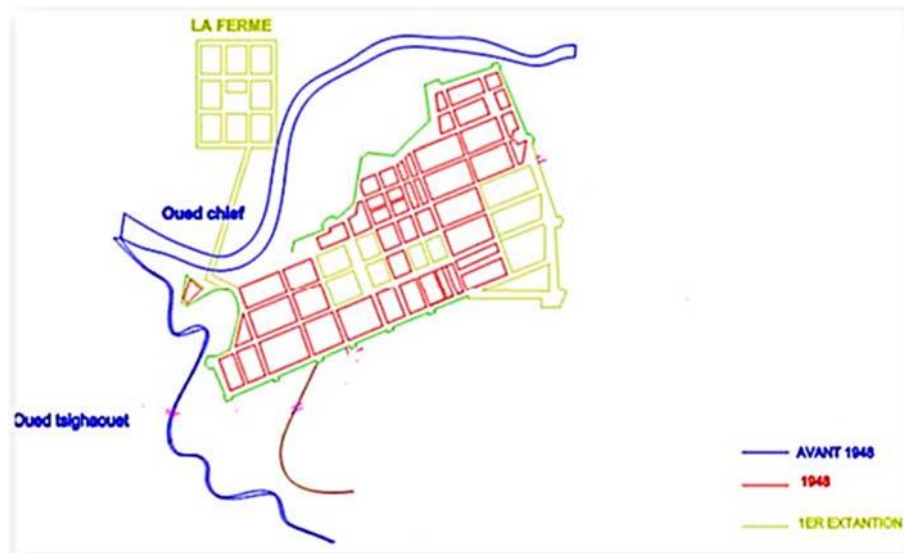


Figure 3.8 Plan de la ville d'Orléans-ville (PDAU 2018)

- **Époque post-coloniale** : L'urbanisation postcoloniale s'est développée de manière significative, notamment dans les années 1970 après le programme spécial de la willaya de Chlef. Afin de créer un pôle complémentaire au centre-ville, il est nécessaire de mettre en place des projets d'habitat et d'équipement structurants tels que « 02 lycées, un CEM et un complexe olympique ».
- **Séisme de 1980** : Durant cette période, la ville a été victime d'une catastrophe naturelle majeure, le séisme qui avait détruit plus de 80 la ville Les sinistrés ont commencé à être logés dans des résidences préfabriquées.
- **Après 1989** : La création des nouveaux plans d'urbanisme « d'urgence » donnant naissance à des cités préfabriquées (Figure3.9). Ces réalisations ont été effectuées pour la grande partie au Sud de la ville. Hay Nasr (Oued Mohamed + radar), Hay Lalla Ouda et Hassania, Hay Frères Abbad, Hay Chorfa, Hay Olympique

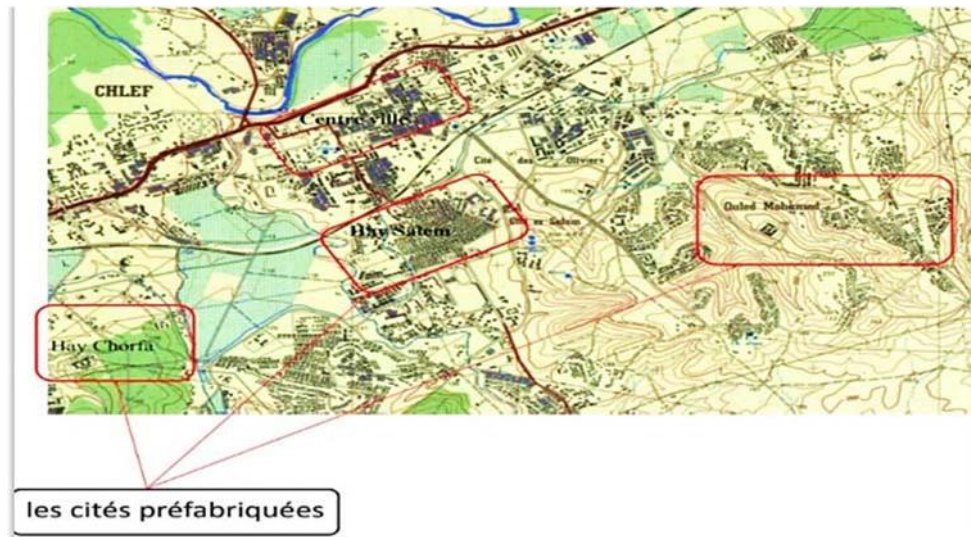


Figure 3.9 Plan de la ville après 1989 (PDAU 2018)

- ❖ **État actuel de la ville** La croissance de la ville de Chlef (Figure 3.10), est dirigée vers l'est et le sud à cause de la morphologie du site qui représente une barrière de croissance vers le nord (l'oued) vers sud-est (par les reliefs)

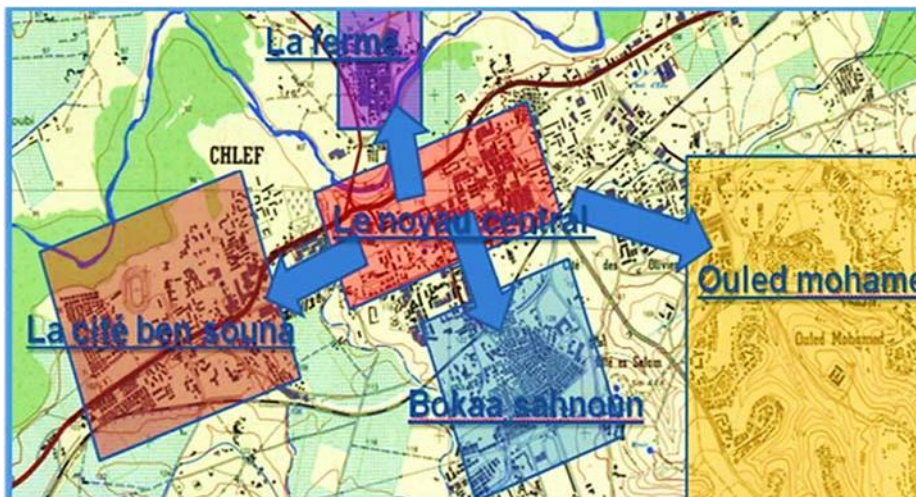


Figure 3.10 Carte de L'état actuel de la ville (PDAU 2018)

3.6 Climat

La ville de Chlef bénéficie d'un climat tempéré chaud. Il a été observé que Chlef subit une plus grande quantité de précipitations pendant la saison hivernale que pendant les mois d'été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. La température moyenne annuelle à Chlef est de 18.4 °C. Les précipitations annuelles à cet endroit sont d'environ 458 mm.

La zone spécifiée est située dans l'hémisphère nord de notre planète. Le début de l'été commence vers la fin du Juin et se termine vers le Septembre. La saison est caractérisée par une séquence de mois, à savoir : Juin, Juillet, Aout, Septembre. La période la plus favorable pour une visite est celle des mois de Juin, Septembre.

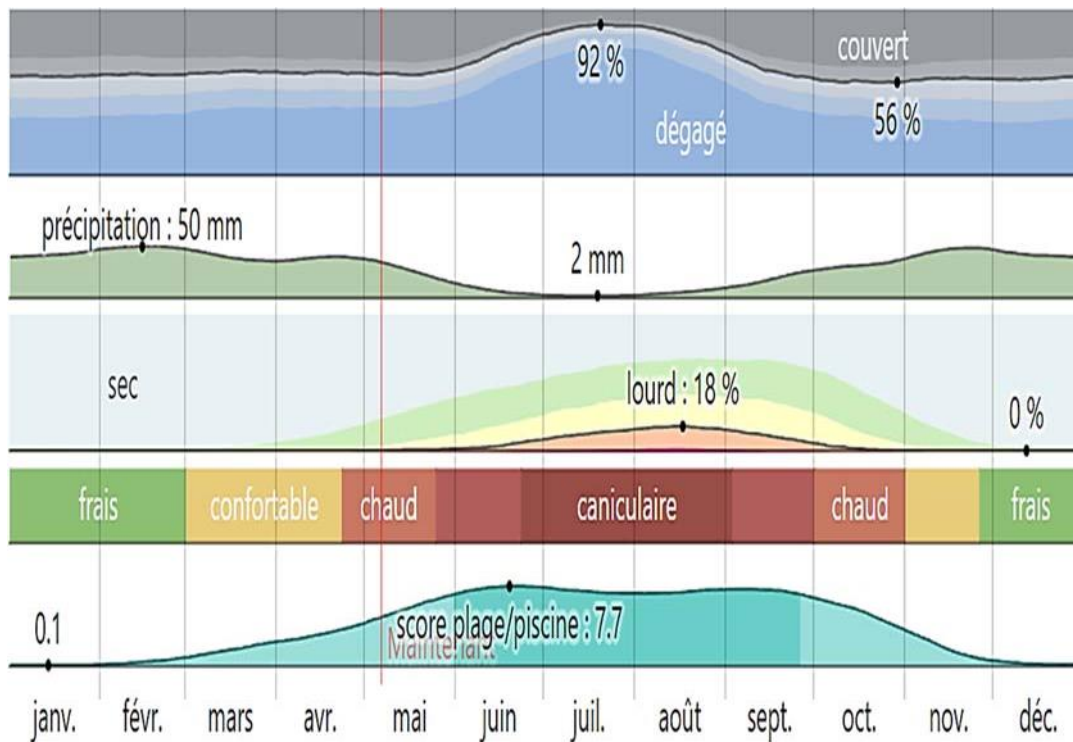


Figure 3.11 le climat à Chlef en 2023 (<https://fr.weatherspark.com/>)

🌡️ Température

La saison très chaude dure 2,8 mois, du 15 juin au 10 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 34 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Chlef est juillet, avec une température moyenne maximale de 38 °C et minimale de 23 °C.

