REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master

Filière : Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Gestion des déchets pneumatiques en Algérie

Présenté et soutenu publiquement par :

M[elle]BEN LAZREG FAIZA

M[elle]TAOUCHICHET CHAHINEZ

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
LALAOUI Mohamed	MMA	Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed	**Président**
BOUHADIBA Brahim	Professeur	Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed	**Encadreur**
NADJI Abdelkader	Docteur	Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed	**Examinateur**

Année universitaire : 2023 / 2024

Dédicace

Je dédie ce travail

A

Mon très cher père et ma très chère mère en témoignage de ma reconnaissance envers l'amour inconditionnel et inestimable, le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation ainsi que ma formation.

A

Mes frères et mes chères sœurs pour leur affection, compréhension et patience, et leurs conseils.

A

Mon encadrant Pr. BOUHADIBA BRAHIM.

A

Ma binôme pour son soutien moral, sa patience tout au long de ce mémoire.

A

Toute ma famille, tous mes proches, mes amis, tous ceux ou celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.

A

Tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

BEN LAZREG FAIZA

Dédicace

Avec l'expérience de ma reconnaissances, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soit les termes embrassasses, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

***A** la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse :* mon adorable mère.

***A** L'homme, mon précieux offre de dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père.*

***A** toute ma famille*

***A** ma très chère Grand-mère, et surtout mes tantes Naima, Houaria, et mon oncle Sid Ahmed.*

***A**mon Encadrant Pr. BOUHADIBA Brahim.*

***A** ma binôme FAIZA pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce mémoire.*

***E**t A toutes mes amies.*

***A** tous les gens qui me connaissent et que je connais en particulier.*

***E**t à tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent pas devant les obstacles de la vie.*

TAOUCHICHET CHAHINEZ

Remerciements

D'abord, nous tenons à remercier notre Dieu, notre créateur, pour le courage et la patience qu'il nous a donné pour accomplir ce travail.

Nous tenons tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Pr. BOUHADIBA BRAHIM, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel et pour sa patience, et leur disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail.

Nos remerciements également adressés à nos enseignants de la filière sécurité industrielle et environnement pour la formation que nous avons reçue.

Un grand merci pour nos familles, surtout nos parents qui nous épaules, soutenus et suivis tout au long de ce projet.

Nos derniers remerciements et qui ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

BEN LAZREG FAIZA, TAOUCHICHET CHAHINEZ

Résumé :

Plusieurs facteurs ont participé à la détérioration de l'état de l'environnement en Algérie. Celle ci englobe, essentiellement, la pollution de l'eau, la prolifération des Décharges sauvages et non contrôlées, l'accumulation des déchets toxiques industriels parfois hospitaliers, voire les fortes charges chimiques déversées dans l'atmosphère. Cette situation s'avère inquiétante et traduit un danger réel pour le développement et l'équilibre écologique du pays.

L'augmentation constante des déchets produits par les activités humaines est l'un des enjeux les plus importants auxquels les sociétés sont appelées à faire face. Parmi ces déchets, le caoutchouc présente une partie importante avec des gisements importants tant en volume qu'en poids provenant de différentes origines dont principalement les pneus usagés.

Les pneus usagés sont une catégorie de déchets dont le recyclage et le traitement sont difficiles. Ceci est dû à leur structure complexe, la composition diversifiée de la matière première, et la structure du caoutchouc à partir duquel le pneu a été fabriqué . Ainsi, leur recyclage nécessite une dépense de temps et d'énergie élevée et l'application de procédés technologiques complexes. Par conséquent, de nombreux pays ont choisi initialement la mise en décharge comme option pour gérer ces pneus usagés. Cependant, cette option a été rapidement abandonnée par les pays développés car les pneus occupent un volume énorme dans les décharges d'une part et d'autre part le stockage de longue durée des pneus, sans une gestion appropriée, peut entrainer des risques d'incendie, des nuisibles tels que les moustiques, de pollution environnementale, des risques sanitaires et des maladies.

L'objectif de cette recherche est d'étudier les différentes possibilités de valorisation des déchets pneumatiques afin de préserver l'environnement devant leur agressivité.

Mots clés : Déchet, l'environnement , les décharges , le caoutchouc ,les pneus usagés , le recyclage, une gestion , valorisation .

Abstract :

Severalfactors have contributed to the deterioration of the state of the environment in Algeria. This essentially includes water pollution, the proliferation of illegal and uncontrolled dumps, the accumulation of industrial toxic waste, sometimes hospital waste, and even heavy chemical loads dumped into the atmosphere. This situation is worrying and reflects a real danger for the development and ecological balance of the country.

The constant increase in waste produced by human activitiesis one of the most important challenges that societies are called upon to face. Among this waste, rubber represents a significant part with significant deposits both in volume and in weight coming from different origins, mainly used tires.

Used tires are a category of waste that is difficult to recycle and treat. This is due to their complex structure, the diverse composition of the raw material, and the structure of the rubber from which the tire was made. Thus, their recycling requires a high expenditure of time and energy and the application of complex technological processes. Therefore, many countries initially chose landfilling as an option to manage thesewaste tires. However, this option was quickly abandoned by developed countries because tires occupy an enormous volume in landfills on the one hand and on the other hand long-termstorage of tires, without appropriate management, can lead to risks of fire, pestssuch as mosquitoes, environmental pollution, healthrisks and diseases.

The objective of this researchis to study the different possibilities for recovering tire waste in order to preserve the environment in the face of their aggressiveness.

key words: Waste, environment, landfills, rubber, used tires, recycling, management, recovery.

ملخص :

ساهمت عدة عوامل في تدهور حالة البيئة في الجزائر. ويشمل ذلك بشكل أساسي تلوث المياه، وانتشار مقالب النفايات غير القانونية وغير الخاضعة للرقابة، وتراكم النفايات الصناعية السامة، وأحيانًا نفايات المستشفيات، وحتى أحمال كيميائية ثقيلة يتم إلقاؤها في الغلاف الجوي. وهذا الوضع مقلق ويعكس خطرا حقيقيا على التنمية والتوازن البيئي في البلاد.

تعد الزيادة المستمرة في النفايات الناتجة عن الأنشطة البشرية أحد أهم التحديات التي يتعين على المجتمعات مواجهتها. ومن بين هذه النفايات، يمثل المطاط جزءًا كبيرًا من الرواسب الكبيرة من حيث الحجم والوزن القادمة من مصادر مختلفة، وخاصة الإطارات المستعملة.

الإطارات المستعملة هي فئة من النفايات التي يصعب إعادة تدويرها ومعالجتها. ويرجع ذلك إلى هيكلها المعقد، والتركيب المتنوع للمواد الخام، وهيكل المطاط الذي صنع منه الإطار. وبالتالي، فإن إعادة تدويرها تتطلب إنفاقًا كبيرًا للوقت والطاقة وتطبيق العمليات التكنولوجية المعقدة. ولذلك، اختارت العديد من الدول في البداية دفن النفايات كخيار لإدارة نفايات الإطارات. ومع ذلك، سرعان ما تخلت البلدان المتقدمة عن هذا الخيار لأن الإطارات تشغل حجماً هائلاً في مدافن النفايات من ناحية ومن ناحية أخرى، فإن تخزين الإطارات على المدى الطويل، دون إدارة مناسبة، يمكن أن يؤدي إلى مخاطر نشوب حريق، وآفات مثل البعوض، التلوث البيئي والمخاطر الصحية والأمراض.

الهدف من هذا البحث هو دراسة الإمكانيات المختلفة لاستعادة مخلفات الإطارات من أجل الحفاظ على البيئة في مواجهة عدوانيتها.

الكلماتالمفتاحية: النفايات،البيئة،مدافنالنفايات،المطاط،الإطاراتالمستعملة،إعادةالتدوير،الإدارة،الاسترجاع.

Liste des figures

Figure Ⅰ.1 : production des déchets par grand secteur d'activités industrielles..... 8

Figure Ⅱ.1 : Roue (pneu+ jante)..... 16

Figure Ⅱ.2 : Tore..... 17

Figure Ⅱ.3 : Section de pneu isolé vue de face..... 18

Figure Ⅱ.4 : Coupe transversale d'un pneu Michelin..... 22

Figure Ⅱ.5 : La composition moyenne des pneumatiques pour les automobiles..... 23

Figure Ⅱ.6 : Cycle de vie d'un pneu..... 25

Figure Ⅱ.7 : Estimation des pneus en circulation selon type au 1er semestre 2007..... 27

Figure Ⅱ.8 : Fumée toxique qui se dégage en brulant des pneus..... 29

Figure Ⅲ.1 : Valorisation en poudrette de caoutchouc..... 32

Figure Ⅲ.2 : Schéma d'une filière de valorisation matière..... 34

Figure Ⅲ.3 : Hiérarchie des modes de traitement selon l'impact environnemental..... 34

Figure Ⅲ.4 : Pose des nappes de pneus Projet pilote – Route de Bousmail..... 36

Figure Ⅲ.5 : Stabilité d'un glissement de terrain - Cas de Tizi Ghenif –Wilaya de TiziOuzou 37

Figure Ⅲ.6 : Pneus entiers avec flancs..... 38

Figure Ⅲ.7 : Pneus avec un seul flanc 38

Figure Ⅲ.8 : Pneus sans flanc 38

Figure Ⅲ.9 : Aspect des poudrettes de caoutchouc..... 39

Figure Ⅲ.10 : Le différent diamètre des granulats des pneus usés après broyage..... 40

Figure Ⅲ.11 : différent mode de valorisation de poudrette de caoutchouc..... 41

Figure Ⅲ.12 : Bassin d'infiltration..... 42

Figure Ⅲ.13 : La valorisation de broyats de pneus dans la fonction de drainage..... 43

Figure Ⅲ.14 : Technique de l'asphalt caoutchouté..... 44

Figure Ⅲ.15 : Coupe schématique verticale d'un sol sportif de 3ème génération 45

Liste des tableaux

Tableau Ⅰ.1 : déchets recyclables en Algérie (T/AN)..... 9

Tableau Ⅱ.1 : Composition des pneus tourisme et poids lourd 23

Tableau Ⅱ.2 : Composition des pneumatiques des VL et PL en Europe (% poids)..... 25

Tableau Ⅱ.3 : Quantité de pneus usagés générés par an en Algérie selon le modèle proposé..... 28

SOMMAIRE

Introduction ……..... 1

Chapitre Ⅰ : L'état des déchets en Algérie

1. Définition du déchet……. 3
2. Classification des déchets……..……..... 3
2.1. Les déchets ménagers et assimilés……..... 4
2.2. Les déchets industriels ……..……..... 4
2.3. Déchets d'activités de soins……..... 4
3. Classification Algérienne des déchets……..... 5
3.1. Déchets ménagers et assimilés……..... 5
3.2. Déchets inertes……..... 5
3.3. Déchets spéciaux……..... 5
4. Origine de la production de déchets…….. 5
5. Déchet de caoutchouc……..... 6
6. Déchets solides industriels…….. 7
7. Valorisations des déchets……... 9
8. La gestion des déchets en Algérie …… 10
8.1. Acteurs de la gestion des services des déchets……..... 11
8.2. Objectifs à respecter pour une bonne gestion des déchets .....……..... 13
9. Les modes de collecte, d'élimination et de traitement des déchets en Algérie…….. 13

Chapitre Ⅱ : Généralités sur les pneus

1. L'identité et les caractéristiques distinctives du pneu……..... 16
1.1 Désignation et orthographe d'usage……..... 16
1.2. Origine……..... 16
1.3. Propriétés et utilité……..... 16
1.4. Forme géométrique……..... 17
1.5. Anatomie……..... 17
2. Définition du pneu……..... 18
3. Les pneumatiques usagés ……..... 19
4. Principaux composants d'un pneu……..... 21

5. Composition chimique d'un pneu…….. 22
6. Cycle de vie et déchets liés aux pneus…….. 25
7. Situation des pneumatiques en Algérie ……. 26
8. Impact environnemental des déchets pneumatiques……..... 28

Chapitre Ⅲ: La gestion des pneumatiques usagés en Algérie

1. Valorisation du pneumatique usagé……..... 31
1.1. Valorisation Énergétique……..... 31
1.2. Valorisation matière ……..... 32
1.3. Valorisation originale des pneus usagés……..... 33
2. Les voies de recyclage et de valorisation des pneus usagés……... 34
3. Valorisation et réalisations en Algérie par la technique pneu sol……..... 35
4. La poudrette de caoutchouc……... 38
4.1. Les caractéristiques des granulats de caoutchouc ……..... 39
4.2. Transformation de la poudrette de caoutchouc……..... 40
5. Valorisation de poudrette de caoutchouc ……. 41
5.1. Les aires de jeux ……..... 42
5.2. Bassins d'infiltration……..... 42
5.3. Bétons……. 42
5.4. Drainage……..... 43
5.5. Gazon synthétique ……..... 45
5.6. Autres domaines d'application……..... 46
5.7. L'intérêt de poudrette de caoutchouc ……..... 46
Conclusion…….. 48
Référence 49

Introduction :

La problématique des déchets pneumatiques représente un défi environnemental d'ampleur mondiale, et l'Algérie n'échappe pas à cette réalité. En raison de la croissance de l'industrie automobile et de l'évolution économique rapide du pays, la quantité de déchets pneumatiques produits a considérablement augmenté ces dernières décennies. Toutefois, la gestion adéquate de ces déchets demeure complexe, en raison de divers obstacles tels que le manque d'infrastructures appropriées, l'inefficacité des réglementations en vigueur et le niveau de sensibilisation du public.