La saison fraîche dure 3,9 mois, du 17 novembre au 14 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 20 °C. Le mois le plus froid de l'année à Chlef est janvier, avec une température moyenne minimale de 7 °C et maximale de 16 °C. comme il est illustré la figure 3.12

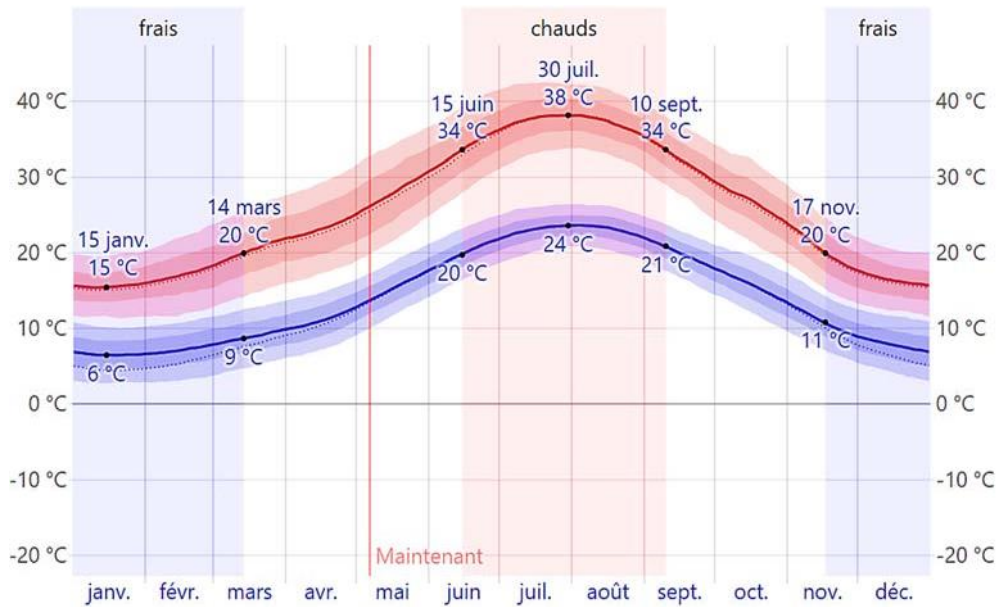


Figure 3.12 La température à Chlef en 2023 (<https://fr.weatherspark.com/>)

Précipitation

La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,0 mois, du 20 septembre au 20 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 12 %. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Chlef est février, avec une moyenne de 6,5 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Et cela montré dans la figure 3.13

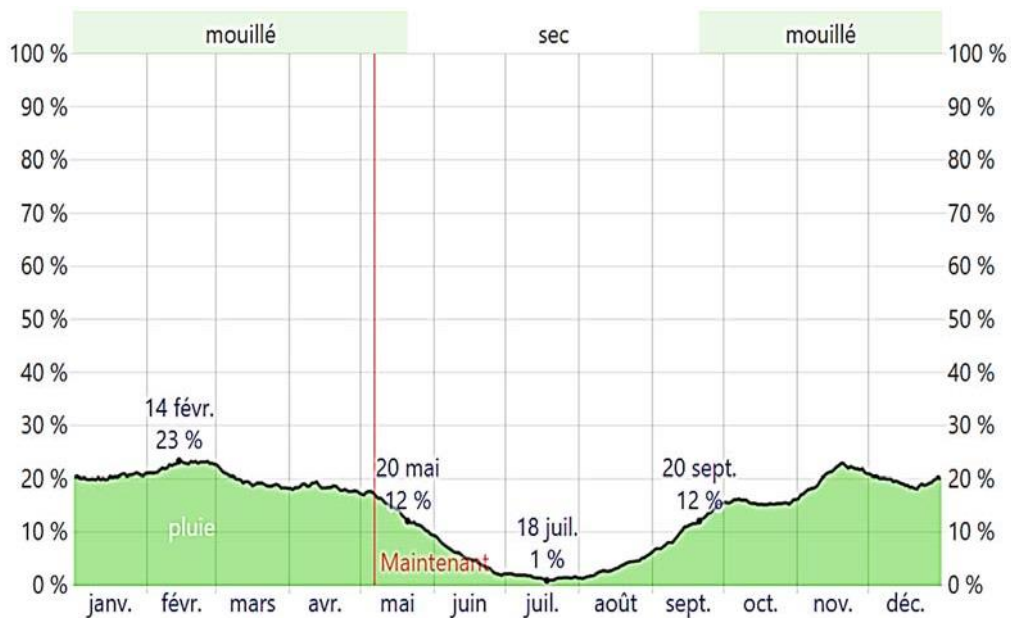


Figure 3.13 Les précipitations à Chlef en 2023 (<https://fr.weatherspark.com/>)

🌪 Vents

La période la plus venteuse de l'année dure 6,4 mois, du 5 novembre au 17 mai, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 13,7 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Chlef est février, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 14,9 kilomètres par heure. Comme il est illustré dans la figure 3.14

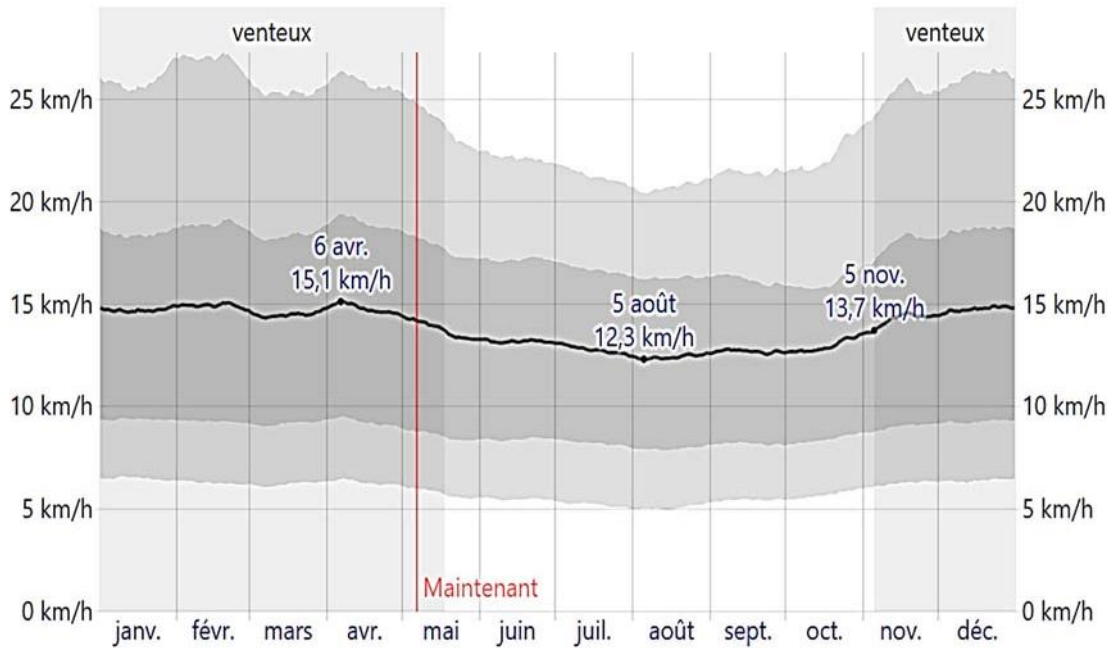


Figure 3.14 Les vents à Chlef en 2023 (<https://fr.weatherspark.com/>)

🌫 Humidité

La période la plus lourde de l'année dure 3,5 mois, du 19 juin au 4 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 5 % du temps. Le mois ayant le plus grand nombre de jours lourds à Chlef est août, avec 5,3 jours lourds ou plus accablants.

Le jour le moins lourd de l'année est le 25 janvier, avec un climat lourd quasiment inexistant.

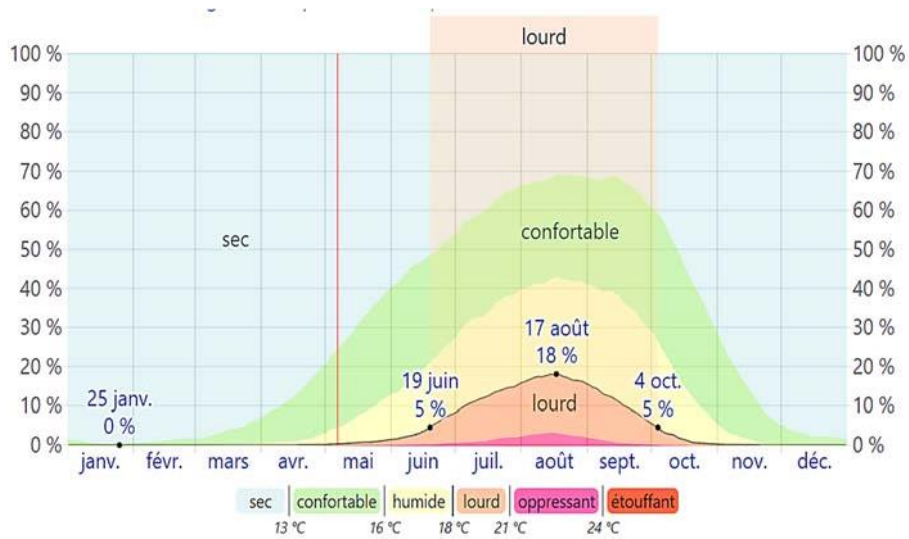


Figure 3.15 L'humidité à Chlef en 2023 (<https://fr.weatherspark.com/>)

Ensoleillement

En moyenne, la localité de Chlef connaît le plus petit nombre d'heures d'ensoleillement quotidien pendant Janvier. La durée totale d'ensoleillement au cours de cette période est enregistrée comme 193.43, tandis qu'une moyenne d'environ 6.24 d'heures est reçue par jour. Tout au long de l'année, Chlef bénéficie d'environ 3367.97 d'heures d'ensoleillement. La durée moyenne mensuelle d'ensoleillement est estimée à environ 110.58. Comme il est présenté dans la figure 3.16

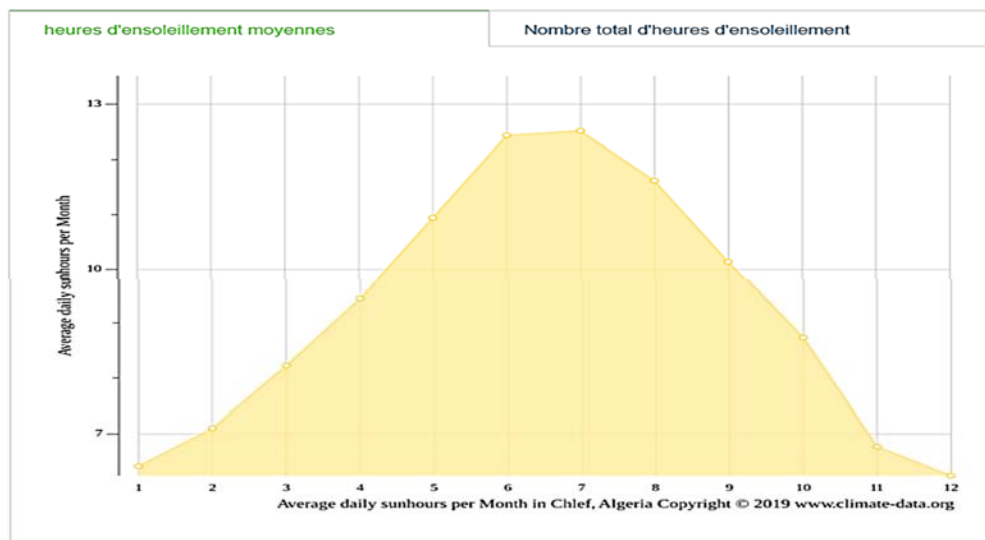


Figure 3.16 L'ensoleillement à Chlef

(fr.climate-data.org)

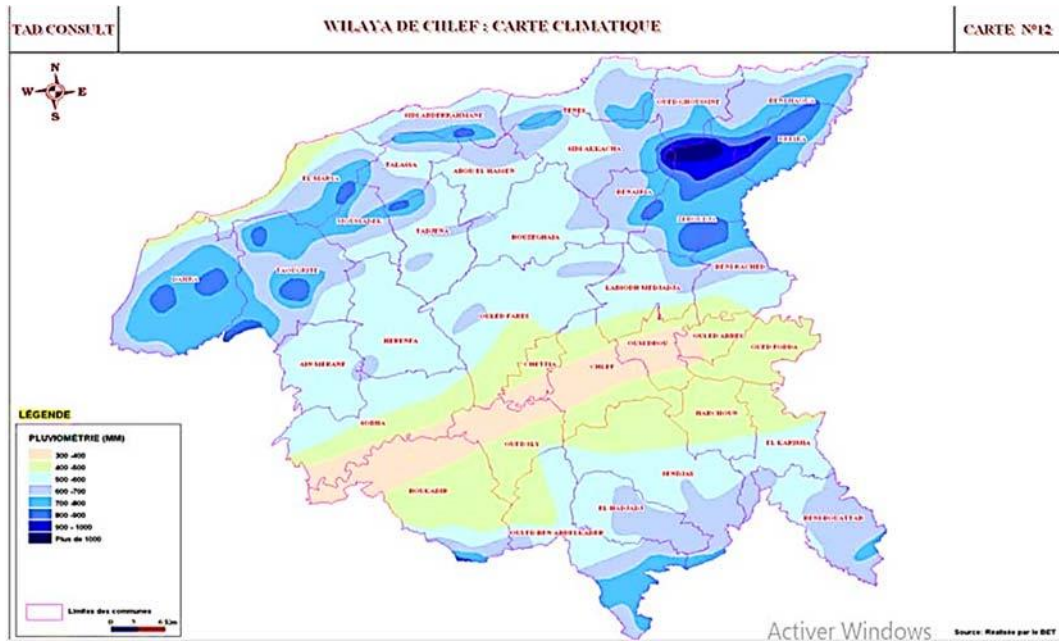


Figure 3.17 Carte climatique de Chlef (zahres)

3.7 Environnement immédiat

Chlef est située au cœur de la vallée du Chélif, au milieu d'une vaste plaine compris entre les reliefs de Medjadja intégrée à la chaîne du Dahra au nord et les monts de l'Ouarsenis au sud, au lieu de confluence de l'Oued Chélif et de l'oued Tsighaout.

La ville de Chlef est une zone sismique (figure3.18) et a connu deux tremblements de terre majeurs ; le premier le 9 septembre 1954 et le seconde le 10 octobre 1980 qui a détruit la ville à 80 % .La ville est classée dans la zone 3 de forte sismicité selon les règlements parasismiques algériens .Le risque sismique dans la ville de Chlef, qui en plus de son aléa sismique élevé, présente des enjeux humains et économiques très importants, pour lesquels les conséquences d'un séisme pourraient causer des dommages importants et des effets durables sur le fonctionnement du territoire

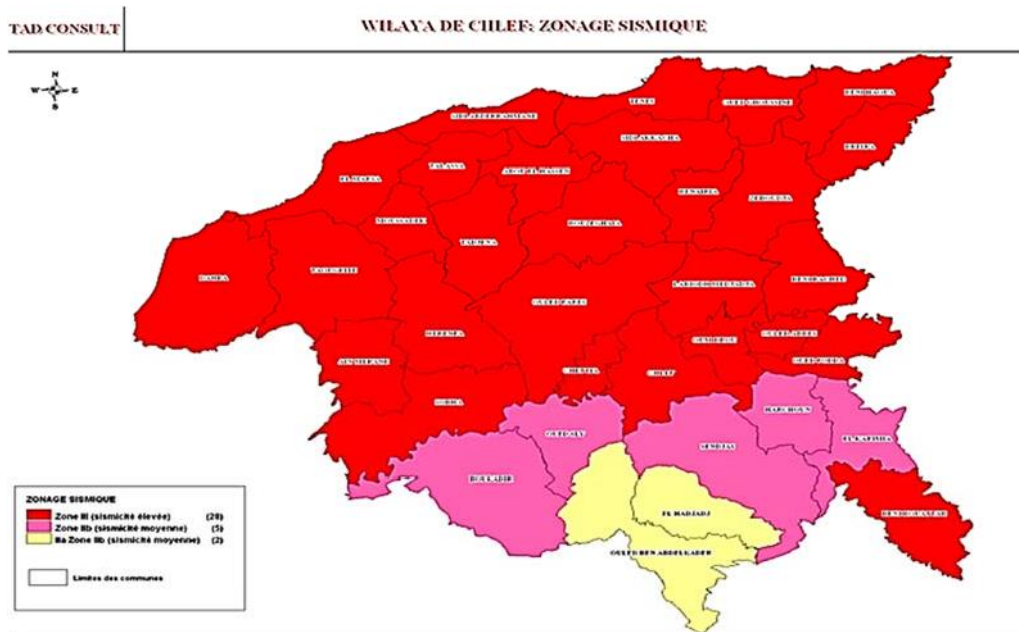


Figure 3.18 Carte sismique de Chlef (zahres)

3.8 Réseaux

En matière d'électricité, de gaz, d'eau potable, d'assainissement et de réseau téléphonique, les services dans la ville de Chlef sont comme suit

- Le taux de raccordement au réseau électrique à 100%.
- Le taux de raccordement au réseau de gaz naturel est de 60%
- Un réseau de longueur de 248. 387 km dessert la ville en eau potable, avec un taux de raccordement de 99%,
- Le réseau d'assainissement est de 241.118 km de long, avec un taux de raccordement de 97%. Le réseau est relié à une station d'épuration,
- Le réseau téléphonique compte près de 16000 lignes fixes et les antennes des opérateurs du téléphone mobile couvrent toute la ville.

Ces réseaux sont, à l'exception du réseau électrique, souterrains. Les antennes du téléphone mobile, sont généralement placées sur les terrasses des bâtiments.

3.9 Ensemble topographique

En se basant sur l'analyse de la carte topographique (Figure 3. 19) couvrant le territoire de la wilaya de Chlef et sur l'examen du profil topographique, nous relevons que ce territoire est partagé entre trois grands ensembles morphologiques ;

- Un premier ensemble de reliefs montagneux, appelé Dahra, se localisant entre littoraux au Nord et le bassin du Chélif au Sud. Cet ensemble est formé de reliefs à caractère montagneux, de vallées et de petites plaines littorales.
- Le grand bassin néogène du Chélif au centre, encadré par le Dahra au Nord et l'Ouarsenis au Sud.
- Un second ensemble montagneux, appelé « Ouarsenis », développé au Sud du bassin chélifien.

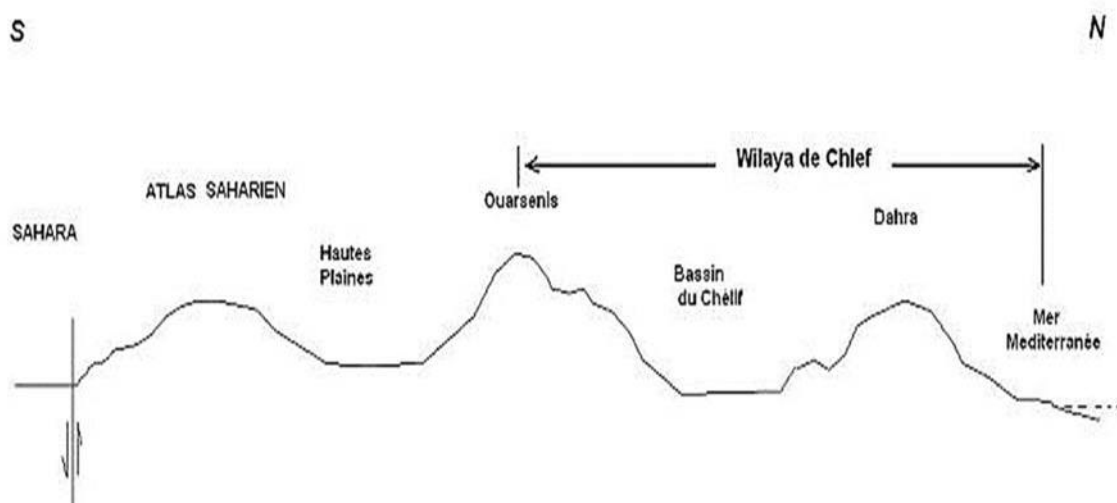


Figure 3.19 Coupe topographique (PDAU 2018)

3.10 Morphologie de terrain

Différentes pentes

Le relief, vallonné et mou, offre à la région une topographie accidentée, présentant des pentes variantes (figure 3.20) entre 0% et 25% réparties comme suit :

La 1ère classe de 0% à 3% : on la trouve essentiellement dans la plaine de Chlef, avec une superficie de 5554 ha, soit 45% de la superficie totale de la commune

La 2ème classe de 3% à 12% : elle est répartie sur l'ensemble de la zone avec une superficie de 2687ha, soit 21% de la superficie totale

La 3ème classe de 12% à 25% : elle occupe les parties sud et l'extrême nord, avec une superficie de 4159 ha, soit 34% de la superficie totale



Figure 3.20 Coupe topographique de la commune de Chlef (PDAU 2018)

3.11 Accessibilité

La ville de Chlef est desservie par : la RN04 qui relie les deux métropoles Alger et Oran la RN19 relie la ville de Ténès aux autres wilayas Tissemsilt et Tiaret. Elle est traversée aussi par une infrastructure importante (la voie ferroviaire et l'autoroute Est - Ouest). Le réseau routier national dans cette wilaya s'étend sur 303 km et permet des déplacements dans toutes les directions. La RN11 parcourt le littoral méditerranéen sur plus de 120 km entre Mostaganem et Tipaza. Comme il est illustré la figure 3.21

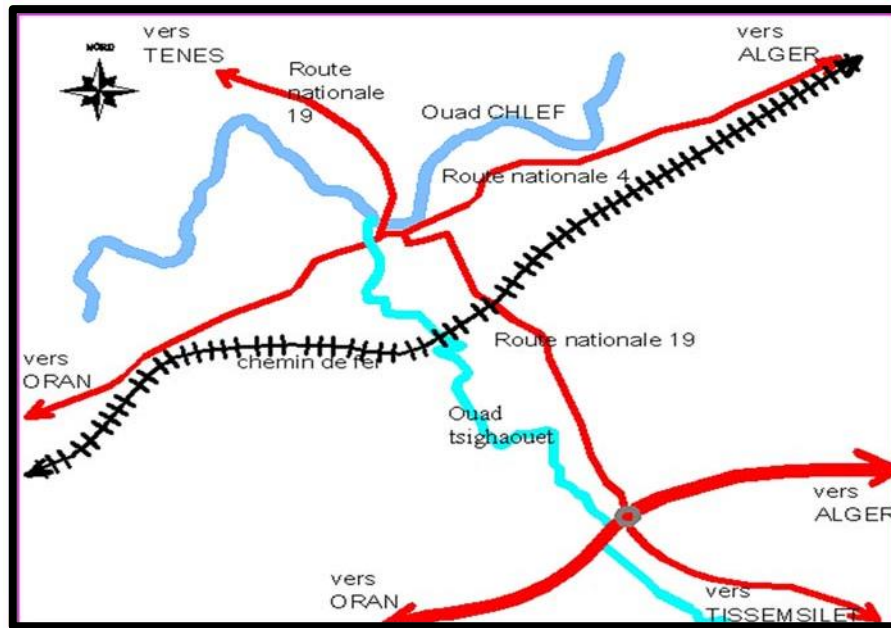


Figure 3.21 Carte d'accessibilité de Chlef (PDAU 2018)

3.12 Problèmes rencontrés et solutions proposées dans la zone d'étude

La zone d'étude de Chlef fait face à plusieurs défis en matière d'aménagements urbains et infrastructures durables. Les revêtements de sol des jardins Safa et 11 Décembre, ainsi que les parkings de Castellum et Essalam, et les routes et leurs bordures utilisent les matériaux traditionnels comme le béton et le bitume et ils posent plusieurs problèmes lorsqu'ils sont utilisés pour les revêtements des jardins, routes, bordures et parkings. Le béton est une surface complètement imperméable qui empêche l'infiltration naturelle des eaux pluviales, augmentant ainsi les risques d'inondations. De plus, il dégage des îlots de chaleur en milieu urbain. Le bitume conventionnel des chaussées accumule lui aussi la chaleur et dégage des composés organiques volatils néfastes. Ces revêtements rigides sont également plus sujets aux fissures et nécessitent un entretien régulier coûteux. Et on remarque aussi L'absence de murs antibruit le long des rails de chemin de fer traversant la zone d'étude représente une véritable nuisance pour les riverains.