Cette étude vise à explorer en profondeur le panorama actuel de la gestion des déchets pneumatiques en Algérie. En examinant les pratiques existantes, les politiques gouvernementales, ainsi que les défis rencontrés et les opportunités émergentes, notre objectif est de fournir une analyse approfondie de la situation actuelle. De surcroît, ce mémoire se penchera sur l'évaluation des meilleures pratiques internationales en matière de gestion des déchets pneumatiques, en identifiant les stratégies et les approches susceptibles d'être adaptées au contexte algérien.

L'importance de cette étude réside dans sa capacité à éclairer les décideurs politiques, les entreprises et la société civile sur les actions nécessaires pour améliorer la gestion des déchets pneumatiques en Algérie. En proposant des recommandations étayées par des données probantes, nous aspirons à contribuer à l'élaboration de politiques plus efficaces, de programmes de sensibilisation ciblés et de partenariats stratégiques visant à réduire l'impact environnemental des déchets pneumatiques.

Chapitre I

L'état des déchets en Algérie

1. Définitions du déchet :

La notion de déchets peut être définie de différentes manières, selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine du déchet. Parmi les nombreuses définitions existantes, nous pouvons mentionner :

1) **Selon PNUD 2009** (Programme des Nations Unies pour le Développement)

« Le déchet est considéré comme tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destin à l'abandon » .

2) **Définition juridique**

Selon la loi **N° 01-19** du 12décembre 2001 parue dans le journal officiel Algérien No 77, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets : « un déchet est tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer ».

3) **Définition économique**

Un déchet est l'ensemble des biens, matériaux et éléments qui ne possèdent –dans les conditions de lieu et de temps de leurs production- ni valeur marchande, ni état suffisant pour une valorisation éventuelle, compte tenu, soit des connaissances technologiques, soit des données économiques su moment.[1]

2. Classification des déchets :

La classification des déchets est définie dans une « nomenclature » désignée qui fait l'objet d'un décret portant spécifiquement sur la classification des déchets.

Composé d'une séquence de 6 chiffres, ce système de classification permet d'identifier tout type de déchet.

La classification des déchets dépend de leur origine et de leur nature, les divisant en deux catégories principales.

A/ En fonction de leur source :

Les déchets peuvent être classés en deux types :

Les déchets ménagers et les déchets industriels, qui peuvent en outre être classés comme ordinaires ou dangereux.

B/En fonction de leur nature :

- Dangereux

- Toxique

- Ultimes

- Inerte…

2.1. Les déchets ménagers et assimilés :

(Également appelé D.M.A)

Proviennent de sources diverses : ménages, commerçants, artisans, commerces et industries. Il est important de noter que ce type de déchet ne possède aucune qualité particulière ou dangereuse. Voici quelques exemples de déchets ménagers et assimilés :

Ordures, l'éventail des déchets nettoyés comprend les déchets encombrants, les déchets non dangereux issus des industries commerciales et artisanales, les ordures des rues et des escaliers, les déchets verts et les boues de décantation et de station d'épuration.

2.2.Les déchets industriels :

Issus de l'industrie, de l'artisanat et des transports, regroupent les déchets industriels banals, les déchets industriels dangereux, les déchets de chantier, les déchets agroalimentaires et les déchets d'activités de santé.

2.3.Déchets d'activités de soins :

Les résidus provenant des opérations de diagnostic, de surveillance et de soins préventifs, curatifs ou palliatifs dans les secteurs médicaux humains et vétérinaires sont désignés comme les déchets d'activités de soins. Ils peuvent être subdivisés en cinq catégories.

3. Classification Algérienne des déchets

La loi 01-19 du 12 décembre 2001 distingue 3 classes de déchets.

3.1. Déchets ménagers et assimilés

Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.

3.2.Déchets inertes

Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou a l'environnement.

3.3.Déchets spéciaux

Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. [2]

4. Origine de la production de déchets :

La génération de déchets est inévitable pour les raisons suivantes :

Chimiques :

Tout résidu résultant du processus d'analyse, de la réaction, de la transformation ou de l'utilisation de substances ou de produits chimiques dans des établissements de recherche et d'apprentissage, d'enseignement et de formation, des activités de soins humains ou animaux.

Technologiques :

Les déchets dits techniques sont le résultat des opérations des usines et des laboratoires. Certains sont solides : gants, déchets de démantèlement… D'autres sont liquides, comme les

eaux usées épurées. Même si les activités concernées sont bien inférieures à celles des déchets de procédés, les quantités de déchets techniques peuvent être relativement importantes et le fait d'utiliser des matières radioactives conduit évidemment à recourir à des méthodes spécifiques et adaptées.

Biologiques :

Il s'agit de résidus d'origine végétale ou animale qui peuvent être dégradés par les micro-organismes pour lesquels ils représentent une source de nourriture.

Économiques :

Tous les déchets qui ne sont pas des déchets ménagers.

Ecologiques :

Les activités de dépollution (eau, air) génèrent inévitablement d'autres déchets qui nécessitent une gestion spécialisée.

Accidentelles :

Les défaillances inévitables des systèmes de production et de consommation créent également des déchets.

- **Constitution chimique du déchet :**

La composition chimique des déchets ressemble beaucoup à celle des produits dont ils sont issus. Cependant, ce qui distingue les déchets, ce sont leurs caractéristiques uniques. Certains déchets sont produits involontairement, entraînant la création de sous-produits dont la composition est inconnue. De plus, les déchets peuvent se retrouver dans des environnements où ils n'étaient pas destinés à l'origine. Cela peut conduire à la formation de nouveaux produits grâce au mélange aléatoire de déchets. [3]

5. Déchet de caoutchouc :

Il existe deux grandes familles de caoutchouc :

- le caoutchouc naturel issu des plantations d'hévéas (caoutchouc : l'arbre qui produit le latex),

- Caoutchouc synthétique fabriqué à partir de dérivés du pétrole.

Le caoutchouc est utilisé dans de nombreux domaines : Automobile/Transport

(Pneus, systèmes de freinage, airbags, joints…), équipements industriels, bâtiment et travaux publics (BTP), médicaux, colles et adhésifs….

Les déchets de caoutchouc proviennent de quatre sources :

- Déchets industriels de caoutchouc (8%),
- Déchets générés lors des processus de fabrication des pneus et chambres à air (3,5%),
- pneus usagés (86,6%),
- Déchets recyclés (poudre, copeaux) (2%).
- Les pneus usagés représentent donc la plus grande part des déchets de caoutchouc (plus de 85 %). [4]

6. Déchets solides industriels :

L'Algérie a connu un développement industriel spectaculaire et accéléré depuis l'indépendance, résultat d'une politique adoptée par l'État dont l'objectif fondamental était de sortir le pays de la crise postcoloniale, mais qui ne prenait pas vraiment en compte les règles et réglementations environnementales.

Par l'implantation d'unités industrielles polluantes et leur forte concentration au sein du tissu urbain, notamment dans les bandes côtières ainsi que dans les grandes villes de l'intérieur des terres, ces installations n'ont cessé depuis de provoquer pollution et dégradation. Les villes continuent de rejeter des substances toxiques et de générer de grandes quantités de déchets dans la nature sans aucune gestion stricte.

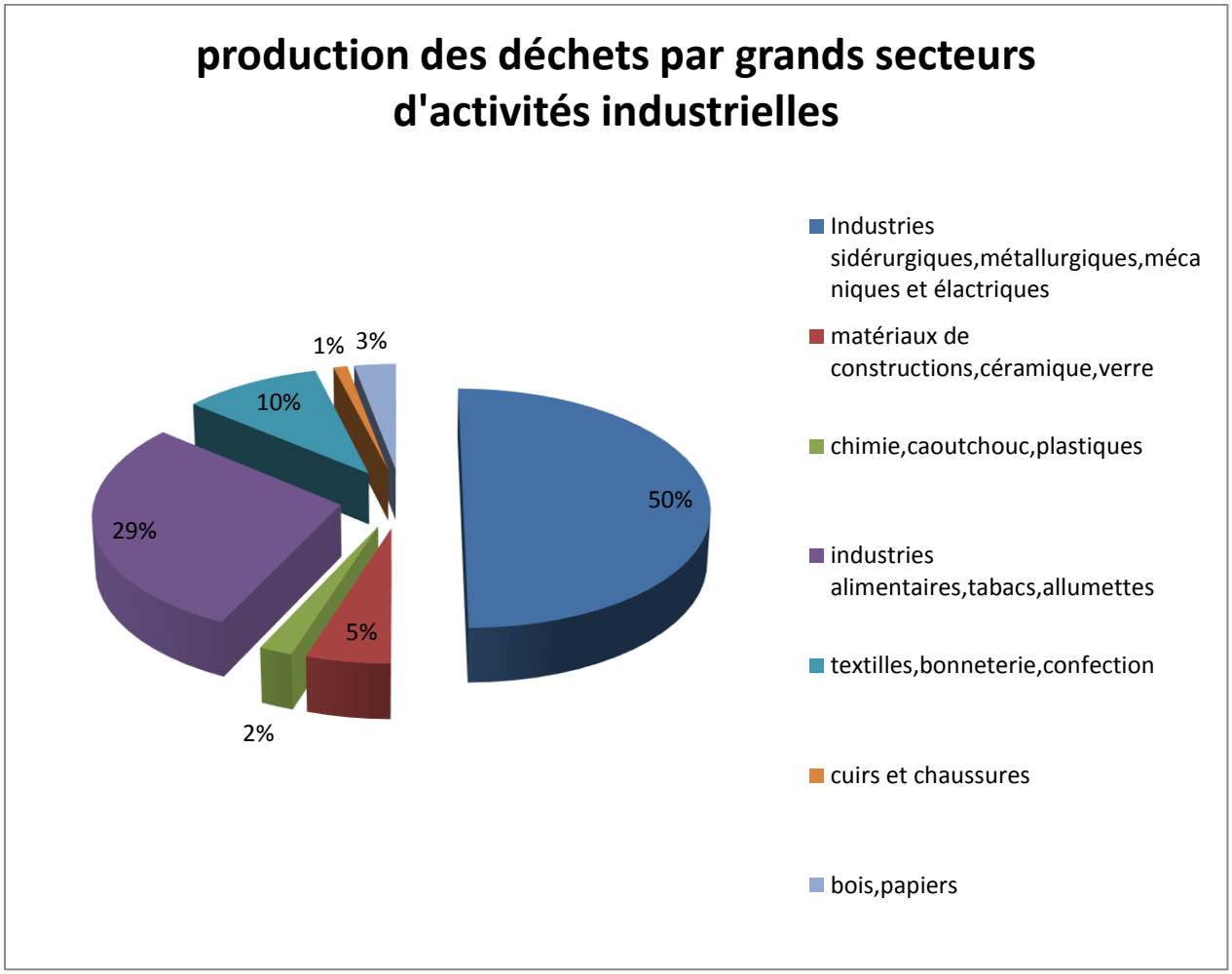


Figure I.1 : Production des déchets par grand secteur d'activités industrielles.

Il n'y a pas grand-chose d'idéal dans la gestion des déchets solides industriels dans notre pays, car ils sont souvent stockés dans des usines et expédiés vers des décharges publiques réglementées avec les ordures ménagères. Cependant, de nombreuses décharges illégales sont situées à proximité des habitats et des forêts. Les rivières constituent une source permanente de pollution environnementale.

Le recyclage des déchets industriels est réalisé de manière partielle et manuelle impliquant certains matériaux tels que : le verre, le carton, les plastiques et les métaux - voir Tableau 1. Dans le cas d'Alger, 120 000 tonnes des 300 000 tonnes de déchets industriels générés sont recyclées et le reste (180 000 tonnes) est évacué vers des décharges publiques.

La quantité de déchets industriels recyclés à Guelma chaque année est estimée à environ 40 000 tonnes (cette quantité inclut également les déchets de la région voisine de Guelma). [5]

Tableau Ⅰ.1 : déchets recyclables en Algérie (T/AN).

Déchets recyclables	Quantité (t/an)
Métaux	100000
Papier	385000
Verre	50000
Plastiques	130000

7. Valorisations des déchets :

La valorisation de la matière issue du déchet regroupe les procédés suivants :

Le recyclage : réintroduction d'un déchet dans un cycle de production en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge.

Le Réemploi : nouvel emploi du déchet pour un usage analogue à celui de sa première utilisation.

La régénération : procédé physique ou chimique qui redonne au déchet les caractéristiques permettant de l'utiliser en remplacement d'une manière première vierge.

La réutilisation : utilisation du déchet pour un dosage différent de son premier emploi, ou introduction de ce matériau dans un autre cycle de production que celui dont il est issu.

Valorisation énergétique : Elle consiste à récupérer l'énergie du déchet en l'incinérant. L'incinération c'est la réalisation d'une combustion complète du déchet dans un four, adapté aux caractéristiques de ces déchets, à une température de 700 à 900 C°

Le stockage : Si le déchet ne peut être valorisé, il est alors stocké dans des centres adaptés en fonction de leurs natures (dangerosité) : les centres de stockage des déchets ultimes (CSDU), anciennement centre d'enlisement technique (CET). [4]

8. La gestion des déchets en Algérie :

Avec l'émergence de nouvelles habitudes de consommation, toutes les villes d'Algérie doivent faire face à une augmentation soudaine de la production de déchets.

La situation environnementale de l'Algérie dans les années 1990 était caractérisée par les éléments suivants : des problèmes de santé publique ; des décharges saturées et une augmentation de la proportion de déchets générés par habitant. Ce constat a incité le gouvernement, dès 2001, à réfléchir sérieusement aux questions de gestion des déchets par des mesures réglementaires et fiscales.

La gestion directe domine, tandis que la mise en décharge technique des déchets est l'option privilégiée par les autorités. La participation du secteur privé reste timide et ne semble pas s'améliorer.

L'État reste le principal financier des grandes infrastructures, à travers différents financements (construction de CET, achat de matériel de collecte et de pré-collecte, etc.). Les autorités locales, notamment les communes, restent les principaux acteurs responsables de la collecte des déchets en Algérie.

L'Algérie s'était fixé des objectifs en 2020 en matière d'aménagement du territoire, qui intègrent la notion de développement durable. Cette nouvelle vision s'appuie sur la croissance économique, l'équité sociale et la protection de l'environnement. Son objectif est d'améliorer la qualité de vie et le bien-être des personnes dans une logique de gestion durable des déchets. Les objectifs nationaux de l'Algérie sont de réduire la production de déchets et d'atténuer l'impact environnemental de l'élimination des déchets.

Dans ce contexte, l'Algérie a formulé en 2002 le Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD).Cela présente la vision de l'Algérie pour l'avenir, avec un engagement à investir dans un développement écologiquement durable.

Deux plans d'action ont été mis en œuvre : Le Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Domestiques (PROGDEM), établi en 2001 par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, se concentre sur une nouvelle stratégie. Les principales actions sur lesquelles se concentre le PROGDEM sont les suivantes :

- Développement et mise en œuvre de plans de gestion des déchets municipaux Développement de sites d'enfouissement contrôlés.
- Promotion des activités de recyclage et de valorisation des déchets.
- Introduire de nouvelles formes de gestion.
- Ajuster progressivement la taxe de collecte des déchets ménagers et augmenter son taux de recyclage.
- Sensibilisation, formation et éducation.

Le deuxième plan est le « Plan National Spécial de Gestion des Déchets » PNAGDES établi par la loi n°01/19 du 12 décembre 2001, qui traite de la gestion, du contrôle et de l'élimination des déchets.

- **Contexte juridique :**

En mai 1998, l'Algérie a exprimé des réserves sur la Convention de Bâle, qui vise à réduire le volume des déchets dangereux et à contrôler leurs mouvements transfrontaliers. Le 29 avril 1998, l'Algérie a signé le Protocole de Kyoto, l'a ratifié le 21 mai 2002, l'a ratifié le 28 avril 2004 et est entré en vigueur le 16 février 2005. Promulgué le 21 décembre 2001 portant gestion, contrôle et élimination.

Avant l'adoption de cette loi, le seul document existant était le décret n° 84-378 du 15 décembre 1984, lequel établissait les normes régissant le nettoyage, la collecte et le traitement des déchets solides urbains. La loi-cadre de 2001 a apporté une clarification significative en définissant tous les types de déchets et en attribuant à la commune la responsabilité de fournir le service public d'enlèvement et d'élimination des déchets. En outre, cette loi a introduit des principes clés, notamment la prévention, la réduction à la source, le tri sélectif, la valorisation, ainsi que des initiatives visant à informer et sensibiliser le public sur la gestion des déchets.

8.1.Acteurs de la gestion des services des déchets :

Les acteurs impliqués dans la gestion des services de gestion des déchets sont divers et sont répartis à différents niveaux administratifs.

A/Secteur public :

1) Au niveau national :

Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) joue un rôle central dans l'élaboration de la politique environnementale depuis sa création à la fin des années 1980. L'Agence Nationale des Déchets (AND), établie par le décret exécutif n° 02-175 du 20 mai 2002 et relevant du MATE, offre un soutien essentiel aux collectivités locales pour la mise en œuvre de cette politique.

L'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD), créé le 3 avril 2002, ainsi que le Conservatoire National des Formations à l'Environnement (CNFE), érigé en établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) en août 2002, complètent ce dispositif en assurant la formation des acteurs et l'éducation du grand public sur les enjeux environnementaux.

2) Au niveau régional :

La gestion des déchets relève des Inspections Régionales de l'Environnement et des Directions de l'Environnement des Wilayas.

3) Au niveau local :

Il englobe principalement les communes et les groupements de communes ou l'intercommunalité, qui sont responsables de la gestion de l'ensemble des déchets produits sur leur territoire, conformément à la réglementation en vigueur.

B/ Secteur privé :

La collecte des déchets est principalement réalisée à travers des concessions, ce qui permet à des entreprises privées formelles de prendre en charge ce service. La loi de 2001 a ouvert la voie à l'investissement privé et à la concession dans le domaine de la gestion des déchets urbains en Algérie.

C/Secteur informel :

Joue un rôle significatif dans la collecte des déchets en Algérie. Cette activité économique importante permet de valoriser un grand nombre de déchets, de réduire les coûts de transport et de collecte pour les collectivités, de générer des revenus pour de nombreuses personnes, d'augmenter la capacité des décharges et de fournir de la matière première à certaines entreprises.

8.2.Objectifs à respecter pour une bonne gestion des déchets :

- Prévenir ou réduire la génération et les dangers des déchets.
- Organiser le transport des déchets.
- Valoriser les déchets par la réutilisation, le recyclage ou toute action visant à obtenir des matériaux ou de l'énergie réutilisables.
- Informer le public des effets pour l'environnement et la santé publique.
- Limiter le stockage final aux déchets résiduels uniquement. [6]

9. Les modes de collecte, d'élimination et de traitement des déchets en Algérie :

1) La pré-collecte : est réalisée de différentes manières en fonction du type d'habitation et de l'accessibilité des équipements. Elle peut se faire à travers l'utilisation de caissons métalliques, de poubelles individuelles, de sacs en plastique perdus ou de bacs roulants adaptés à la collecte par camion à benne tasseuse.

2) collecte :

Quant aux méthodes d'enlèvement des déchets, deux principales sont en vigueur en Algérie : le porte-à-porte, où le service de collecte assure un ramassage régulier des déchets ménagers et l'apport volontaire, où les générateurs de déchets les transportent eux-mêmes vers des points de regroupement pour qu'ils soient ensuite pris en charge par les services compétents pour leur élimination ou leur traitement. Ce mode d'apport est très adapté à l'opération de tri sélectif (MATE, 2003).

Élimination des déchets :

Les décharges sauvages restent le mode de gestion des déchets le plus répandu en Algérie, avec un taux d'utilisation atteignant 87 %. Malgré l'existence de politiques environnementales et de réglementations relatives à l'élimination des déchets, leur nombre continue d'augmenter. Selon une enquête menée par les services du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), plus de 3 130 décharges sauvages ont été répertoriées dans les 58 wilayas, couvrant une superficie totale d'environ 4 552.5 hectares.

Dans le cadre du Programme de Gestion des Déchets Ménagers (PROGDEM), lancé entre 2001 et 2005, 65 Centres d'Enfouissement Technique (CET) ont été enregistrés, parmi

lesquels 16 ont été achevés, 28 sont en cours de réalisation et 21 sont encore en phase d'études. Cependant, malgré ces efforts, le compostage ne représente qu'une infime partie de la gestion des déchets en Algérie, ne comptant que pour 1 % de l'ensemble des déchets produits. Des expériences en la matière ont été menées dans certaines wilayas comme Blida, Alger, Tlemcen et Tizi-Ouzou. Le coût de traitement des déchets est estimé à 2 700 DA par tonne, tandis que celui du compost produit s'élève à 5 400 DA par tonne.

En Algérie, l'incinération n'est pratiquée que pour les déchets hospitaliers, principalement au sein des établissements de santé. En ce qui concerne la valorisation et le recyclage, les services du MATE estiment que le pays a la capacité de récupérer environ 760 000 tonnes de déchets par an, représentant une valeur de 3.5 milliards de DA. Le papier joue un rôle prépondérant dans cette possibilité de récupération et de recyclage, avec une quantité annuelle estimée à 385 000 tonnes. [6]

Chapitre Ⅱ

Généralités sur les pneus

1. L'identité et les caractéristiques distinctives du pneu :

1.1.Désignation et orthographe d'usage :

Pneu (apocope de la pneumatique).

1.2.Origine : Le terme dérive du grec pneuma, qui signifie le souffle.

1.3.Propriétés et utilité : Partie gonflable d'une roue de véhicule constituée d'une enveloppe en caoutchouc à la fois déformable, élastique et résistante. Il peut être fixé sur une jante, la partie métallique de la roue fixée au moyeu.



Figure Ⅱ.1 : Roue (pneu+ jante).

Un tel composant mesuré et équilibré répond aux objectifs suivants :

• Réduire l'impact sur les véhicules généralement causé par les irrégularités de la route.

• Assurer à terme une parfaite adhérence du véhicule, ce qui se traduit par une bonne tenue de route.

• Facilite la circulation du véhicule sans glisser ni glisser sur la route.

1.4. Forme géométrique :

Le pneu a une forme d'un tore creux (sa partie circulaire inférieure présente une encoche rectangulaire). Un tour creux est aussi une entité géométrique qui agit comme un cylindre courbé qui se referme sur lui-même.

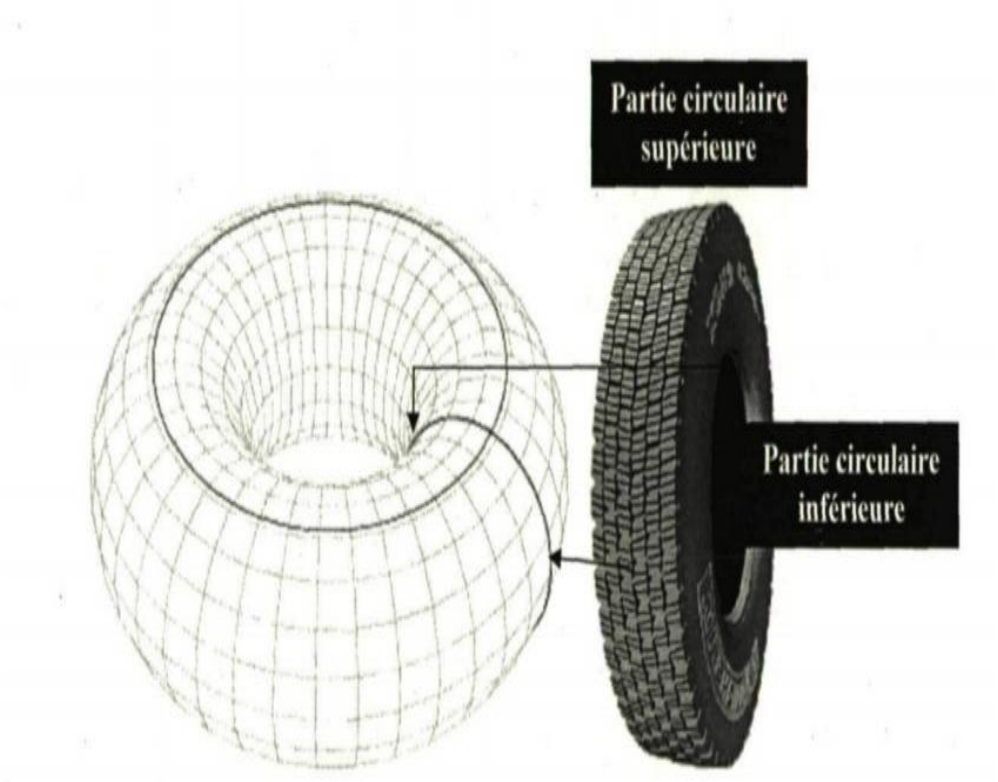


Figure Ⅱ.2 : Tore.

1.5. Anatomie :

Les pneus classiques se composent de trois parties principales :

La partie sommet, la partie en contact permanent avec la route (sur un véhicule en mouvement ou en stationnement), la partie du flanc qui forme les deux côtés latéraux et la partie inférieure ou bourrelet qui est fixée à la jante. [7]

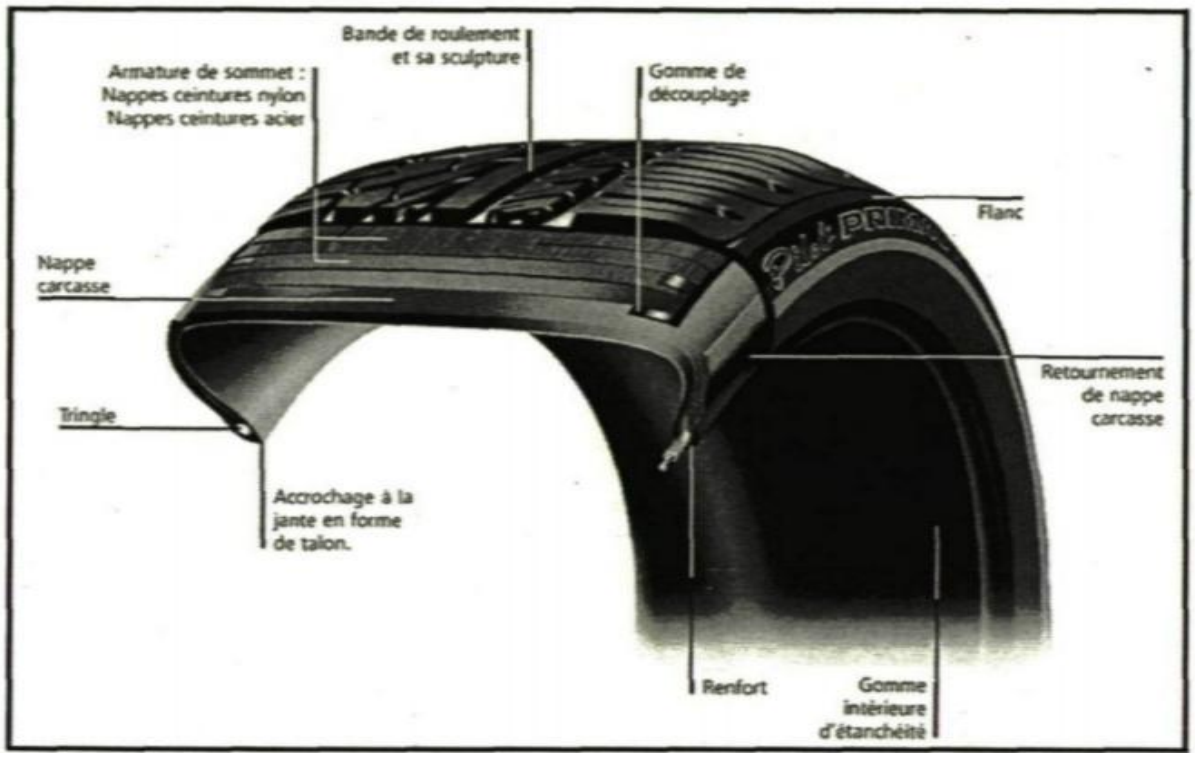


Figure Ⅱ.3 : Section de pneu isolé vue de face.