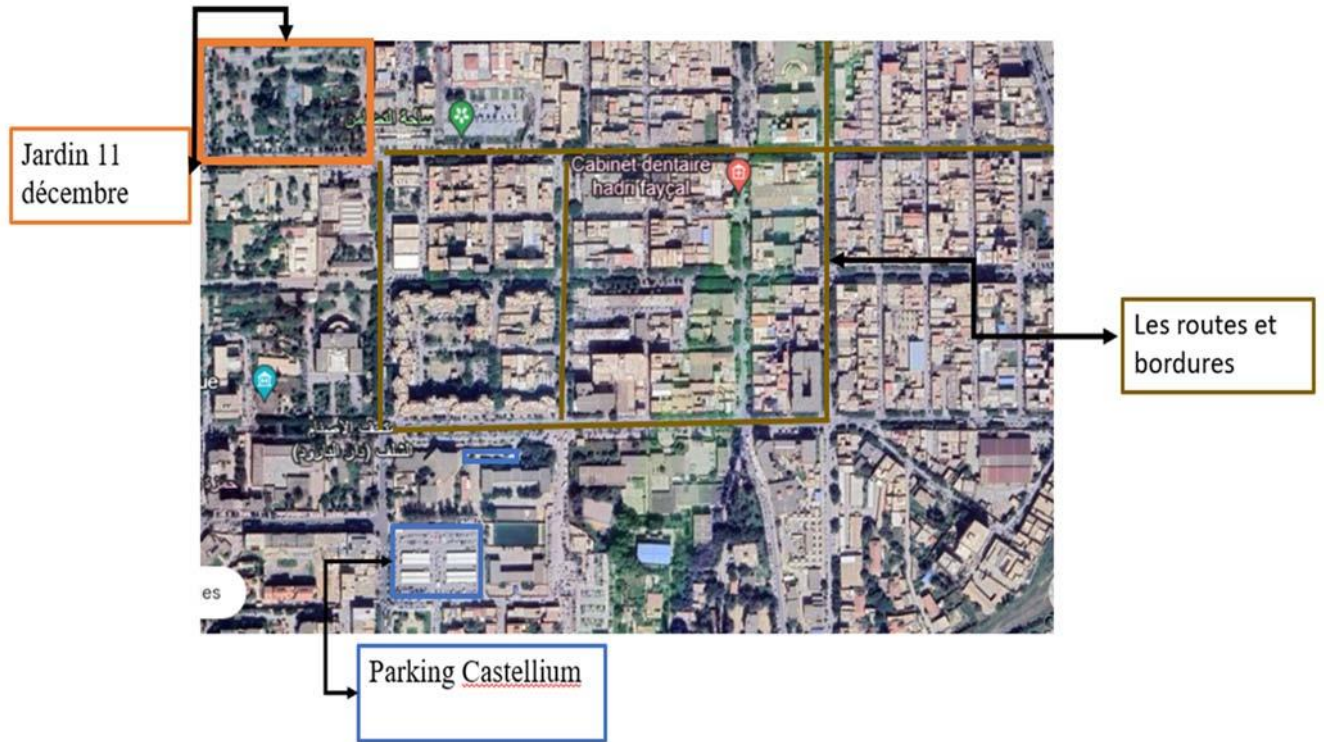


Figure 3.22 Centre-ville de Chlef

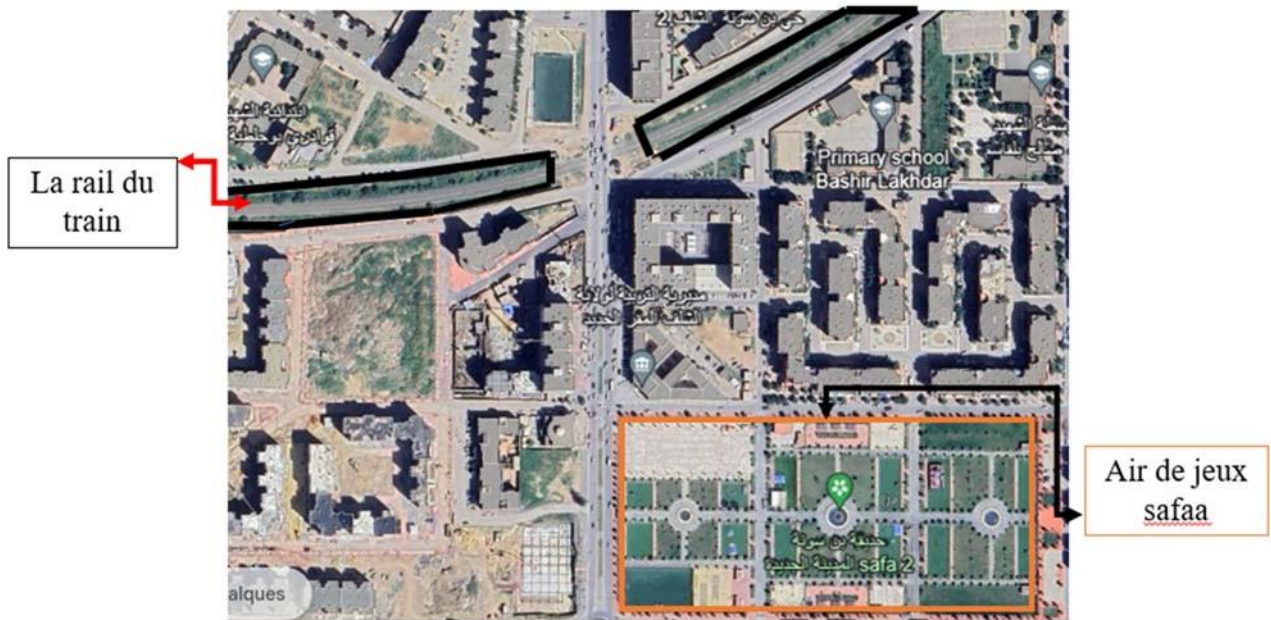


Figure 3.23 Hey Bensouana Chlef

3.3.1 Aires de jeux

Le choix du revêtement de sol est crucial pour garantir la sécurité mais malheureusement dans la wilaya de Chlef il y'a aucun respect des matériaux ou ils utilisent toujours du béton, ce qui présente un risque élevé lorsque les enfants tombent, car le béton fournit une surface solide et solide qui peut causer des blessures graves en cas de chute, en particulier pour les jeunes enfants. L'effet sur la surface de béton peut entraîner des fractures, des ecchymoses et des blessures à la tête en plus la surface lisse du béton peut devenir glissante lorsqu'elle est mouillée ou humide, ce qui augmente le risque de chutes et de blessures. Ceci est confirmé par la Figure (3.22) du jardin Safaa qui est situé à Bensouna la dégradation et du sol, qui présente un risque important pour les enfants lorsqu'ils tombent car elle n'absorbe pas les chocs.



Figure 3.24 Aire de jeux 'safa'

Cependant Les aires de jeux à base de caoutchouc (figure3.23) de pneus recyclés représentent une solution innovante et écologique pour les espaces récréatifs de Chlef. En utilisant des granulats issus du recyclage de pneus usagés, ces revêtements offrent une surface amortissante, réduisant ainsi les risques de blessures en cas de chute. Leur perméabilité permet également une meilleure évacuation des eaux pluviales, évitant la formation de flaques et de boue. Esthétiques et colorés.



Figure 3.25 Aire de jeux à base de caoutchouc(<https://terrasedeville.com/>)

3.3.2 Revêtements des sols

a. Trottoir

Le béton et le bitume sont des matériaux couramment utilisés pour la construction des trottoirs à Chlef, comme en témoignent les images (Figure 3.26). Bien que leur coût relativement bas soit un avantage, ces revêtements présentent plusieurs inconvénients majeurs. En période de forte chaleur, caractéristique du climat estival de Chlef, leur surface peut devenir glissante, compromettant la sécurité des piétons. De plus, le vieillissement naturel du bitume entraîne l'apparition de fissures et une dégradation progressive du revêtement au fil du temps. Leur imperméabilité empêche également l'eau de s'infiltrer dans le sol, aggravant les problèmes de ruissellement. Enfin, la nature minérale de ces matériaux contribue à la formation d'îlots de chaleur urbains, aggravant l'inconfort et les risques pour la santé des populations dans cette wilaya particulièrement chaude en été.



Figure 3.26 Un trottoir à Chlef

Les trottoirs à base de caoutchouc de pneus recyclés (figure 3.27) représentent une solution écologique et performante pour la ville de Chlef. Alliant respect de l'environnement, confort de marche, gestion optimisée des eaux pluviales et esthétique, ils s'imposent comme une alternative durable aux revêtements en béton traditionnels. Leur choix témoigne de l'engagement de Chlef vers un aménagement urbain plus vert et agréable, où chaque pas contribue à préserver l'environnement.



Figure 3.27 Un trottoir à base de caoutchouc (<https://www.neozone.org/>)

b. Revêtements du sol du parking

La plupart des parkings de la wilaya de Chlef utilisent encore le béton comme matériau de base dans les revêtements de sol du parking (figure 3.28) malgré que Le béton soit sensible aux fissures et aux éclats, surtout dans les zones soumises à un trafic important ou à des changements de température brusques comme Chlef. Ces fissures peuvent s'agrandir avec le temps et laisser s'infiltrer l'eau, ce qui peut entraîner la corrosion des armatures et la dégradation de la structure du parking.



Figure 3.28 Parking Castellum Chlef

Les parkings à base de caoutchouc de pneus recyclés (figure 3.29) offrent une solution innovante et écologique pour le stationnement des véhicules à Chlef. Ces revêtements perméables permettent une meilleure infiltration des eaux pluviales, réduisant ainsi les risques d'inondation et de pollution. Leur surface légèrement élastique améliore le confort de conduite et atténue les nuisances sonores liées au roulement des pneus. Résistants et durables, ils nécessitent peu

d'entretien, ce qui en fait un choix économique à long terme. Leur couleur et leur texture peuvent être personnalisées pour s'intégrer esthétiquement à l'environnement urbain.



Figure 3.29 Revêtement de sol de parkings à base de caoutchouc

c. Bordures de trottoir

Les bordures en béton (figure 3.30) présentent plusieurs inconvénients, notamment leur imperméabilité, leur impact environnemental, leur manque d'esthétique, leur difficulté d'installation et d'entretien, et leur coût élevé mais malheureusement dans la wilaya de Chlef il existe que le béton dans toutes les routes malgré ses inconvénients et sa dégradation qui est devenu perceptible dans toutes les façons de finition.



Figure 3.30 Une bordure de trottoir à Chlef



Figure 3.31 Une bordure à base de caoutchouc (<https://www.globalpiyasa.com>)

Les bordures en caoutchouc recyclé (figure 3.31) constituent une alternative durable et avantageuse aux bordures traditionnelles dans l'aménagement urbain, et durée de vie prolongée par rapport au béton ou à la pierre naturelle (selon une étude de l'Université du Wisconsin).

d. Revêtement des routes

Le matériau le plus répandu pour les routes soit à Chlef ou à l'échelle nationale c'est le Béton bitumineux. Le béton bitumineux peut se fissurer et se déformer sous le poids du trafic, ce qui peut entraîner des nids de poule, des affaissements et une dégradation de la surface. Les climats extrêmes, avec des températures très élevées ou très basses, peuvent aggraver ce problème. Et c'est ce qu'est montré dans la figure 3.32 une route de la ferme qui est fissuré et endommager. En plus les routes en béton bitumineux nécessitent un entretien régulier pour réparer les fissures, les nids de poule et les autres dommages. Ces réparations peuvent être coûteuses et nécessiter des fermetures de route, ce qui peut perturber la circulation comme ce montre la figure 3.32.