2. Définition du pneu :

Mieux comprendre la façon dont les pneus sont fabriqués permet de mieux analyser les produits qui peuvent être retirés des pneus après recyclage. Les enveloppes de pneus peuvent être divisées en quatre parties principales :

A)- La carcasse : Il forme le squelette du pneumatique, constitué de multiples couches de câbles de différents types (nylon, fil d'acier, rayonne, polyester, aramide, etc.).

b)- le talon : C'est l'élément rigide reliant la jante au pneu. Il est fabriqué à partir d'un poteau en câble d'acier à haute adhérence.

c)- la bande de roulement : Il est constitué d'un mélange de caoutchouc et doit résister aux chocs, aux coupures, à la surchauffe, à l'abrasion, etc.

d)- Le flanc : Il est composé de différents types de caoutchouc ; son rôle est couplé : dans sa partie supérieure il doit protéger la carcasse de la surchauffe et de l'usure, et dans sa partie inférieure (plusépaisse) il doit protéger la carcasse du contact avec le bord de la jante. [8]

3. Les pneumatiques usagés :

Les pneus sont notamment constitués de caoutchouc, mais contiennent aussi de l'acier (16 à 27 % en masse selon le type de véhicule). Tous les pneus usagés (PU) pour véhicules comprennent les pneus usagés réutilisables (PUR) et les pneus usagés non réutilisables (PUNR).

Ce sont des déchets industriels non dangereux qui doivent être éliminés. Le stockage aérien non contrôlé des pneus peut provoquer une nuisance (esthétique, ou être associé à la croissance de larves, de moustiques, de rongeurs, etc.) et poser un risque potentiel d'incendie, entraînant une contamination et des problèmes de sécurité.

Dans le cadre du procédé d'élimination du PU, la première étape consiste à séparer le PUR du PUNR. Les critères techniques de classement entre PURet PUNR portent sur la profondeur de la sculpture et l'intégrité de l'enveloppe.

Il existe différentes formes de valorisation des PUNR, ou Pneus Non Réutilisables Usagés : pneus coupés, pneus broyés, granulats et poudrettes.

Les pneus coupés font référence à des morceaux de plus de 300 mm.

Les pneus déchiquetés sont des morceaux irréguliers allant de 50 à 300 mm.

Les granulats sont des pneumatiques qui ont été traités mécaniquement, cryogéniquement ou thermiquement pour les réduire à une granulométrie comprise entre 1 et 10 mm.

Les poudrettes : sont des particules d'une taille inférieure à 1 mm, obtenues par des méthodes de réduction mécanique, cryogénique ou thermique.

Lorsqu'il s'agit de pneus de véhicules usagés (PU), ils peuvent être classés soit en pneus usagés réutilisables (PUR), soit en pneus usagés non réutilisables (PUNR). Les PUR conviennent au rechapage ou au marché des pneus d'occasion, tandis que les PUNR doivent être éliminés. Il est important de noter que les pneus PUNR sont considérés comme des déchets non dangereux. Un pneu est considéré comme non réutilisable lorsqu'il ne peut plus remplir sa fonction initiale d'assurer une mobilité sûre. [9]

Lorsqu'un pneumatique atteint la fin de sa durée de vie, il est nécessaire de le qualifier de "usagé", selon les dispositions du code de la sécurité routière, dès lors qu'il cesse de remplir

sa fonction d'origine. Ces pneus en fin de vie sont récupérés lors du remplacement par des pneus neufs ou lors du démontage des véhicules retirés définitivement de la circulation.

Les professionnels spécialisés dans le domaine distinguent deux catégories de pneus usagés : les pneus usagés non réutilisables (PUNR), également connus sous le nom de pneus hors d'usage. Ces pneus sont endommagés ou présentent des défauts de fabrication, ce qui les rend impropres au rechapage ou à la vente comme pneus d'occasion. Ils peuvent être destinés à l'une des trois options suivantes sans restriction :

1. Le recyclage en produits finis caoutchoutés (tapis de dynamitage, d'étable, asphalte caoutchouté, etc.).

2. Le recyclage en sous-produits (noir de carbone, huiles, etc.)

3. La Valorisation énergétique : Certains pneus usagés sont utilisés comme combustible dans des installations de valorisation énergétique, où leur pouvoir calorifique est exploité pour produire de l'énergie thermique ou électrique.

Les pneus usagés réutilisables (PUR), également connus sous le nom de pneus usés, offrent la possibilité d'avoir une seconde vie. Ils sont souvent réintroduits sur le marché de l'occasion ou dirigés vers des processus de rechapage. Deux catégories sont identifiables :

1. PUR (1) : Il s'agit de pneus dont la bande de roulement présente une usure légère ou modérée, loin de la limite légale. Ces pneus sont généralement encore adaptés à une utilisation, et ils sont disponibles sur le marché de l'occasion à un prix relativement plus bas que les pneus neufs.

2. PUR (2) : Ces pneus ont une bande de roulement très usée, approchant ou atteignant la limite de tolérance légale. Pour pouvoir être réutilisés, ces pneus nécessitent un processus de rechapage complet.

Le rechapage est un processus industriel qui consiste à appliquer une nouvelle bande de roulement sur un pneumatique usagé, tant que sa structure de base est restée intacte. Cette nouvelle bande de roulement doit offrir des performances comparables à celles d'un pneu neuf, assurant une adhérence optimale sur tous les types de routes, par tous les temps, et dans différentes conditions d'utilisation. En d'autres termes, le pneumatique rechapé doit répondre aux mêmes normes de sécurité et de performance que les pneus neufs, garantissant ainsi une utilisation fiable et sécuritaire du véhicule. [7]

4. Principaux composants d'un pneu :

Si l'on coupe transversalement un pneu radial, la complexité du nombre de ses composants devient très apparente et on peut alors différencier

1_ Une feuille d'un caoutchouc synthétique : Feuille de caoutchouc synthétique, la chambre à air interne : Une feuille fabriquée à partir de caoutchouc synthétique est utilisée à l'intérieur du pneu pour former la chambre à air. Cette feuille est hautement étanche à l'air, garantissant une pression constante et un bon maintien de l'air à l'intérieur du pneu.

2_ la nappe carcasse : Cette carcasse est constituée de fins câbles en fibres textiles disposés en boucles droites et liés au caoutchouc. Ces câbles sont des éléments clés de la structure du pneu, lui permettant de résister à la pression. Il y a environ 1 400 câbles en acier dans une nappe de pneu de voiture, chacun pouvant résister à une force de 15 kgf.

3_ Un bourrage zone basse : Sa fonction est de transmettre le couple moteur et le couple freinage de la jante à la zone de contact avec le sol.

4_ les tringles : Utilisée pour fixer le pneu à la jante. Ils peuvent supporter jusqu'à 1800kg de poids sans risque de se casser.

5_ Les flancs : fabriqués en gomme souple, ont pour rôle de protéger le pneu des chocs susceptibles de endommager la carcasse, tels que les chocs contre les trottoirs. De plus, une gomme plus dure est utilisée pour assurer une liaison efficace entre le pneu et la jante.

6_ Les nappes sommets : Equipée de câbles en acier très fins mais très résistants qui sont croisés en biais et collés les uns sur les autres. Leurs lignes croisent celles de la carcasse pour former un triangle indéformable. Cette disposition est appelée triangulation et assure la rigidité au sommet.

Ces couches entourent tout le dessus du pneumatique et ont un rôle très complexe :

Ils doivent être suffisamment rigides dans le sens circonférentiel du pneumatique pour ne pas s'étirer sous l'action centrifuge, permettant un parfait contrôle du diamètre du pneumatique quelles que soient les conditions d'utilisation.

Ils doivent également être rigides latéralement pour résister aux forces de dérive. Mais ils doivent aussi être flexibles verticalement pour « surmonter les obstacles ». Pour obtenir ces

couches, vous devez lier l’acier au caoutchouc. La liaison parfaite entre ces différents matériaux est difficile à réaliser, mais cruciale.

7_ la bande de roulement : placée au-dessus de la couche supérieure. Cette partie du pneu recevra la sculpture et entrera en contact avec la route. Dans la zone de contact avec le sol, la bande de roulement doit pouvoir résister à des forces très élevées. Le mélange qui le compose doit pouvoir adhérer sur tous types de revêtements de sol, être résistant à l'usure et doit chauffer lentement.

8_ Il ne reste ensuite plus qu'à réaliser la sculpture et à vulcaniser l'ensemble pour que l'ensemble s'assemble parfaitement. [9]

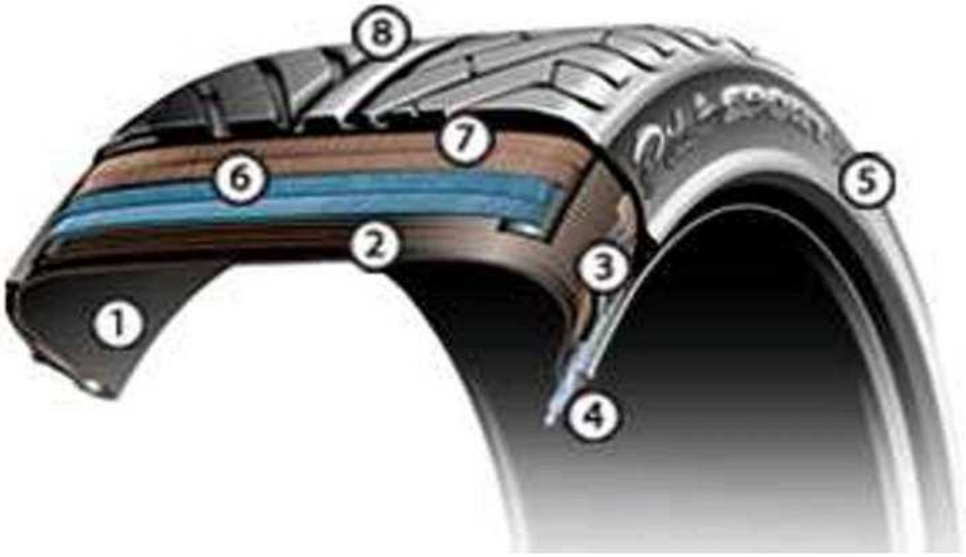


Figure Ⅱ.4 : Coupe transversale d’un pneu Michelin.

5. Composition chimique d'un pneu :

Il s'agit d'un mélange composé de caoutchouc naturel ou synthétique, dont les proportions varient en fonction du type de pneu, ainsi que d'un assortiment de matières auxiliaires.

Tableau Ⅱ.1 : Composition des pneus tourisme et poids lourd

Matériaux	Pneus tourisme (%)	Poids lourds (%)
Caoutchouc / élastomère	48	43
Noir de carbone et silice	21.5	21
Métaux	16.5	27
Textiles	5.5	_
Oxyde de zinc	1	2
Soufre	1	1
Autre produit chimique	7.5	6

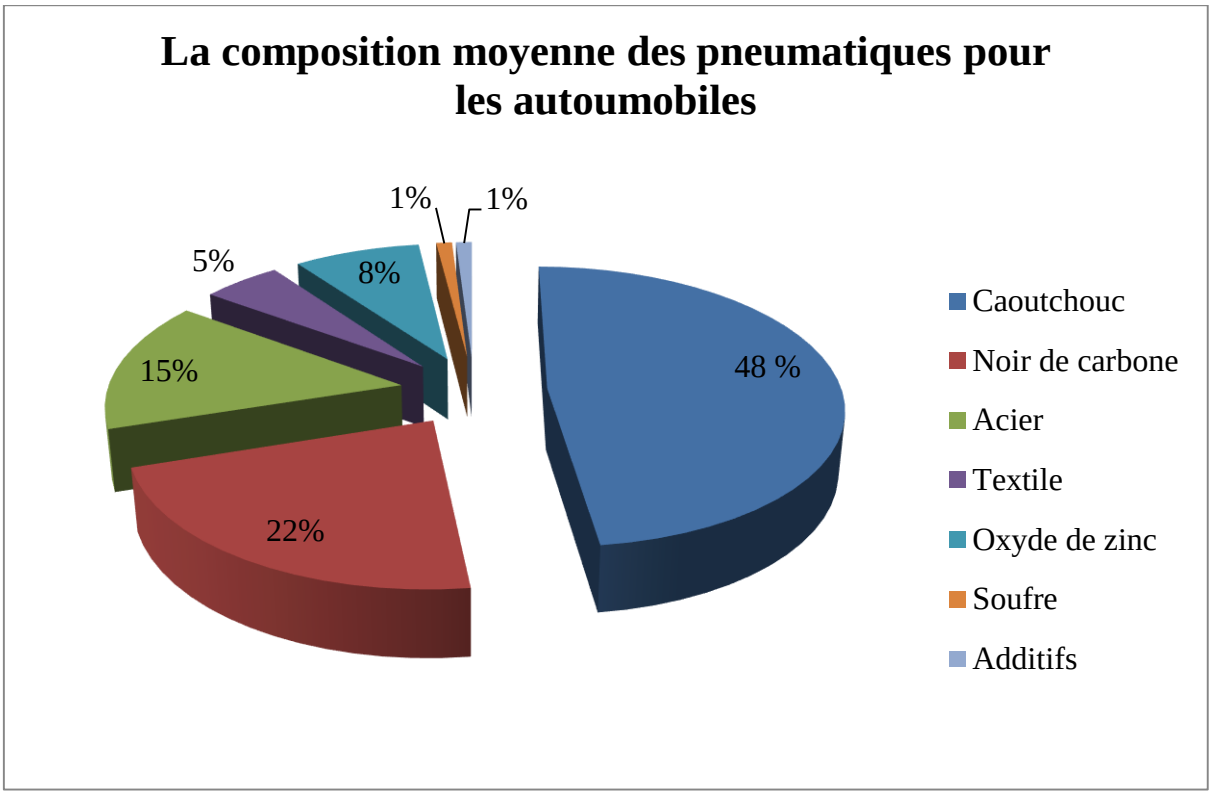


Figure Ⅱ.5 : La composition moyenne des pneumatiques pour les automobiles

Le pneumatique, fruit de plus d'un siècle de développements continus, demeure un produit complexe dont l'évolution se poursuit aujourd'hui. Au fil des années, les avancées en chimie ont stimulé le progrès des pneus, les obligeant à répondre à diverses exigences fonctionnelles telles que la durabilité, la sécurité, la résistance à l'abrasion et la faible résistance au

roulement. Ainsi, le pneu, à l'origine fabriqué à partir de caoutchouc naturel, a évolué vers une composition complexe intégrant plus de 200 matières premières différentes, chacune conférant des propriétés spécifiques au produit final.

Parmi les composants des mélanges de gommes utilisés dans la fabrication des pneumatiques, on distingue :

les élastomères, qui combinent du caoutchouc naturel, extrait de l'écorce de l'Hévéa, dans le but de réduire l'échauffement interne tout en préservant une résistance mécanique significative, et du caoutchouc synthétique, fabriqué à partir d'hydrocarbures, offrant des caractéristiques spécifiques telles que la longévité et la résistance au roulement.

Les charges renforçâtes, principalement composées de noir de carbone, sont des matières organiques issues de la combustion ou de la décomposition thermique partielle de gaz naturel ou d'hydrocarbures. Elles confèrent au pneu sa couleur distinctive tout en améliorant sa résistance à l'usure.

Les plastifiants, généralement sous forme de résines ou d'huiles, sont également utilisés dans les mélanges pour améliorer la flexibilité et la manipulation des matériaux.

Enfin, le soufre agit en tant qu'agent de vulcanisation, permettant de transformer le caoutchouc d'un état plastique à un état élastique, renforçant ainsi les propriétés mécaniques du pneu.

En complément des mélanges de gommes, on observe l'utilisation de renforts métalliques, introduits par Michelin en 1934 pour les véhicules (PL), où l'acier contribue à accroître la résistance et la rigidité du pneu. De même, les renforts textiles jouent un rôle crucial en permettant des performances à très grande vitesse.

Il est généralement admis que la composition des pneumatiques destinés au marché européen est uniforme chez tous les fabricants. Le profil de composition des matériaux, tel que présenté dans le tableau Ⅱ.2, peut servir de référence indicative. La principale distinction entre la composition d'un pneu de véhicule léger (VL) et celui d'un poids lourd (PL) réside dans la nature chimique des élastomères utilisés. Les fibres textiles, ajoutées uniquement dans les VL, visent à alléger ces pneus tout en préservant leurs propriétés d'endurance. [10]

Tableau Ⅱ.2 : Composition des pneumatiques des VL et PL en Europe (% poids).

Matériel	VL (%)	PL (%)
Élastomères / Caoutchouc	48	45
Carbone noir	22	22
Métaux	15	25
Textile	5	0
Oxydes de zinc	1	2
Sulfures	1	1
Additifs	8	5

6. Cycle de vie et déchets liés aux pneus :

Le processus de vie d'un pneu comporte généralement six phases :

1. L'extraction et la production des matières premières.

2. La fabrication des pneus.

3. L'utilisation des pneus jusqu'à la fin de leur vie utile.

4. La collecte, le tri et le stockage des pneus usagés.

5. La gestion des déchets associés aux pneus.

6. Les différentes méthodes de valorisation des pneus usagés. [7]

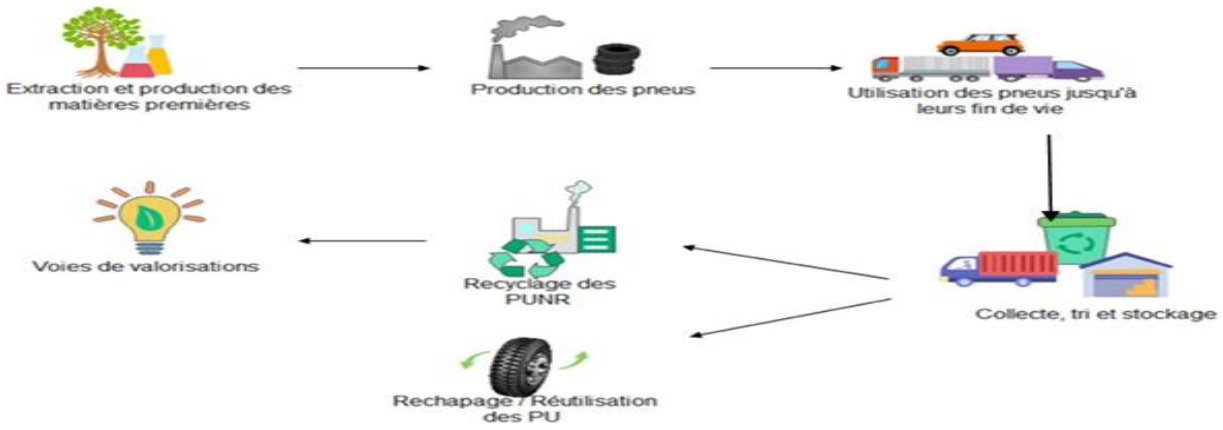


Figure Ⅱ.6 : Cycle de vie d'un pneu.

7. Situation des pneumatiques en Algérie :

La situation du pneumatique en Algérie continue de se détériorer à mesure que le nombre de pneus utilisés augmente parallèlement à l'expansion du parc de véhicules. Malgré les progrès en matière de durabilité des pneus, le volume de déchets de pneus reste alarmant.

L'estimation de la quantité de pneus usés au Canada est dérivée des données de ventes de pneus neufs, chaque achat de pneu neuf correspondant à la création d'un pneu usé. Cette approche identique est également utilisée en France.

En 1994, l'Ecole Nationale des Travaux Publics a mené une enquête en collaboration avec Sonatrach, révélant un chiffre stupéfiant d'un million de pneus mis au rebut, soit une augmentation significative par rapport aux 385 000 enregistrés en 1990. Cette augmentation notable peut être attribuée au nombre croissant de véhicules observés. Au cours des trois dernières années.

Pour déterminer la quantité de pneus usagés déposée en Algérie, une estimation est faite en fonction du type de pneu. En raison du manque de statistiques à jour et précises, la méthodologie suivante est utilisée :

1. Premièrement, le parc automobile algérien est évalué par type.

2. Ensuite, le nombre de pneus est calculé en conséquence en circulation selon le type (VL, PL, Autres).

3. En Algérie, nous avons réalisé une estimation de la durée de vie des pneus en fonction de leur type.

4. De plus, nous avons calculé le nombre de pneus usagés et le tonnage correspondant pour chaque type.

5. De plus, nous avons déterminé le nombre moyen de pneus usés par personne et par an.

Notre classification des pneus usagés non rechapables se compose de trois catégories : les pneus LV (véhicules légers), les pneus PL (poids lourds) et autres. Il est important de noter qu’il existe une différence significative en termes de taille et de structure entre les pneus LV et PL. La présence de métal dans ces pneumatiques est variable, avec un taux de 15 % pour les pneumatiques LV et de 25 % pour les pneumatiques PL.

Les pneus VL sont généralement utilisés pour les véhicules de tourisme et les camionnettes, avec une moyenne de 4 pneus par véhicule. D'autre part, les pneus PL sont conçus pour les camions, autocars, bus, tracteurs routiers et remorques. Le nombre moyen de pneus pour les camions est de 8, bien que cela puisse varier en fonction du nombre d'essieux dont dispose un camion (allant de 6 à 12 pneus). Les autocars, les bus et les remorques ont généralement 6 pneus, tandis que les tracteurs routiers en ont 8.

Le nombre de pneus sur un tracteur routier varie généralement de 6 à 10, selon le nombre d'essieux dont il dispose. Les motos, les véhicules spéciaux et les tracteurs agricoles sont quant à eux équipés d'un type de pneu spécifique. Les motos ont généralement en moyenne 2 pneus, tandis que les véhicules spéciaux et les tracteurs agricoles ont en moyenne 4 pneus.

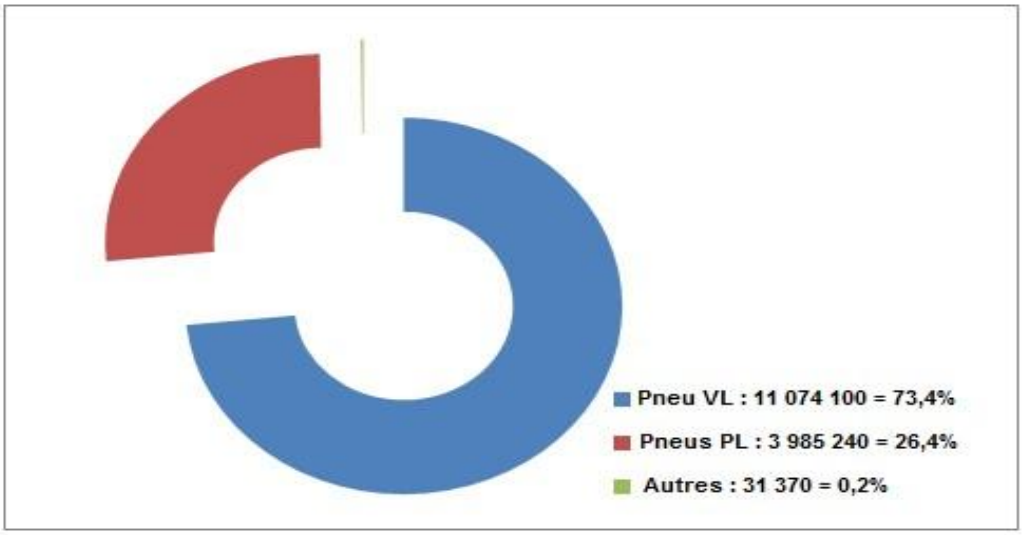


Figure Ⅱ.7 : Estimation des pneus en circulation selon type au 1er semestre 2007.

La longévité d'un pneu est influencée par divers facteurs tels que sa technologie, son nombre de rotations et son usage en freinage, entre autres. Pour notre évaluation, nous avons pris en compte qu'en moyenne, sur une période de cinq ans, deux pneus sur quatre pour les véhicules légers (VL) sont remplacés, tandis que pour les poids lourds (PL), deux pneus sur six sont retirés du service tous les quatre ans en moyenne.

En se basant sur ces données, le volume de pneus usagés en Algérie a été estimé à 1 439 514 unités par an selon ce modèle, équivalant à 25 918,5 tonnes de pneus usés annuellement. Ce total se répartit en 1 107 410 pneus VL usagés et 332 104 pneus PL usagés par an, ce qui

correspond à environ 0,0413 pneu par personne et par an en Algérie. (Selon les chiffres de l'Office National des Statistiques, la population algérienne était de 34,8 millions de personnes au 16 avril 2008, selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008).

Notons que 1 tonne PUNR = 139 pneus type VL = 18,5 pneus type PL = $2m^3$ pneus broyés. [11]

Tableau II.3 : Quantité de pneus usagés générés par an en Algérie selon le modèle proposé.