Figure 3.32 Exemple d'une route à base de bitume à la ville de chlef

Les routes en caoutchouc de pneus recyclés (figure3.33) représentent une avancée majeure pour les infrastructures routières de Chlef. Tout d'abord, elle améliore la durabilité et la résistance des routes, en les rendant moins sensibles aux fissures et à l'orniérage. Ensuite, elle réduit les nuisances sonores liées à la circulation, offrant ainsi un environnement plus calme aux riverains. De plus, la surface légèrement élastique de ces routes améliore l'adhérence des véhicules, renforçant ainsi la sécurité routière, en particulier par temps de pluie.



Figure 3.33 Une route à base de caoutchouc
(<https://www.environnement-magazine.fr/>)

3.3.3 Murs anti bruit

Après l'étude que nous avons faite, nous avons remarqué des sources récurrentes de nuisances pour les résidents vivant à côté de la gare et du train (figure3.34), qui fonctionne comme un bruit qui peut déranger les résidents à l'arrivée, ou pour toutes les personnes telles que celles qui vont aux jardins Safaa de ben souna ou le 11 décembre 1961 qui est situé au centre-ville de Chlef , ils sont exposés au bruit en raison de l'emplacement des jardins à côté d'une route de base, et c'est peut-être pourquoi ils sont mal à l'aise .



Figure 3.34 Le long de rail

Le déploiement de parois antibruit fabriquées à partir de caoutchouc issu du recyclage des pneus usagés (figure3.35) constitue une réponse efficace et durable pour atténuer les nuisances sonores générées par les infrastructures ferroviaires.



Figure 3.35 Un mur antibruit à base de caoutchouc

3.3.4 Salles de sport

Dans la wilaya de Chlef la plupart des salles de sport utilisent le pvc comme un choix des revêtements de sol (figure3.36). Si le PVC présente certains avantages pour les revêtements de sol des salles de sport, tels que sa durabilité, sa facilité d'entretien et son coût relativement bas, il est important de considérer également ses inconvénients avant de faire un choix :

- Le PVC peut émettre des composé organique volatiles (COV), certains cancérigènes, lorsqu'il est nouvellement installé ou exposé à la chaleur.
- Le PVC est un matériau difficile à recycler et finit souvent dans les décharges, contribuant à l'accumulation de déchets et à la pollution des sols.
- Le PVC est un matériau dur et inflexible qui peut ne pas offrir un confort suffisant pour les articulations et les muscles lors d'activités sportives intenses.
- Le PVC peut devenir glissant lorsqu'il est mouillé ou usé, ce qui peut augmenter le risque de chutes et de blessures.
- Le PVC n'absorbe pas bien les chocs, ce qui peut causer des douleurs articulaires et des blessures à long terme.



Figure 3.36 Salle de sport en PVC

Avec leur excellente résilience, leur facilité d'entretien et leurs atouts écologiques, les dalles amortissantes en caoutchouc recyclé (figure 3.37) représentent la solution idéale pour des installations sportives sûres et performantes.



Figure 3.37 Salle de sport en caoutchouc

3.13 Conclusion

En conclusion après avoir fait une étude approfondie du cas de la ville de Chlef révèle à la fois les opportunités et les challenges liés au développement d'une filière locale de recyclage des pneus usagés dans les aménagements urbains.

La revue des connaissances scientifiques et techniques confirme la faisabilité et l'intérêt d'incorporer des granulats issus de pneus recyclés dans les travaux de construction destinés aux usages urbains. Cette pratique améliore plusieurs propriétés, comme la légèreté, l'absorption des chocs ou l'isolation. Elle ouvre la voie à des applications innovantes, esthétiques et durables.

Au-delà des bénéfices environnementaux et économiques attendus, cette approche participe aussi à promouvoir une nouvelle conception de la ville. Une ville qui préserve ses ressources, valorise ses déchets, implique ses habitants et améliore son cadre de vie. En somme, une ville plus durable, plus créative et plus désirable, à l'image des aspirations de ses citoyens.

***Fiche technique du Société
Pneus Ecologique Urbain de
Chlef (SPEU-Chlef)***

4.1 Introduction

Ce chapitre, présente l'essentiel de notre travail qui porte sur les différentes étapes de la création d'une nouvelle société SPEU- Chlef, en commençant par la fiche technique complète décrivant ce projet dans ses détails. Une analyse ensuite a été faite afin de préciser les opportunités et les menaces en utilisant la matrice SWOT.

Enfin, un business model canvas (BMC) est proposé pour notre entreprise, que représente un outil stratégique permettant de synthétiser et d'analyser son modèle économique, en définissant ses segments de clientèle cibles, sa proposition de valeur distinctive, ses canaux de distribution, ses relations clients, ainsi que ses ressources et activités clés, ses partenariats stratégiques et enfin sa structure de coûts et de revenus. Cette analyse approfondie vise à évaluer la faisabilité et la viabilité économique du projet, identifier ses principaux risques et facteurs clés de succès.

4.2 Fiche technique du projet

Tableau 4.1 fiche technique de société

Le nom et le prénom	BOUMAZA Malika AIT HAMOUDA Manel Nouara
L'intitulé de notre projet	S.P.E.U « société pneu écologique urbain »
Le statut juridique	S.P.As
Numéro de téléphone	0782093309 0778520067
Adresse-émail	Malikaboumaza2@gmail.com Manelait459@gmail.com
La ville d'activité	Chlef

4.3 Nature et l'idée du projet

Ce projet **industriel commercial** vise à produire divers articles d'aménagement urbain à partir du caoutchouc récupéré des pneus usagés jetés en masse dans l'environnement, source importante de pollution. Après avoir étudié différentes méthodes de recyclage, le potentiel du caoutchouc contenu dans ces pneus a été identifié pour être valorisé. Un processus complet sera mis en place pour récupérer ce caoutchouc, le traiter et le transformer en matière première pour fabriquer des produits tels que revêtements de sol, bordures, murs anti bruit. Cette initiative débutera dans les zones les plus touchées par les problèmes, avec l'objectif de s'étendre

progressivement à l'ensemble de la ville et transformer ces espaces dégradés en lieux attrayants, sûrs et éco-responsables grâce aux aménagements créés à partir du caoutchouc recyclé.





4.4 Problématique

Tableau 4.2 Problématique

La problématique	Comment pouvons-nous optimiser l'efficacité de la valorisation des pneus usagés dans les aménagements urbains, tout en minimisant leur impact environnemental et en favorisant une économie circulaire dans nos communautés urbaines ?
Quelles données avez-vous pour indiquer le problème précis ?	Le béton et le bitume sont des matériaux les plus largement utilisés dans les aménagements urbains malgré ses défis importants en termes de durabilité et d'impact environnemental en plus ils ont une durée de vie limitée et nécessitent des travaux d'entretien et de réparation réguliers.
Quels autres projets ont été ciblés pour le même problème et ont été mis en œuvre ?	Recytech et Gomotech sont des entreprises spécialisées dans la collecte et le recyclage des pneus usagés.

4.5 Objectifs

Notre objectif de ce projet est de ;

-  Devenir le premier producteur de divers produits destinés aux aménagements urbains à base de pneu recyclé en Algérie ;
-  Contribuer à la durabilité de la qualité de vie de citoyens en créant des villes plus saines, plus sûres et plus agréable à vivre ;
-  Amélioration de la durabilité et de la performance des infrastructure urbains et création d'espaces publics durables et attrayants ;
-  Promouvoir une économie circulaire et durable.

4.6 Valeur

Ce projet industriel de valorisation des pneus vie puise son essence même dans un ensemble de valeurs fortes liées au développement durable. Au-delà de l'aspect purement environnemental, ce projet promeut des valeurs d'innovation technologique en développant des procédés inédits pour transformer ces matières premières issues du recyclage en une gamme de produits techniques à haute valeur ajoutée.

Dans l'ensemble, les valeurs proposées peuvent être les suivantes

- La diversification des produits de mobilier urbain, de revêtements de sol amortissants (aires de jeux, revêtement de route etc.)
- Réduction des coûts d'entretien par rapport aux matériaux traditionnels.
- Amélioration de l'esthétique urbaine et de la qualité de vie des citoyens
- La transformation de déchets problématiques (les pneus usagés) en une gamme de produits innovants et éco-responsables pour l'aménagement urbain durable
- La réduction des risques d'inondation à cause de l'infiltration des eaux pluviales.
- Des qualités techniques supérieures : résistance aux chocs et aux intempéries, propriétés isolantes.

4.7 Clients

L'entreprise vise un large éventail de clients potentiels pour écouler sa gamme de produits dérivés des pneus usagés. Elle s'adresse à la fois aux clients business to business comme les collectivités locales et les bureaux d'étude ... etc., Mais elle prospecte également auprès des clients business to consumer qui sont les maisons. Alors elle dispose ainsi d'un vaste marché potentiel à conquérir par sa proposition d'offre technique et économique complète.

Ce dessous les différents clients du projet

4.7.1 Business to business (B2B)

- ❖ **Collectivités locales** : elles sont directement concernées par l'aménagement des espaces publics (parcs, aires de jeux, mobilier urbain, etc.) et le revêtement de route.
- ❖ **Les bureaux d'étude d'architecte et paysagiste** : Les architectes et paysagistes, sensibles aux démarches écologiques, constituent un segment clé à cibler en leur proposant une offre éco-innovante d'aménagements design en pneus recyclés.
- ❖ **Les bureaux d'étude BTP** : Les bureaux d'études spécialisés dans le bâtiment et les travaux publics représentent un débouché commercial stratégique pour ce type de projet. En effet, ces sociétés d'ingénierie interviennent en amont dans la conception et le

dimensionnement des opérations d'aménagements urbains pour le compte de maîtres d'ouvrage publics ou privés. Elles ont donc un rôle clé dans le choix des matériaux et solutions techniques à mettre en œuvre.

- ❖ **Les promotions immobilières** : Ils peuvent utiliser nos produits comme l'isolation acoustiques pour bâtiments et les revêtements de sol pour les aires de jeux
- ❖ **Ecoles, centres de loisirs et terrains de sport** : ils représentent des clients précieux En tant que lieux fréquentés par de nombreux résidents urbains, ces espaces bénéficieraient grandement de l'intégration de matériaux à base de pneus recyclés dans leurs infrastructures.

4.7.2 Business to consumer (B2C)

Le grand public (les maisons) : les particuliers représentent également un segment de clientèle prometteur pour les produits issus du recyclage des pneus usagés. Ils peuvent l'utiliser dans l'isolation phonique ...

4.8 Canaux

Pour commercialiser efficacement cette gamme de produits dérivés du recyclage des pneus usagés, une stratégie multicanale s'impose. Différents circuits de distribution complémentaires devront être déployés afin de cibler au mieux les différents segments de clientèle. Un premier canal clé serait la participation aux expositions ; en suite la distribution des flyers et quitter les guides dans les entreprises et des échantillons ; le canal avant la fin c'est la vente directe et enfin c'est la vente en ligne

- ✚ **Participation aux expositions** : La participation régulière à des salons professionnels et expositions représente un levier marketing et commercial clé pour promouvoir l'offre d'aménagements urbains en pneus recyclés.
- ✚ **La distribution des flyers** : La distribution de flyers constitue un excellent moyen de sensibiliser le public à l'intérêt d'utiliser des déchets de pneus recyclés dans les aménagements urbains. Ces flyers vont être visuellement attrayants, avec des images montrant des exemples concrets de réalisations utilisant ces matériaux : revêtements de sol amortissants pour aires de jeux, mobilier urbain, bordures, etc. Le texte va expliquer de façon concise les avantages environnementaux (recyclage de déchets, préservation des ressources naturelles), économiques (coût compétitif, durabilité) et fonctionnels (absorption des chocs, résistance aux intempéries) de ces produits issus de l'économie circulaire. La distribution peut cibler en priorité les lieux fréquentés par les décideurs et prescripteurs : salons professionnels, colloques

sur l'urbanisme et l'environnement, sièges de collectivités... Toucher directement le grand public via du flyering ou du boîtage permet aussi de créer une demande citoyenne envers ces solutions écologiques. Bien conçue et déployée, une campagne de flyers peut considérablement faire avancer la cause de la valorisation des pneus usagés dans nos espaces urbains.

- ✚ **Les guides dans les entreprises et des échantillons :** ce canal clé consiste à leur fournir des guides et des échantillons illustrant les meilleures pratiques et les applications concrètes des matériaux recyclés issus des pneus. Ces guides détaillés présenteront les avantages environnementaux, techniques et économiques de l'utilisation de ces matériaux, ainsi que des instructions étape par étape pour leur mise en œuvre. Des échantillons tangibles de revêtements de sol, de mobilier urbain ou d'éléments paysagers fabriqués à partir de pneus recyclés permettront aux entreprises de constater la qualité et la durabilité de ces produits. En laissant ces ressources à leur disposition, on encouragera les entreprises à adopter ces solutions écologiques et innovantes dans leurs projets d'aménagement urbain, contribuant ainsi à réduire l'impact environnemental des déchets de pneus.
- ✚ **Ventes directes aux collectives et entreprises :** Une force de vente dédiée convaincra directement les clients cibles en mettant en avant les avantages des aménagements urbains en pneus recyclés, et proposera des solutions sur-mesure via un contact personnalisé, dans une optique d'économie circulaire.
- ✚ **Plateformes de ventes en ligne :** Un site e-commerce dédié permettra de présenter l'offre détaillée, un canal complémentaire pour toucher un large public de vendre en ligne aux clients publics/privés, de promouvoir les réalisations, et de générer des leads qualifiés via un référencement web adapté. Les données d'analyse serviront à optimiser continuellement la stratégie e-commerce.

4.9 Relation clientèle


✚ **La garantie :** c'est un élément clé pour assurer la satisfaction des clients et la pérennité de notre projet. On va commencer par définir les conditions de notre garantie en précisant sa durée (2 à 5 ans), son étendue (pièces et main d'œuvre) et Formalisez cette garantie dans nos conditions générales de vente et sur un document fourni avec le produit.

On peut proposer éventuellement une extension de garantie payante pour répondre aux besoins spécifiques de certains clients comme la durée de garantie plus longue : certains clients, comme des collectivités locales ou des entreprises, peuvent souhaiter une garantie plus longue (ex : 10 ans) pour des projets d'envergure ou des installations à forte fréquentation.

✚ **Le service après-vente :** Le service après-vente est un élément essentiel pour assurer la satisfaction client et la pérennité de notre projet. Pour le mettre en place, on va commencer par définir différents canaux de contact (site, email, formulaire en ligne, courrier) permettant à nos clients de signaler facilement tout problème rencontré.

On va former ensuite une équipe dédiée capable de diagnostiquer rapidement les dysfonctionnements, de réparer sur site ou de remplacer les éléments défectueux. Suivez les retours SAV avec des indicateurs et analysez-les pour identifier les points d'amélioration tant au niveau des produits que des processus.

✚ **Installations et maintenance gratuites après avoir atteint un nombre de commande :** Dans le cadre de notre engagement envers la durabilité et la satisfaction client. On va offrir une maintenance gratuite à nos clients fidèles qui atteignent un certain seuil de commandes pour notre projet. Lorsqu'ils vont passer un nombre prédéfini de commandes, soit pour des revêtements de sol amortissants, du mobilier urbain à partir de pneus recyclés, vous devenez éligible à ce programme exclusif. Nos experts procéderont à l'installation des nouvelles commandes sans frais supplémentaires, vous faisant ainsi bénéficier d'une économie substantielle.

 **Participation à des salons et événements professionnel** : Notre entreprise accorde une grande importance à l'entretien de relations solides et durables avec nos clients et partenaires.

Pour ce faire, nous participons activement aux salons et événements professionnels liés à l'aménagement urbain et au développement durable. Ces événements nous permettent de présenter nos innovations, d'échanger des idées, de rencontrer nos clients existants et de nouer de nouveaux contacts. Grâce à ces interactions, nous restons à l'écoute des besoins de nos clients, adaptons nos offres et renforçons leur confiance et leur loyauté.

4.10 Partenaires

Construire un écosystème de partenariats solides et complémentaires sera déterminant pour la réussite de ce projet, et ce dessous les partenaires possibles pour faciliter notre travail. Comme il est montré dans le tableau 4.3

Tableau 4.3 Les partenaires du projet

Les partenaires	Des informations sur les partenaires	La nature de partenariat
Le 1^{er} partenaire	Business incubateur	
Le 2^{ème} partenaire	Recytech est entreprise algérienne spécialisée dans le recyclage et la valorisation de pneus usagés	Fournisseur -client
Le 3^{ème} partenaire	Les fournisseurs de machines	Fournisseur -client
Le 4^{ème} partenaire	Laboratoire de contrôle	

4.11 SWOT

Cette analyse (tableau 4.4) poussée des forces, faiblesses, opportunités et menaces associées au projet permettra d'en appréhender les risques, défis à relever mais aussi d'identifier les leviers à actionner pour développer un avantage concurrentiel durable.

Tableau 4. 4 Analyse SWOT

<p style="text-align: center;">Les chances</p> <p>Réduire les déchets de pneus en leur donnant une seconde vie Réglementations favorisant le recyclage et l'économie circulaire. Marché de l'aménagement urbain en pleine expansion Créer de nouvelles matières premières à partir de ressources recyclées Créer de nouvelles sources de revenus Développer une économie circulaire autour du caoutchouc Développements futurs de nouveaux produits dérivés Potentiel de rentabilité élevé</p>	<p style="text-align: center;">Les menaces</p> <p>Les diversifications des matériaux traditionnelles en béton et l'incapacité de couvrir le marché. Progrès techniques concurrents remettant en cause l'avantage technologique. Acteurs établis sur le marché des revêtements/aménagements urbains</p>
<p style="text-align: center;">Les points forts</p> <p>Concept éco-innovant s'inscrivant dans une démarche de développement durable Le caoutchouc issu du recyclage des pneus peut être utilisé dans de nombreux secteurs Gamme complète d'aménagements urbains (mobilier, revêtements, aires de jeux...) L'implantation d'unités de valorisation des pneus peut générer de nouvelles opportunités d'emplois Excellentes qualités techniques (résistance, isolation, facilité d'entretien)</p>	<p style="text-align: center;">Les points faibles</p> <p>Investissements initiaux élevés Nouvelle technologie à développer et à industrialiser Le déploiement des nouveaux matériaux prend beaucoup de temps Notoriété de marque à construire sur un marché concurrentiel La gestion des coûts de production et commercialisation La disponibilité de matière première Certains consommateurs peuvent avoir une perception négative des produits en caoutchouc recyclé</p>

4.12 Domaines d'innovation

- ✚ Conception de nouveaux produits à base de pneus recyclés pour les aménagements urbains (meublier urbain, revêtements de sol, etc.).
- ✚ Développement de designs innovants et attrayants pour les produits fabriqués à partir de pneus recyclés.
- ✚ Les procédés de valorisation employés permettent d'obtenir des produits finis sains et inoffensifs pour l'environnement.
- ✚ Promotion de l'éco-conception et de l'utilisation de matériaux recyclés dans les projets d'infrastructures urbaines, encourageant une transition vers une économie circulaire et responsable.
- ✚ Un matériau aux propriétés technique spécifiques

4.13 Concurrents

4.13.1 Concurrents directs

Ce projet innovant présente un fort potentiel, il est important de noter qu'il n'est pas complètement dépourvu de concurrence. En effet, il y'a deux entreprises et initiatives se sont déjà lancées sur le créneau de la valorisation des pneus usagés. Les principaux concurrents directs sur ce marché sont

Recytech: c'est une société Algérienne de Recyclage de Caoutchouc, spécialisée dans la collecte et le recyclage des pneus usagés.

Gometech : est une entreprise algérienne spécialisée dans le recyclage de pneus usagés. Les Pneumatiques Usagés Non Réutilisables (PUNR) sont qualifiés de déchets spéciaux non dangereux selon le classement des déchets en Algérie.

- ✚ Parmi leur point fort c'est L'expérience acquise au fil des années sur le marché algérien
- ✚ Leur point faible c'est la production très limitée des produit destinés aux aménagements urbains

4.13.2 Concurents indirects

Au-delà de la concurrence directe des autres entreprises spécialisées dans le recyclage des pneus, ce projet fait également face à une forme de compétition indirecte. Les matériaux traditionnels tels que le béton, le bois, le métal et le bitume constituent une concurrence indirecte pour les produits fabriqués à partir de pneus recyclés, notamment dans les domaines des revêtements de sol, du mobilier urbain et des équipements de jeux. Ces solutions

conventionnelles d'aménagement représentent un défi pour l'adoption plus large des alternatives issues du recyclage des pneus.

les concurrents indirects sont toutes les entreprises qui utilisent du béton et du bitume dans les revêtements de sols ; les aires de jeux ...

- ✚ Leur points fort c'est ancienneté sur le marché algérien ainsi le potentiel d'utilisation des matériaux traditionnels
- ✚ Leur point faible c'est l'utilisation toujours des matériaux non durables et a un effet néfaste sur l'environnement.

4.14 Processus de fabrication

L'étape fondamentale et prioritaire de notre projet consiste à sécuriser l'approvisionnement en granule de caoutchouc, notre matière première essentielle, auprès de l'usine de Bouira.

Le processus de fabrication des produits à base des pneus destinés aux aménagements urbains se diversifie d'un produit à un autre, à titre d'exemple les étapes suivantes (figure 4.1) décrivent le processus de fabrication des revêtements de sol :

1. La première étape du processus de fabrication des produits en caoutchouc est la préparation méticuleuse des matériaux de base. Cela implique une sélection attentive et le mélange adéquat des matières premières nécessaires pour obtenir la consistance idéale du mélange. L'étape du mélange des composants est cruciale pour obtenir un revêtement de sol homogène et aux propriétés optimales. Une fois les granulés ou la poudre de caoutchouc issus du broyage des pneus correctement calibrés et épurés, ils sont minutieusement mélangés avec le ou les liants polymères sélectionnés. Ces derniers, généralement à base de polyuréthane ou d'élastomères thermodurcissables sous forme liquide ou poudre, jouent un rôle clé dans la cohésion finale du matériau. Comme il est présenté dans la figure 4.3
2. Après la préparation des matériaux et le mélange, l'étape suivante consiste à donner forme aux revêtements de sol en caoutchouc à l'aide de machines de moulage spécialement conçues à cet effet (figure 4.5). Ces machines sont équipées de moules sur mesure qui définissent la taille, la forme, la texture et le motif des pavés. Le choix du moule dépend du design souhaité pour les pavés en caoutchouc. Une fois moulés, le revêtement de sol en caoutchouc est transféré dans une chambre de durcissement

spéciale. Cette phase est essentielle pour garantir la solidité et la durabilité des pavés. La température, l'humidité et le temps de durcissement sont étroitement surveillés et contrôlés pour obtenir les meilleures propriétés mécaniques possibles.