Types de pneus	Quantités		
	Pneus/an	Tonne /an	Pneu/personne/an
VL	1107410	7966,97	-
PL	332104	17951,53	-
Total	1439514	25918,50	0,0413

8. Impact environnemental des déchets pneumatiques :

Les conséquences environnementales résultant de l'élimination des pneus usagés sont importantes. La préservation de l'environnement est une responsabilité cruciale pour l'humanité, notamment à la lumière des effets néfastes de l'effet de serre. Cet engagement revêt une importance capitale pour les générations futures, car il s'attaque aux différentes formes de pollution qui en découlent Bien que les pneus usagés présentent de nombreux inconvénients, ils ne sont pas officiellement classé comme déchets toxiques ou dangereux en raison de leur nature non biodégradable. Il est cependant essentiel de reconnaître qu'ils constituent une menace à la fois pour l'environnement et la santé humaine, notamment lorsqu'ils sont impliqués dans des incendies. Chaque année, les individus ayant été exposés à cette dernière substance subissent le dégagement de fumées dangereuses. Ces fumées résultent de la teneur en gaz toxiques présents dans la substance, qui est constituée d'hydrocarbures chlorés, de pléromes et de dioxines. En conséquence, diverses maladies et allergies, notamment des allergies cutanées, Ils génèrent également une vapeur nocive contenant des éléments de silice de carbone. En cas d'incendie, les épais nuages de fumée qui s'échappent peuvent engendrer diverses affections respiratoires. De plus, leur mode de

stockage favorise la reproduction des rongeurs et des moustiques en raison de la présence de nombreux espaces vides et de poches susceptibles de retenir de l'eau. [4]



Figure Ⅱ.8 : Fumée toxique qui se dégage en brulant des pneus.

Chapitre Ⅲ

La gestion des pneumatiques usagés en Algérie

1. Valorisation du pneumatique usagé :

La mise en valeur des pneumatiques usagés représente aujourd'hui un domaine d'exploration riche, offrant diverses opportunités de transformation ou d'élimination sans compromettre l'intégrité environnementale. Les chercheurs et les industriels ont identifié plusieurs qualités inhérentes à ces pneus en fin de vie : leur structure résistante lorsqu'ils sont conservés intacts, leur flexibilité lorsqu'ils sont transformés en granulats, ou encore leur potentiel calorifique lorsqu'ils sont utilisés comme combustible. Il est également important de souligner que des considérations économiques nous poussent à explorer des solutions pour gérer efficacement un déchet abondant tel que le pneumatique usagé, responsable de problèmes environnementaux tels que le stockage inadéquat et la menace pour la couche d'ozone.

Les avenues de valorisation des pneumatiques usagés incluent diverses opérations, notamment le réemploi, le rechapage, le recyclage, l'utilisation comme combustible, l'incinération avec récupération d'énergie, l'usage dans l'ensilage agricole, le broyage ou découpage en vue de valorisation, ainsi que leur utilisation dans les travaux publics ou le génie civil.

1.1.Valorisation Énergétique :

Implique la conversion des vieux pneus, qui posent un défi de stockage dans les décharges, en une source d'énergie utilisable. Cette transformation repose sur la combustion des pneus, exploitant leur pouvoir calorifique élevé (24-28 MJ/kg), comparable à celui du charbon. Ils peuvent ainsi servir de combustible alternatif dans divers contextes, tels que :

- Les fours de cimenterie.
- Les centrales thermiques.
- Les chaudières industrielles.
- Les unités d'incinération.

Le pneu, de par sa nature polymérique, possède un pouvoir calorifique remarquable. Par exemple, la conversion de 3 tonnes de pneus produit l'équivalent de 2 tonnes de fuel. De plus, sa composition homogène en fait un substitut de combustible stable. Toutefois, en Algérie, le défi persiste car la réglementation concernant la valorisation énergétique n'est pas encore clairement définie. Actuellement, les cimenteries algériennes privilégient l'utilisation de gaz naturel, jugé plus économique, plutôt que d'opter pour la poudrette de caoutchouc issue des pneus.

1.2.Valorisation matière :

S'articule principalement autour de trois approches distinctes :

Rechapage : Ce processus consiste à réutiliser les pneus usagés en leur appliquant une nouvelle couche de bande de roulement, ce qui permet de prolonger leur durée de vie et de réduire la quantité de déchets.

Valorisation par Transformation Mécanique : Cette méthode implique la conversion des pneus en différents produits tels que des poudrettes ou des granulés. Par exemple, les poudrettes peuvent être utilisées dans la fabrication d'enrobés routiers, également connus sous le nom d'asphalte caoutchouté. L'incorporation de poudrette dans le mélange d'enrobé vise à améliorer plusieurs aspects, notamment les propriétés acoustiques, la résistance à la fissuration et l'adhérence de la surface, ce qui se traduit généralement par une durée de vie prolongée de la route et une réduction des besoins en entretien.

Valorisation par Transformation Chimique : Cette approche consiste à décomposer chimiquement les pneus usagés pour obtenir des composants utilisables dans d'autres industries ou processus de fabrication.

Chacune de ces méthodes offre une opportunité de donner une nouvelle vie aux pneus usagés, réduisant ainsi les déchets et contribuant à une utilisation plus efficace des ressources. En outre, ces initiatives favorisent le développement de technologies et de pratiques durables dans le domaine de la gestion des déchets.



Figure Ⅲ.1 : Valorisation en poudrette de caoutchouc.

1.3.Valorisation originale des pneus usagés :

La valorisation innovante des pneus usagés offre diverses applications dans le domaine de la construction et de l'agriculture. Le recyclage des pneus usagés se fait sous différentes formes :

a- Utilisation des pneus entiers :

Pour la construction de structures telles que des remblais légers, des ouvrages de soutènement et des dispositifs absorbant l'énergie pour protéger contre les chutes de blocs.

- La méthode "Arma pneu sol" combine pneus, remblai et armatures en treillis soudés pour renforcer les ouvrages.

- "Pneu tex" associe pneus et membranes en géotextile pour des applications dans le domaine de la construction.

- Le concept de "pneu résil" implique l'empilement de pneus de poids lourds pour créer des structures légères utilisées comme soubassement de routes ou de remblai.

- Pour le drainage, les pneus sont liés entre eux et disposés en forme de tube pour faciliter le drainage des fossés et des parcelles.

- Les pneus entiers sont également utilisés comme amortisseurs de chocs le long des quais et des jetées pour la protection.

- En agriculture, certaines techniques d'ensilage utilisent des pneus pour maintenir les bâches en place.

b - Utilisation des pneus découpés :

La partie de la roue qui est découpée peut être employée comme un tapis de support sous les voies ferrées afin de diminuer les nuisances sonores et les vibrations.

c - Valorisation des pneus déchiquetés :

Grâce à leurs propriétés drainantes, leur compressibilité et leur faible densité, les pneus déchiquetés peuvent être employés comme matériau de remplissage léger lors de la construction de routes, ou encore comme couche drainante de centres d'enfouissement technique. [9]

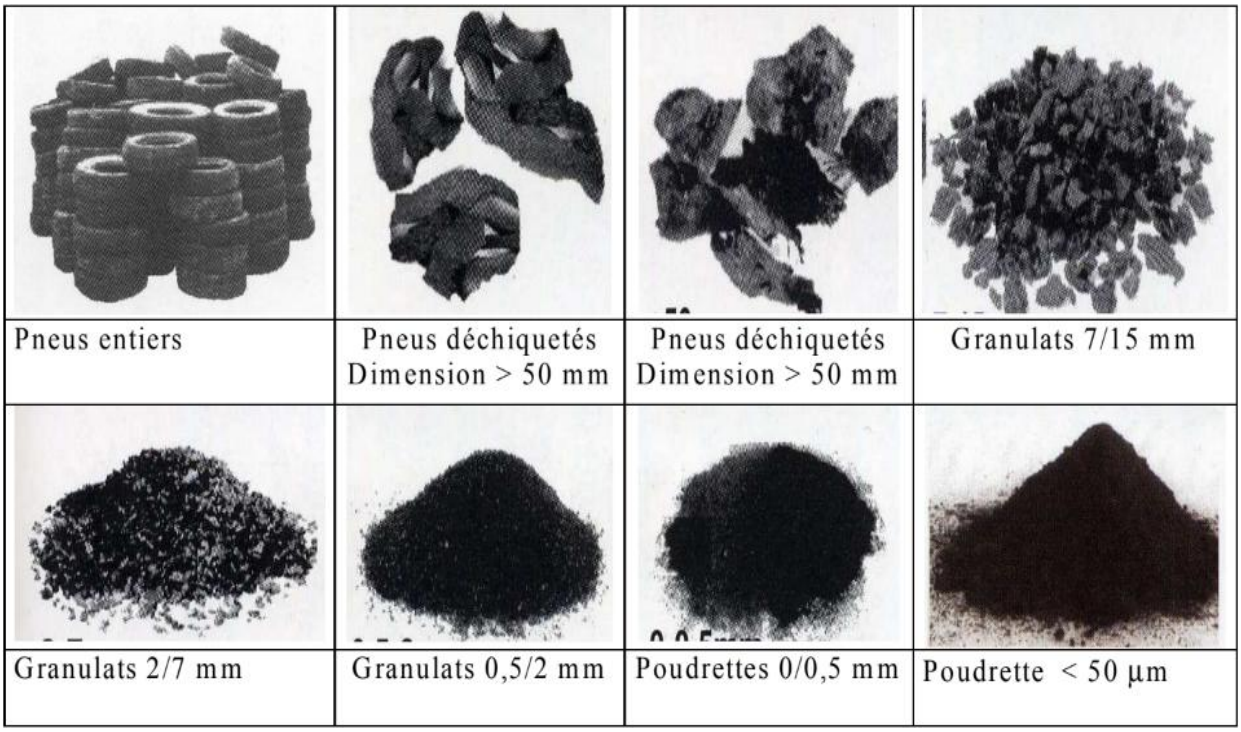


Figure Ⅲ.2 : Schéma d'une filière de valorisation matière

2. Les voies de recyclage et de valorisation des pneus usagés :

Les méthodes de gestion des déchets pneumatiques, en raison de leur volume considérable, offrent diverses approches, certaines destructives (telles que leur incinération dans des installations telles que les cimenteries, les aciéries, les chaufferies ou les fonderies) tandis que d'autres sont non destructives (telles que leur utilisation dans la fabrication de gazon synthétique, dans les aires de jeux ou sur les sols équestres).



Figure Ⅲ.3 : Hiérarchie des modes de traitement selon l'impact environnemental.

- La réutilisation constitue l'une des approches principales, où les pneus usagés collectés et triés sont réintroduits dans le secteur du génie civil sans transformation majeure, principalement dans les pays disposant de réglementations souples en matière de revente de pneus d'occasion.
- Le recyclage demeure une solution importante, offrant de multiples applications pour les pneus recyclés qui sont utilisés comme substituts dans divers domaines d'activité.
- La valorisation énergétique représente une voie significative, où les pneus sont utilisés comme source de combustible pour la production d'énergie, exploitant ainsi leur pouvoir calorifique.
- En revanche, l'enfouissement en décharge reste une méthode problématique en raison de ses conséquences environnementales néfastes, notamment les risques d'incendie et de pollution du sol et des eaux souterraines. [10]

3. Valorisation et réalisations en Algérie par la technique pneu sol :

En Algérie, des progrès significatifs ont été réalisés grâce à l'utilisation de la technique du pneu sol. Ce domaine a connu des avancées notables à l'échelle mondiale, et l'Algérie n'a pas été en reste, mettant en œuvre plusieurs projets d'importance. La problématique des pneus usagés, qui constitue un défi tant au niveau mondial qu'au niveau régional maghrébin et africain, est un sujet préoccupant. Chaque année, des millions de tonnes de pneus sont abandonnés, posant ainsi un problème de gestion des déchets à la fois encombrants et abondants.

Consciente de cette réalité, l'Algérie, tout comme d'autres nations, a reconnu que l'innovation technologique est essentielle pour progresser. Elle a donc entrepris de développer de nouvelles méthodes et techniques, tout en gardant à l'esprit la nécessité de préserver l'environnement et de favoriser le développement durable.

Le premier projet significatif mené dans ce domaine en Algérie remonte à 2005. Il s'agissait d'un projet pilote consistant à créer une plateforme expérimentale utilisant la technique du pneu sol. Cette plateforme a été mise en place au pied d'un grand talus d'une hauteur de 13 mètres, dans le cadre des travaux d'aménagement de l'évitement de la ville de Bousmail, située dans la wilaya de Tipaza. Ce projet novateur avait pour objectif principal de renforcer la stabilité du talus routier, de rendre sa pente plus rigide et enfin de réduire la charge exercée sur le côté aval d'un dalot.

Pour la réalisation de ce projet pionnier, pas moins de 5353 pneus ont été utilisés, fournis par Michelin Algérie. L'inauguration officielle de cette infrastructure a eu lieu le 12 mai 2005, marquant ainsi une étape importante dans l'application de la technique du pneu sol en Algérie.



Figure III.4 : Pose des nappes de pneus Projet pilote – Route de Bousmail

Les multiples vérifications et contrôles effectués pour évaluer la stabilité globale de cette structure ont démontré, au fil du temps, un comportement exemplaire et une stabilité remarquable, notamment en ce qui concerne les déplacements au niveau de la tête de l'ouvrage. Ces résultats positifs perdurent jusqu'à présent, témoignant de la qualité et de la fiabilité de l'ouvrage dans sa globalité.

Le deuxième projet, réalisé en 2006 en Algérie, présente des similitudes avec les risques de glissement de terrain à grande échelle. Conçu et mis en œuvre par un particulier, ce projet a été suivi de près par un expert de l'E.N.S.T.P. Les pneus utilisés, fournis par Michelin Algérie, sont des pneus poids lourds entiers, tandis que le sol employé pour le remblai de type « pneu sol » est celui déjà présent sur le site.