3. Le démoulage représente une phase délicate dans le processus de fabrication des revêtements de sol en caoutchouc. Une fois le cycle de vulcanisation terminé et le moule refroidi, il faut extraire minutieusement les pièces sans les déformer ni les rayer. Cette opération nécessite à la fois dextérité et précaution de la part des opérateurs expérimentés.
4. Le contrôle de qualité est une phase cruciale du processus de fabrication des pavés en plastique, visant à garantir la conformité aux normes les plus strictes et à offrir des produits de la plus haute qualité. Une fois que les pavés en plastique ont été durcis et séchés, ils passent par une série de contrôles de qualité rigoureux pour identifier toute imperfection ou défaut potentiel.
5. Après les étapes de fabrication, de contrôle qualité et de démoulage, les revêtements en caoutchouc recyclé sont prêts pour le packaging et la commercialisation. Un soin particulier est apporté à cette phase afin de préserver l'intégrité des produits jusqu'à leur destination finale.

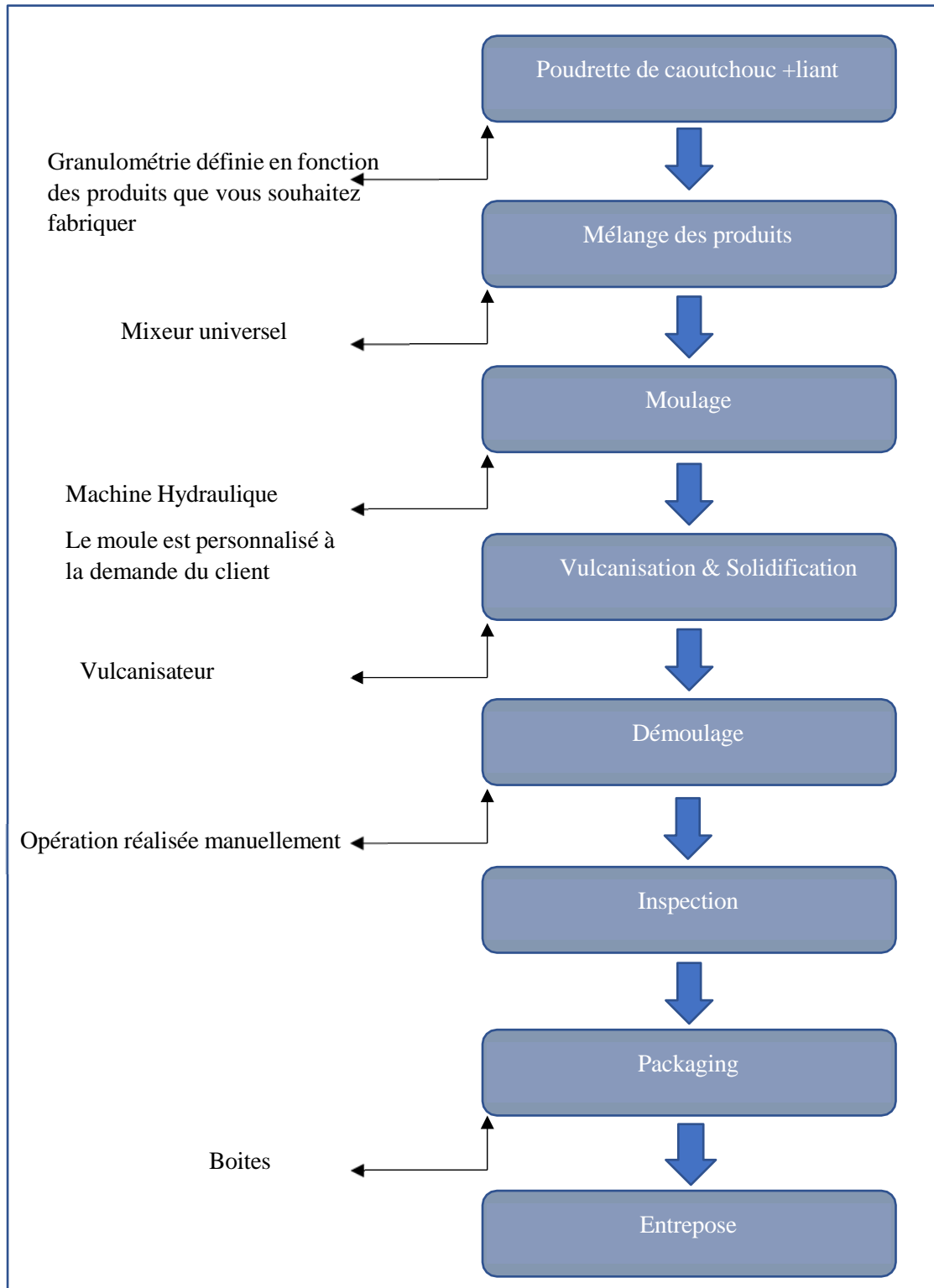


Figure 4.1 processus de fabrication

La figure 4.2 présente un exemple d'une machine de fabrication du revêtement de sol



Figure 4.2 machine de fabrication

Tableau4.5 caractéristiques de la machine

Caractéristiques	Type 1	Type 2	Type 3
Nom du modèle	550.550.4	600.600.4	1000.1000
Pression totale	0.50MN (50tonnes)	1.00MN (100tonnes)	1.20MN (120tonnes)
Taille de la plaque	550.550.60	680.680.60	1100.1100.60
Matériau de plaque	Référence Q235B	Référence Q235B	Référence Q235B
dyalight	150mm	200mm	150mm
Couche de travail	4	4	2
Pression sur la zone unitaire	1.65Mpa	1.6Mpa	16Mpa
Puissance du moteur	2.2Kw	2.2Kw	5.5Kw



Figure 4.3 Mélangeur

Tableau 4. 6 Caractéristiques de mélangeur

Caractéristiques	Valeurs
Puissance de moteur	2.2Kw
Taille globale	1000.1000.850mm
Profondeur	320mm
Diamètre	850mm
Chaque gamme de traitement	180L
Temps de mélange	3-6min
Poids	180KG

Tableau 4.7 Caractéristiques de la vulcanisation

Caractéristiques	Valeurs
Puissance moteur	3Kw
Sortie	Mélange de toutes les entrées
Capacité	50L LOT
Caractéristique	4 Barrel peut être utilisé pour mélanger différentes couleurs
Manière de control	Système automatique
Taille globale	1200.650.1850mm
Poids	200Kg



Figure 4.4 Machine de fabrication de carreaux en caoutchouc



Figure 4.5 Formes des moules

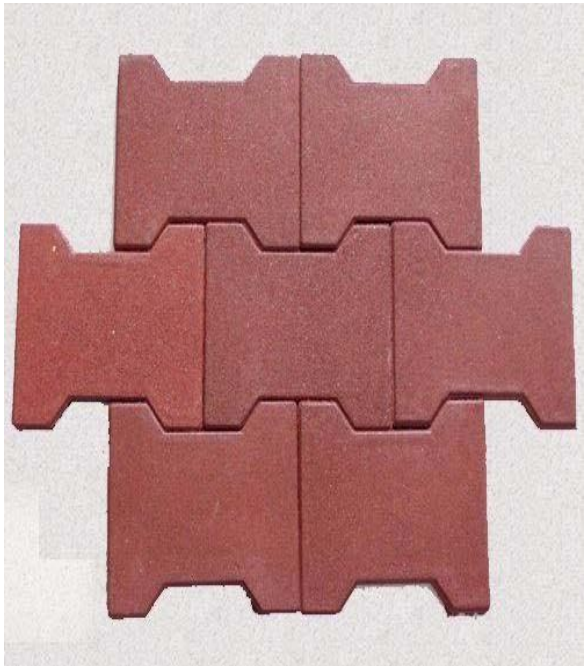
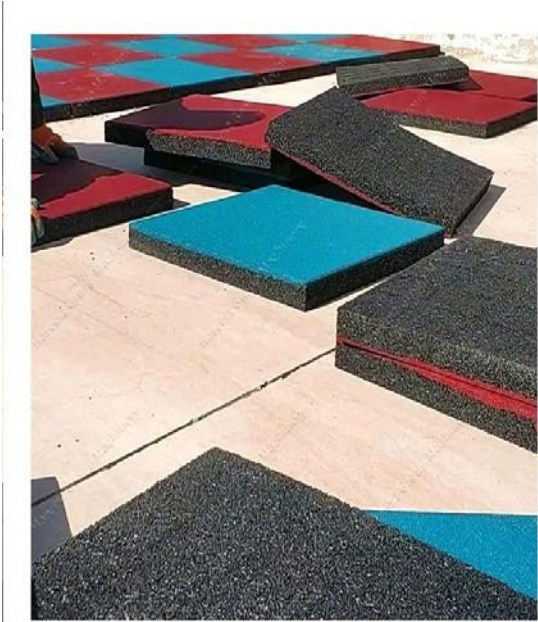


Figure 4.6 produit finie

4.15 Business model canvas (BMC)

Ce projet de valorisation des déchets de pneus repose sur un modèle économique circulaire visant à créer de la valeur à partir d'un déchet considéré comme une contrainte environnementale. En transformant ces pneus usagés en une gamme innovante de revêtements de sol, bordures, aires de jeux et autres aménagements urbains écologiques et durables, l'entreprise apporte des solutions techniques différenciées répondant aux enjeux du développement durable des villes.

Le business model canvas est un outil précieux pour structurer et pérenniser ce projet. Il commence par définir les différents segments de clientèle ciblés, qu'il s'agisse de collectivités locales, promoteurs immobiliers...

Les relations clients appropriées sont ensuite déterminées qui permet de nous gardons la bonne relation avec nos clients, les canaux de distribution qui nous permettra de démontrer différentes façons de livrer ce produit au client, et la colonne la plus importante c'est la valeur ajoutée de notre projet à travers lequel nous saurons ce qui nous distingue des autres.