Pour la construction de cette infrastructure novatrice, un total de 1000 pneus a été utilisé. Les travaux ont été menés à terme et le projet a été entièrement finalisé en 2006, marquant ainsi une étape supplémentaire dans l'application réussie de la technique du pneu sol en Algérie.



Figure Ⅲ.5 : Stabilité d'un glissement de terrain - Cas de Tizi Ghenif –Wilaya de Tizi Ouzou Algérie.

Les contrôles et vérifications réguliers effectués pour évaluer la stabilité globale de cette structure ont révélé, notamment en ce qui concerne les déplacements à grande échelle, une stabilité optimale qui perdure jusqu'à présent. Ces analyses approfondies attestent de la solidité et de la fiabilité de l'ouvrage dans son ensemble, offrant ainsi une assurance quant à sa capacité à résister aux contraintes et aux éventuelles forces extérieures.

Comportement de pneu sol :

L'exploitation du pneu sol constitue une approche prometteuse dans l'amélioration des caractéristiques mécaniques des sols, notamment en termes de résistance à la traction. Souvent, recourir à des inclusions résistantes à la traction pour renforcer un sol représente un investissement financier conséquent. En revanche, le pneu sol offre une solution économique et efficace en associant des pneumatiques usagés, provenant de camions ou de véhicules de tourisme, avec le sol existant.

Cette méthode présente plusieurs avantages notables. Tout d'abord, elle tire parti de la disponibilité des pneumatiques usagés, réduisant ainsi les coûts liés à l'acquisition de matériaux de renfort. De plus, sur le plan mécanique, cette association se révèle très intéressante. Les pneus jouent un rôle crucial en conférant une cohésion supplémentaire au sol, tout en éventuellement réduisant la masse globale de la structure.

Dans ce processus, l'utilisation de pneus entiers ou de parties de pneus permet d'optimiser les performances du pneu sol, offrant ainsi une alternative rentable et durable pour renforcer les sols et améliorer la stabilité des structures.

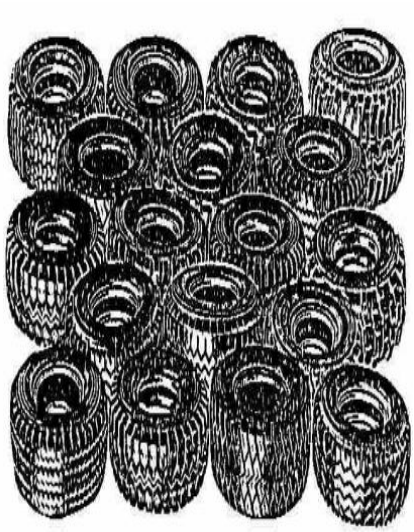






Figure Ⅲ.6 : Pneus entiers **Figure Ⅲ.7 :** Pneus avec**Figure Ⅲ.8 :** Pneus

Avec flancs un seul flanc sans flanc

4. La poudrette de caoutchouc :

Généralités :

Pour mieux comprendre le langage spécifique de l'industrie du pneu, plongeons dans l'histoire de l'évolution des caoutchoucs naturels et synthétiques. Le caoutchouc naturel est issu de différentes plantes, avec l'arbre à caoutchouc (Heveabrasiliensis) comme principale source. En revanche, le caoutchouc synthétique est le fruit d'une synthèse chimique à partir de produits dérivés du pétrole. Les matières premières utilisées dans la fabrication des caoutchoucs synthétiques incluent :

- Isobutylène.
- Isoprène.
- Styrène.
- Butadiène.

La poudrette de caoutchouc résulte du processus de broyage des pneus usagés non réutilisables (PUNR) ou des déchets de rechapage. Ce broyage peut être réalisé de manière mécanique ou cryogénique, impliquant la fragilisation du caoutchouc à froid. L'approche cryogénique produit une poudrette de meilleure qualité, bien que son coût soit plus élevé. Cette poudrette trouve diverses applications, notamment dans la fabrication de revêtements de sols industriels et sportifs, la conception de matériaux d'isolation phonique, de membranes

anti-fissures pour les routes ou de membranes anti vibrations pour les plates-formes ferroviaires.

De plus, elle est utilisée comme liant dans les bitumes, améliorant ainsi les caractéristiques des enrobés. Cette incorporation confère à l'enrobé un pouvoir drainant significatif, réduisant le risque d'aquaplaning et diminuant le bruit de roulage, tout en ralentissant le processus de vieillissement.



Figure Ⅲ.9 : Aspect des poudrettes de caoutchouc.

4.1.Les caractéristiques des granulats de caoutchouc :

Les propriétés des granulats de caoutchouc peuvent être caractérisées selon plusieurs critères généraux :

- Taille des particules : déterminante pour diverses applications, elle influence la résistance, l'élasticité et la réactivité du matériau.

- Distribution de taille des particules : elle affecte la cohésion et l'uniformité du matériau final, impactant sa performance et sa durabilité.

- Morphologie des particules : la forme des particules influe sur les propriétés mécaniques et esthétiques du produit fini, ainsi que sur sa capacité à être intégré dans d'autres matériaux.

- Composition chimique : elle détermine les caractéristiques physiques et chimiques du granulat, influençant sa compatibilité avec d'autres matériaux et son comportement dans différentes conditions environnementales.

- Énergie de surface : cette propriété joue un rôle crucial dans l'adhésion, l'humidité et l'interaction avec d'autres substances, ce qui peut avoir un impact significatif sur les performances et la durabilité du matériau.

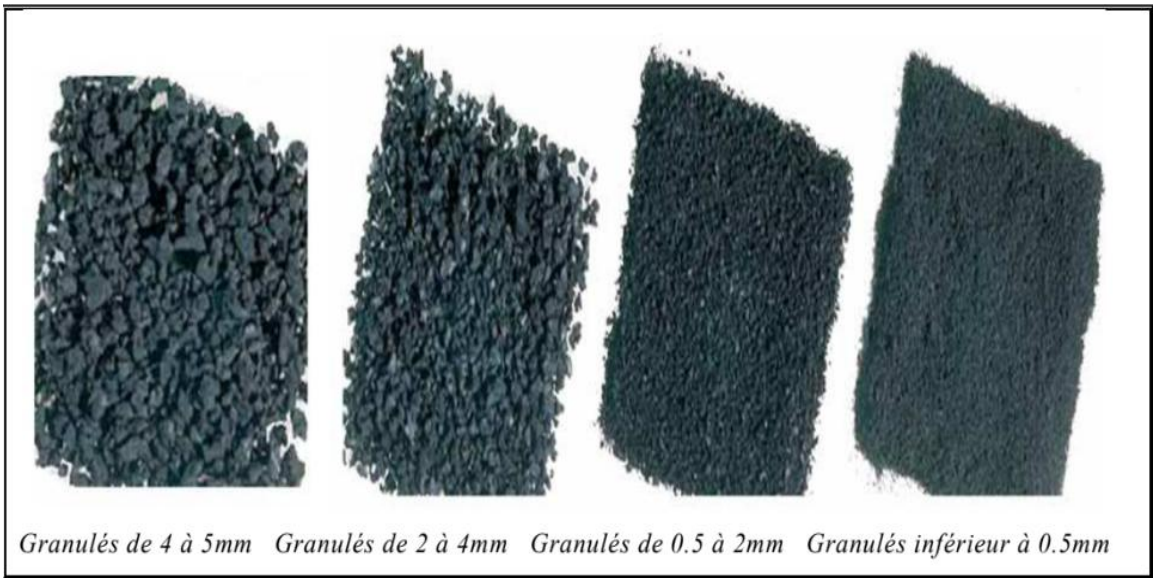


Figure Ⅲ.10 : Le différent diamètre des granulats des pneus usés après broyage.

4.2.Transformation de la poudrette de caoutchouc :

Les avancées technologiques dans le domaine du traitement des pneus usagés visent aujourd'hui à standardiser les méthodes pour une transformation efficace et économique. Les recherches se concentrent sur l'identification des technologies performantes qui permettent de réaliser cette transformation tout en minimisant les coûts. Parallèlement, des études d'impact environnemental ont été menées pour évaluer les répercussions des différentes méthodes de traitement des pneus usagés sur l'environnement.

Le processus de transformation des pneus en poudrette, jusqu'à l'obtention du produit final, se décompose en deux étapes distinctes, illustrées comme suit :

1. Déchiquetage primaire (grossier) : fragmentation initiale des pneus en morceaux de taille grossière, avec séparation simultanée de l'acier et des fibres.

2. Déchiquetage secondaire (fin) : fragmentation secondaire des pneus en morceaux plus fins, avec production de poudre de caoutchouc et séparation simultanée de l'acier et des fibres.

La transformation initiale implique le déchiquetage mécanique des pneus, commençant par l'élimination préalable de la ceinture d'acier, suivie d'une série d'opérations visant à obtenir des morceaux de caoutchouc.

5. Valorisation de poudrette de caoutchouc :

L'optimisation de l'utilisation de la poudrette de caoutchouc représente un domaine essentiel dans diverses industries. Elle trouve notamment application dans la production de revêtements de sécurité et d'amortisseurs destinés aux aires de jeu, aux manèges et aux pistes. Pour ce faire, l'emplacement choisi doit inclure une zone spécifiquement dédiée au stockage en vrac des granulés de caoutchouc broyés. Cette zone doit être conçue de manière à prévenir toute dispersion indésirable de fibres et de poussières, garantissant ainsi un environnement de travail sûr et respectueux de l'environnement.

Le risque d'incendie sera considéré lors de la conception des stocks de broyats, en les éloignant des limites de propriétés et/ou des installations de stockage de produits combustibles. De plus, le volume de pneumatiques avant leur utilisation et leur durée de stockage seront restreints dans le temps.

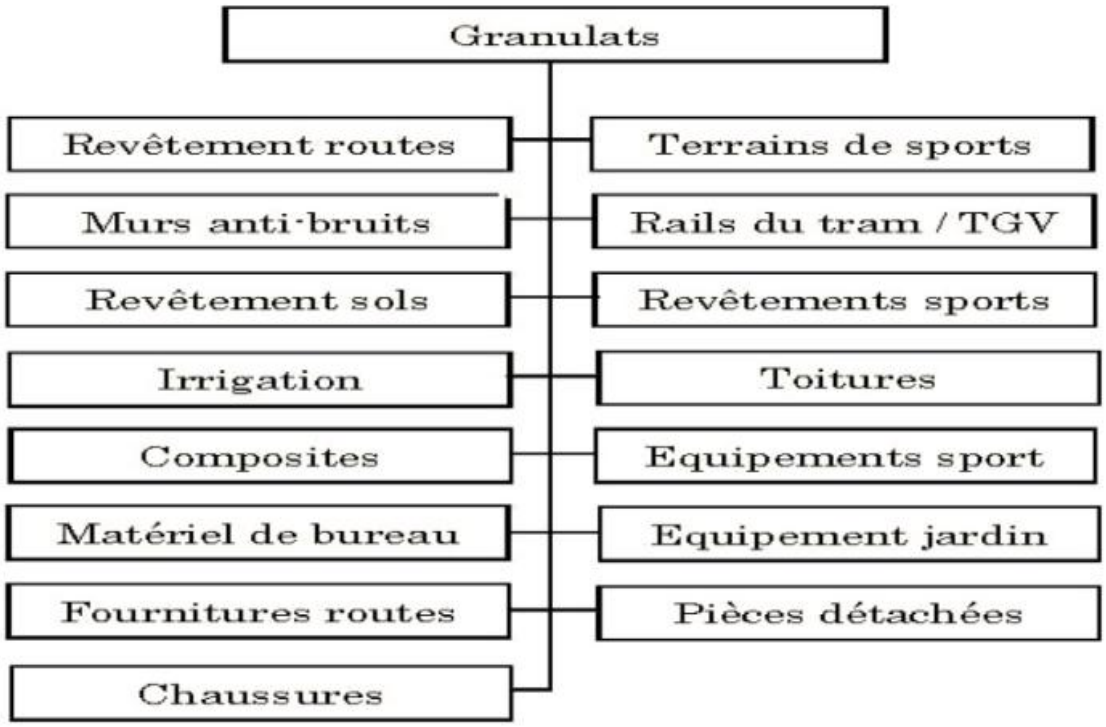


Figure Ⅲ.11 : différent mode de valorisation de poudrette de caoutchouc.

5.1.Les aires de jeux :

Les aires de jeux bénéficient grandement des propriétés élastiques des granulats de pneus, ce qui en fait un choix de matériau optimal pour leur construction. Grâce à leur structure alvéolée, ces granulats sont capables d'absorber efficacement les chocs, assurant ainsi un niveau élevé de sécurité pour les enfants qui jouent. Cette sécurité est essentielle pour répondre aux normes strictes de sécurité européennes définies par la norme EN 1177, qui exigent que les surfaces des aires de jeux soient capables d'amortir les chutes. Ces critères assurent non seulement la sécurité des enfants, mais aussi la tranquillité d'esprit des parents et des responsables des aires de jeux.

5.2.Bassins d'infiltration :

Les bassins d'infiltration sont souvent construits en utilisant des pneus usagés broyés. Ce matériau présente la capacité de retenir des quantités significatives d'eau tout en maintenant une résistance structurelle suffisante pour supporter le poids des routes sans se déformer, même sous des charges importantes.



Figure Ⅲ.12 : Bassin d’infiltration.

5.3.Bétons :

Des recherches sont actuellement en cours pour examiner les possibilités découlant de l'intégration de granulats provenant du broyage de pneus usagés dans des mortiers et des bétons à base de ciment. Cette intégration vise à réduire le poids du béton tout en améliorant ses performances, telles que l'augmentation de la résistance à la fissuration et de la capacité de

déformation. L'utilisation de granulats ou de fibres textiles de pneus usagés dans des matériaux à base de ciment représente ainsi des opportunités de valorisation à explorer.

Au cours de la dernière décennie, l'industrie cimentière s'est engagée à réduire sa dépendance aux énergies fossiles tout en maintenant la qualité de ses produits. En utilisant des broyats de pneus ou des pneus usagés entiers comme substitut de combustible, les cimenteries contribuent à la préservation des ressources naturelles et au recyclage des produits en fin de vie, réduisant ainsi la consommation de coke de pétrole, de charbon et de fioul lourd. Cependant, l'utilisation de pneus comme combustible est soumise à des normes strictes et réglementées.

5.4.Drainage :

En ce qui concerne le drainage, une étude de faisabilité examine la possibilité d'utiliser des broyats de pneus dans cette fonction. Les broyats de pneus usagés présentent une conductivité hydraulique élevée, comparable à celle des granulats naturels comme les graviers. Ainsi, l'utilisation de broyats pourrait être une solution intéressante, notamment dans les sites de stockage de déchets. L'étude en cours vise à fournir des recommandations pour l'utilisation de broyats de pneus provenant de poids lourds et de véhicules légers dans les couches drainantes, en mettant l'accent sur les prescriptions techniques minimales pour assurer la durabilité et la sécurité environnementale.



Figure Ⅲ.13 : La valorisation de broyats de pneus dans la fonction de drainage

La recherche en Algérie sur l'utilisation Poudrette de caoutchouc dans les chaussées routières :

En 2007, une étude particulière a été lancée au niveau de l'ENTP sur l'utilisation de la poudrette de caoutchouc dans les chaussées routières (revêtement des chaussées).Cette recherche s'effectue au laboratoire de l'école, elle s'axe sur les procédés innovants dans le traitement de la fissuration des chaussées routières, principalement dans les zones à haute température et en parallèle avec le Ministère des Travaux Publics des planches d'expérimentation par inclusion d'un pourcentage de poudrette dans l'asphalte sont prévues au sud Algérien, ceci permettra de donner une souplesse aux enrobés afin d'éviter le phénomène de fissuration et en même temps réduire la nuisance sonore. Pour la réalisation de l'asphalta caoutchouté, les pneus sont utilisés sous forme de granulats ou de poudrette pour la fabrication des enrobés destinés aux couches de roulement des routes. Les différentes fractions granulométriques utilisées sont : 0/0,5 mm, 0,5/2 mm, 2/7 mm et 7/15 MM. La poudrette est incorporée comme granulats dans le mélange à la fabrication de l'enrobé (en moyenne15%). Cette application vise à améliorer les caractéristiques acoustiques de l'enrobé. Le dosage est de l'ordre de quelques pourcents. Les poudrettes rentrent également dans la fabrication des enrobés drainant… BELABDELOUAHAB F, TROUZINE H [BEL11].



Figure Ⅲ.14 : Technique de l'asphalt caoutchouté.

5.5.Gazon synthétique :

Le gazon synthétique est conçu à partir d'un tapis d'herbe artificielle, souvent accompagné d'un lit de lestage en sable et d'une couche de granulats libres. Cette technologie offre l'avantage d'une utilisation du terrain en toutes saisons, résistant au gel hivernal, à la sécheresse estivale et aux inondations causées par les pluies. Son entretien est minimal, ne nécessitant pas d'arrosage, et il procure des sensations de jeu similaires à celles d'une pelouse naturelle. De nombreux stades municipaux et clubs sportifs ont adopté ce type de revêtement, tel que le terrain de l'équipe de France de football à Clairefontaine ou celui de l'équipe de France de rugby à Marcoussis. En 2005, un programme d'études scientifiques mené par Aliapur, en collaboration avec l'Ademe et le groupement d'intérêt scientifique EEDEMS, a évalué les risques environnementaux et sanitaires des matériaux de remplissage des gazons synthétiques. Les conclusions ont montré que ces revêtements n'ont aucun impact néfaste sur la santé des utilisateurs ni sur l'écosystème environnemental.

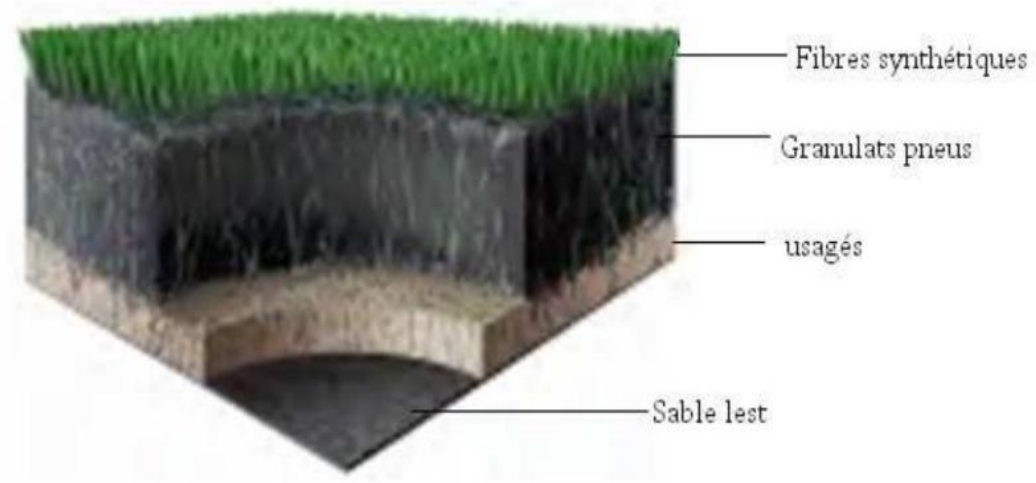


Figure Ⅲ.15 : Coupe schématique verticale d’un sol sportif de 3ème génération

5.6.Autres domaines d’application :

D'autres champs d'application émergent pour la poudrette de caoutchouc, notamment dans la réduction des vibrations des plates-formes telles que les tramways, en utilisant les granulats comme une couche anti vibratile. Les résultats initiaux sont prometteurs et ouvrent la voie à des essais plus poussés. Cette substance peut également servir à l'isolation et à la réduction du bruit dans les toitures en étant mélangée à des liants ou des résines, adaptées à des

applications telles que les objets moulés, notamment dans le mobilier urbain. Ainsi, ces granulats pourraient être utilisés dans la fabrication de ralentisseurs, de plots de signalisation, d'accessoires pour voies cyclables, voire même dans la construction des chaussures.

5.7.L’intérêt de poudrette de caoutchouc :

L'utilisation de poudrette de caoutchouc offre une gamme d'avantages significatifs dans divers domaines :

1. Amélioration de la cohésion : La présence de poudrette de caoutchouc renforce la cohésion des matériaux, favorisant ainsi une meilleure intégrité structurelle.

2. Diminution de la susceptibilité thermique : Grâce à ses propriétés spécifiques, la poudrette de caoutchouc aide à réduire la sensibilité aux variations de température, ce qui contribue à la durabilité des matériaux.

3. Augmentation des capacités d'allongement : La présence de poudrette de caoutchouc permet d'accroître la capacité des matériaux à se déformer sans se rompre, améliorant ainsi leur résilience et leur flexibilité.

4. Amélioration des caractéristiques viscoélastiques : Les propriétés viscoélastiques des matériaux contenant de la poudrette de caoutchouc sont améliorées, ce qui se traduit par une meilleure absorption des chocs et une résistance accrue aux contraintes mécaniques.

5. Amélioration de l'adhésivité passive : La présence de poudrette de caoutchouc favorise une meilleure adhésion des matériaux sur la chaussée, réduisant ainsi le risque de désenrobage et améliorant la résistance globale de la surface.

En outre, les propriétés physiques spécifiques de la poudrette de caoutchouc, notamment sa résistance accrue aux températures élevées et sa résilience aux températures basses, se traduisent par une meilleure cohésion, des propriétés élastiques renforcées, une excellente résistance à la traction et des performances optimales lors des essais de cisaillement. Ces caractéristiques combinées font de la poudrette de caoutchouc un choix précieux dans de nombreuses applications où la durabilité, la résistance et la performance sont essentielles.

Les propriétés mentionnées présentent un ensemble d'effets remarquables sur les performances des matériaux :

1. Résistance à l'orniérage : L'utilisation de polymères, en particulier de poudrettes de caoutchouc, améliore la cohésion à haute température et favorise la recouvrance élastique, ce qui réduit l'orniérage des surfaces routières.

2. Rigidité : La réduction de la sensibilité thermique permet d'accroître la rigidité des mélanges à température élevée, renforçant ainsi leur résistance structurelle.

3. Résistance à la fatigue : L'amélioration de la rigidité à haute température et la diminution de la fragilité du liant à basse température contribuent à améliorer la résistance à la fatigue des matériaux.

4. Résistance à la fissuration à basse température : L'incorporation de poudrette de caoutchouc rend les mélanges plus souples, réduisant ainsi le risque de fissuration à basse température.

5. Résistance à la propagation des fissures : Cette propriété est cruciale pour les couches supérieures des revêtements routiers, notamment lorsqu'elles sont composées de liants modifiés aux élastomères. Les combinaisons de liants modifiés et de fibres ont également montré des résultats prometteurs en laboratoire.

6. Durabilité : L'adhésivité de la poudrette de caoutchouc au granulat joue un rôle crucial dans la durabilité des matériaux, en assurant une bonne liaison entre les composants.

7. Résistance au vieillissement : La possibilité d'augmenter l'épaisseur de la poudrette de caoutchouc contribue à améliorer la résistance au vieillissement des matériaux, même si des tests spécifiques pour cette mesure ne sont pas clairement définis.

Toutes ces propriétés revêtent une importance particulière dans les techniques d'enrobés, où les sollicitations mécaniques et métrologiques sont souvent agressives, soulignant ainsi l'importance des matériaux contenant de la poudrette de caoutchouc dans la construction et l'entretien des infrastructures routières. [9]

Conclusion :

Cette étude met en lumière les défis majeurs que doit relever l'Algérie dans la gestion des déchets pneumatiques, tout en explorant les opportunités prometteuses pour améliorer la situation actuelle. Bien que des progrès aient été réalisés dans la sensibilisation et la réglementation, il est évident qu'il reste beaucoup à faire pour développer des infrastructures de gestion des déchets pneumatiques efficaces et durables.

L'analyse des meilleures pratiques internationales a dévoilé plusieurs stratégies potentielles qui pourraient être adaptées au contexte algérien, notamment le développement de partenariats public-privé, l'adoption de technologies de recyclage avancées et la promotion de l'économie circulaire. Cependant, la réussite de la mise en œuvre de ces stratégies dépendra d'un engagement continu des autorités gouvernementales, des entreprises et de la société civile.

Il est crucial que l'Algérie adopte une approche holistique de la gestion des déchets pneumatiques, en intégrant des politiques cohérentes, des incitations et des programmes de sensibilisation à tous les niveaux de la société. De plus, la coopération régionale et internationale peut jouer un rôle crucial dans le partage des connaissances, des ressources et des meilleures pratiques pour relever ce défi commun.

Il est important de souligner que la gestion efficace des déchets pneumatiques ne se limite pas à la protection de l'environnement, mais offre également des opportunités économiques et sociales significatives. En investissant dans des solutions durables, l'Algérie peut non seulement réduire son empreinte environnementale, mais aussi stimuler l'innovation, créer des emplois verts et améliorer la qualité de vie de ses citoyens.

En conclusion, en adoptant une approche proactive et collaborative, nous pouvons surmonter les défis de la gestion des déchets pneumatiques en Algérie et créer un avenir plus propre, plus sain et plus durable pour les générations à venir.

Référence :

[1]Koller E., 2004 « Traitement des pollutions industrielles : eau, air, déchets, sols, Boues» Ed. DUNO, 2éme édition. Paris.

[2] Journal officiel de la république algérienne N°77.

[3] Hamlaoui charef A&Moussaoui H. : «valorisation des déchets de caoutchouc des pneus et déchets de verre dans le béton de sable», Université Akli Mohamed oulhadjineBouira2018/2019.

[4] Bouchlaghem .K : « caractérisation des matériaux cimentaires à base de granulats de caoutchouc», université 08 Mai 1945 de Guelma 2021.

[5] M.Abderrahim Tarek. : «Projet de création d'Entreprise : Recyclage des pneus», université du 08 mai 1945, Guelma 2013 /2014.

[6] Ouadfel A &sadok R. : «conception et réalisation d'une presse à balles pneumatique», université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou 2020 /2021.

[7] BensbaaA. : «Recyclage et pré-valorisation des pneus en fin de vie », université Laval 2009.

[8] KHABABA M A & ALOUACHE A. : « Comportement physico-mécanique des BCR contenant du caoutchouc traité avec de la fumée de silice : Analyse expérimentale », université de Bordj Bou Arreridj 2021/2022.

[9] « Valorisation de pneus uses : et la poudrette de caoutchouc », université de Djelfa 2018.

[10] AFRITE S & BENMERZEG K. : « Recyclage & valorisation des pneus usagés en poudrette de caoutchouc comme additif dans l'utilisation des Bitumes », université. Mira - Bejaia 2021.

[11] HABIB TROUZINE. : « Problématique des pneumatiques usagés en Algérie », département de génie civil, université Djilali Liabes,BP 89,Sidi Bel Abbes 22000, Algérie.