Après cette phase nous avons fait un processus des activité clés pour exprimer la fabrication de produit comme la fourniture de matière première, la conception et la production ainsi que les ressources clés, comprenant les ressources humaines, matériels, intellectuelles et aussi Les partenariats stratégiques avec des fournisseurs comme les fournisseurs de matières premières pour faciliter notre travail ;

Enfin, la structure de coûts détaillée (frais de production, de main-d'œuvre, de transport, etc.) et les différentes sources de revenus potentielles (ventes directes) permettent de s'assurer de la viabilité économique du modèle avant son déploiement

Business Model Canvas

Conçu pour :

Conçu par :

Date :

Version :

Partenaires clés

- Business incubation
- Les fournisseurs de matière première
- Les fournisseurs de machines
- Laboratoires

Activités Clés

- La fourniture de matière Première
- Conception et production de la gamme de produits
- Le contrôle de qualité
- Marketing et prospection commerciale
- La vente de produit
- Le recherche et développement

Ressources clés

- Les ressources matérielles :
- Les machines et les équipements de la production
 - L'atelier de production
- Les ressources humaines :
- Les employés (directeur ; ingénieur ; chimiste...)
- Les ressources intellectuelles :
- La recherche et le développement

Propositions de valeur

- La diversification des Produits innovants et durables (revêtement de sol, aires de jeux, isolation)
- Réduction des coûts d'entretien par rapport aux matériaux traditionnels.
- Amélioration de l'esthétique urbaine et de la qualité de vie des citoyens.
- La transformation de déchets problématiques (les pneus usagés) en une gamme de produits innovants et éco-responsables pour l'aménagement urbain durable
- La réduction du risque d'inondation à cause de l'infiltration des eaux pluviales
- Des qualités techniques supérieures : résistance aux chocs et aux intempéries, propriétés isolantes

Relation Client

- Proposer des garanties
- services après la vente
- Installation et maintenance gratuites après avoir atteint un nombre spécifique de commandes
- Participation à des salons et événement professionnel

Canaux

- Participation aux expositions
- Distribution des flyers
- Panneaux publicitaires
- Des guides dans les entreprises et des échantillons
- Ventes directes aux collectives et entreprises
- Plateformes de ventes en ligne

Clients

- B2B**
- Collectivités locales
 - Les entreprises du BTP
 - Les bureaux d'étude d'Architectes et paysagistes
 - Les parcs de loisirs
 - Les écoles et les crèches
 - Promoteurs immobiliers
 - Les salles du sport
- B2C**
- Le grand public (maison ...)

Coûts

- Investissements industriels (usines, machines) (constant)
- Coûts de main d'œuvre (constant)
- Achat des matières premières (constant)
- Dépenses marketing/commerciales
- Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-électricité) (constant)
- Frais de transport et logistique (constant)
- Le recherche et développement
- Loyer
- Equipement de bureaux

Revenus

- Vente des produits finis
- Prestation de services
- Service après-vente

4.16 Les couts

Tableau 4.8 Les couts du projet

Frais d'ouverture de compteurs (eaux, gaz)	20000
Logiciels	150000
Marketing	92000
Matière première	3500000
Matériel	4200000
Matériel de bureau	826000
Agencement et installations	915000
Téléphone, internet	180000
Eau, électricité, gaz	200000
Fournitures diverses	923000
Le cout : 11,006,000	

4.17 Employés

Tableau 4.9 les employés

Organisation/Main d'œuvre	Poste	Nombre	Salaire Mensuel (DA/An)	Salaire Brut (DA/An)
	Directeur technique	1	100000	1200000
	Département finance	2	50000	1200000
	Responsable technico Commerciaux	1	45000	540000
	Département personnel	1	45000	540000
	Opérateur de production industriel	2	45000	1080000
	Ingénieur en industriel	1	70000	840000
	Opérateur sur machine	4	50000	2400000
	Chimiste	1	70000	840000
	Agent administratif	2	30000	720000
	Secrétaire	2	25000	600000
	Magasinier	2	26000	624000
	Agent polyvalent	2	25000	600000
	Conducteur d'engin	2	45000	1080000
	Agent de sécurité	2	23000	552000
	Veilleur	2	23000	552000
	Chauffeur	3	30000	1080000
Total masse salariale	30	702000	14448000	

4.18 Les revenus

Tableau 4.10 Les revenus

Biens / Services			Mois												Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Produit/service1	Unités vendues	Q1	0	0	1200	1200	1200	2000	1800	1500	2500	2500	3000	3000	19900
	Prix de vente (x1000 DA)	P1	0.000	0.000	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	///
	Chiffre d'affaires (x1000 DA)	CA1	0.00	0.00	7800.00	7800.00	7800.00	13000.00	11700.00	9750.00	16250.00	16250.00	19500.00	19500.00	129350.00

4.19 Conclusion

Le projet de valorisation des déchets de pneus usagés dans les aménagements urbains s'avère être une solution innovante et durable. Comme détaillé dans la fiche technique, la transformation de ces déchets en matériaux écologiques offre de multiples possibilités d'applications, des revêtements de sol aux mobiliers urbains. L'analyse du business model canvas a permis de mettre en évidence la viabilité économique de ce projet grâce à une proposition de valeur forte

Bien que des défis restent à relever, notamment sur les plans logistique, réglementaire et de l'acceptation sociétale, les perspectives sont encourageantes. Ce projet participe activement à la transition vers une économie circulaire et durable en donnant une seconde vie à ces déchets tout en embellissant le cadre de vie urbain.

C'est une formidable opportunité de conjuguer préservation des ressources naturelles, réduction de l'impact environnemental et amélioration du bien-être des citoyens. Une véritable démarche d'économie circulaire vertueuse à tous les niveaux.

*Conclusions Générales,
Recommandations et
Perspectives*

5.1 Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire a mis en évidence le potentiel remarquable que représente le recyclage et la valorisation des déchets de pneus dans les aménagements urbains, comme levier pour développer des villes plus durables et résilientes. En effet, en transformant ces déchets encombrants et polluants en ressources précieuses pour la fabrique urbaine, il est possible de générer de multiples bénéfices soit sur le plan environnemental, en réduisant l'impact écologique lié à l'extraction de matières premières vierges et à l'élimination des pneus usagés ou Sur le plan social, en améliorant la qualité et le confort des espaces publics, grâce à des aménagements plus esthétiques, plus sûrs, plus durables et plus adaptés aux usages des habitants.

Au premier chapitre nous avons présenté des définitions générales sur la production des déchets des pneus ; l'impact environnemental ainsi que les initiatives de recyclage à travers le monde.

Au deuxième chapitre nous avons exploré les différentes voies de valorisation des pneus recyclés dans les aménagements urbains., depuis les revêtements de sol jusqu'aux murs antibruit.

Le troisième chapitre a porté sur l'analyse urbaine de la ville de Chlef et les problèmes importants ainsi les solutions possibles de l'insertion des granulats de caoutchouc dans les aménagements urbains à la ville.

Enfin, le quatrième chapitre a opérationnalisé les résultats de l'analyse à travers deux outils complémentaires : une fiche technique détaillée du projet de valorisation des pneus et un Business Model Canvas.

Au final Ce mémoire ouvre des perspectives inspirantes pour l'ensemble des villes confrontées à la problématique des déchets de pneus. Il démontre la faisabilité et la pertinence d'une approche circulaire, reposant sur la transformation d'un déchet en ressource pour l'aménagement urbain durable.

En définitive, ce mémoire espère contribuer à une prise de conscience et à une mobilisation collective en faveur de villes plus vertes, circulaires et plus résilientes, où les déchets d'hier deviennent les ressources de demain, au service du bien-être des habitants et de la préservation de l'environnement.

5.2 Recommandations

- 1- Évaluer les filières de valorisation des pneus usagés déjà en place en Algérie et dans des régions similaires. Identifier les meilleures pratiques et les technologies les plus adaptées au contexte local de Chlef.
- 2- Collaborer avec des entreprises qui possèdent l'expertise en recyclage de pneus pour mettre en œuvre des projets pilotes à Chlef.
- 3- Développer des normes et des règlements spécifiques pour l'utilisation des matériaux recyclés issus des pneus dans la construction urbaine.
- 4- Lancer des campagnes de sensibilisation pour informer la population locale sur les avantages du recyclage des pneus et leur utilisation dans les aménagements urbains.
- 5- Intégrer des programmes éducatifs dans les écoles et les universités pour promouvoir la durabilité et les pratiques de recyclage.
- 6- Encourager la recherche sur de nouvelles techniques de recyclage des pneus et sur leur application dans l'urbanisme durable.

5.3 Perspectives

- 1- Diminuer significativement la quantité de déchets de pneus dans les décharges, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement.
- 2- Stimuler la création d'emplois locaux dans le secteur du recyclage et de la fabrication de produits à partir de pneus recyclés.
- 3- Faire de Chlef un exemple en matière de durabilité et de gestion des déchets pour d'autres villes en Algérie et au-delà.
- 4- Encourager les citoyens à s'impliquer dans les projets de recyclage et de valorisation des pneus à travers des initiatives communautaires.
- 5- Favoriser la collaboration entre les gouvernements locaux, les entreprises privées, et les organisations non gouvernementales pour des solutions durables et intégrées.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Ony Nomenjanahary Tahina 'Valorisation des déchets pneumatiques en traitement des eaux, cas des eaux usées de peinture'2014

Moulin, L. *Vapothermolyse des pneus usagés. Valorisation du noir de carbone récupéré, relation procédé-produit (Doctoral dissertation, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux).* 2018

Toure amadou 'Gestion des pneus usages de la ville de Ouagadougou'2015

Bladé, T. *Synthèse, caractérisation et évaluation en caoutchouc de nouvelles charges hybrides renforçantes* 2012.

Continental. (2020). *Composants des pneus.* Consulté le Mai 08, 2021, sur <https://www.continental-pneus.fr/pneus/tout-sur-les-pneus/l-essentiel-sur-les-pneus/composants-pneus>

Gie France recyclage pneumatique rapport d'activité 2015

RMA (Rubber Manufacturers Association). (2014). *2013 US scrap tire management summary.* **Trouzine, H., Asroun, A., Asroun, N., Belabdelouhab, F., & Long, N. T.** 2011. *Problématique des pneumatiques usagés en Algérie. Nature & Technology, (5), 28.*

AND. *Déchets spéciaux et spéciaux dangereux.* 2018.

H. Trouzine, A. Asroun and N.T. Long, Valorisations originales des pneumatiques usagés en génie civil - Actes des 23eme Rencontres Universitaires de Génie Civil, Risque et Environnement, Grenoble 2005.

C. Boutin, A. Boulebnane, P Lareal, N.T. Long, Approche théorique et expérimentale du Pneusol léger. Colloque FrancoPolonais, Douai, 1993.

N.T. Long, Le Pneusol : recherches -réalisation –perspective, Thèse de doctorat préparée au LCPC, présentée à l'INSA Lyon,1993.

D. Humphrey, Civil engineering applications of tire derived aggregate. CIWMB California Integrated Waste Management Board, Waste Tire Forum. 2006

Yankovoy D, Bederov L, Ladygin K, Stompel S. (2017). *All about tire recycling.* Disponible sur: www.i-pec.ru/

ETRMA. *End of Life Tyres Management - Europe 2018 Status.*

<https://www.etrma.org/library/europe-91-of-all-end-of-life-tyres-collected-and-treated-in-2018/>

Site internet

<https://toutsurlepneu.michelin.com/>

<https://fr.xyt-recycling.com/>

<https://www.clcv.org/>

<https://www.franceenvironnement.com>

<https://french.globalsources.com>

<https://www.researchgate.net>

<https://www.constructioncayola.com>

<https://fr.xyt-recycling.com/>

<https://journaldupneu.com>

<https://www.neozone.org>

<https://fr.africanews.com>

<https://jack35.fr>

<http://www.aliapur.fr/>

<https://www.tiregom.fr>

<https://www.kraiburg-relastec.com/>

<https://www.archiexpo.fr>

<https://www.toiturepro.com/>

<https://sol-direct.fr/>

<https://www.rmix.it/>

<https://www.bruitparif.fr>

<https://www.etsy.com/>

<https://www.ecohabitation.com/>

<https://www.archiexpo.fr/> <https://www.apok.be/>

<https://produits.batiactu.com/>

<https://and.dz/site/wpcontent/uploads/PU.pdf>

Rapport Plan directeur d'aménagement et urbanisme (PDAU) Edition finale

<https://fr.weatherspark.com>

fr.climat-data.org