ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE ET FINANCIERE DE LA CRÉATION D'UNE UNITÉ DE RECHAPAGE DE PNEUS USAGÉS À OUAGADOUGOU, BURKINA FASO

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER

SPECIALITE : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRICOLES

Présenté et soutenu publiquement le 23 janvier 2026 par

Stéphane MOSSE (20221122)

Directeur de mémoire : Pr. Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Professeur Titulaire en Génie de l'Eau et (CAMES), Institut 2iE, Burkina Faso

Encadrant 2iE : M. Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Professeur Titulaire en Génie de l'Eau (CAMES), Institut 2iE, Burkina Faso

Maître de stage : M. Saïdou NASSOURI, Directeur de la Salubrité Publique et de l'Hygiène de la mairie de Ouagadougou

Structure d'accueil du stage : Direction de la Salubrité Publique et de l'Hygiène de la mairie de Ouagadougou

Jury d'évaluation du mémoire :

Présidente : Dr Hela KAROUI, Maître de conférences en génie des procédés de traitement des eaux usées, Institut 2iE

Membres et correcteurs : Dr Seyram K. SOSSOU
M. Oswald Haniel Mohamed KOALGA
Pr. Harinaivo Anderson ANDRIANISA

DÉDICACE

Je dédie ce travail à ma tendre maman, partie trop tôt alors que je n'avais que trois ans. Votre absence a laissé un vide immense, mais votre amour continue de m'accompagner à chaque étape de ma vie.

Que ce travail soit un témoignage de tout ce que ton souvenir m'inspire : force, persévérance et espoir.

À tous ceux qui nous ont quittés à la fleur de l'âge, vos départs précoces demeurent des blessures profondes, mais votre souvenir reste vivant en nous.

Puissiez-vous savoir, où que vous soyez, que vous ne serez jamais oubliés.

REMERCIEMENTS

Je rends avant tout grâce à **Dieu Tout-Puissant**, pour m'avoir accordé la santé, la sagesse et la volonté nécessaires pour mener à terme ce travail malgré les difficultés et les moments de doute.

Ensuite, je remercie particulièrement le **Professeur Harinaivo A. ANDRIANISA**, pour sa disponibilité constante, ses précieux conseils et son accompagnement tout au long de ce travail. Son expertise et son soutien ont été déterminants dans l'aboutissement de cette recherche.

Mon remerciement à **Monsieur Saïdou NASSOURI**, Directeur de la DSPH de la mairie, ainsi que toute l'équipe de cette direction pour leur accueil chaleureux, leur collaboration, leur encadrement sur le terrain et les ressources mises à ma disposition qui ont enrichi ce travail.

Ma reconnaissance envers le Ministère de la Santé, pour l'opportunité qu'il m'a offerte d'effectuer ma formation professionnelle dans cette école prestigieuse qu'est l'Institut 2iE.

J'ai particulièrement une pensée à mon épouse et à mes deux enfants, **Chloé** et **Kylian**, qui m'ont supporté, soutenu et accompagné avec amour et patience durant ces trois longues années de sacrifices et de présence familiale réduite. Leur compréhension et leur affection ont été mon plus grand réconfort.

Je remercie mon père, ainsi que tous mes frères et sœurs, pour leurs conseils, leurs soutiens indéfectibles et leur accompagnement constant tout au long de ce parcours.

Ma gratitude également à l'ensemble du corps enseignant de l'Institut 2iE pour la qualité de la formation reçue et l'excellence de l'encadrement pédagogique.

Je n'oublie pas mes camarades de classe, particulièrement ceux issus du milieu professionnel, dont les échanges et le partage d'expériences ont rendu cette aventure académique particulièrement enrichissante.

Enfin, je pense à toutes les personnes que j'aurais pu omettre de citer, mais qui ont, de manière directe ou indirecte, contribué à la réalisation de ce travail.

Merci à vous tous.

RÉSUMÉ

La problématique des pneus usés à Ouagadougou, où le nombre de véhicules et les importations de pneus d'occasion sont nombreuses, est une question environnementale et économique importante. La gestion informelle de ces déchets pneumatiques entraîne des conséquences néfastes sur la santé publique et l'environnement. La présente étude vise à évaluer la viabilité technique, environnementale et économique d'une unité de rechapage. L'approche méthodologie intègre des enquêtes terrain (impliquant 100 propriétaires, 25 vulcanisateurs et 15 importateurs/revendeurs), la caractérisation d'un échantillon de 160 pneus, l'analyse des données institutionnelles, une comparaison des technologiques, une Analyse du Cycle de Vie (ACV) ainsi qu'une étude technique et financière basée sur le pneu poids lourd 295/80 R22.5, qui est la référence sur le marché local. Les résultats montrent une production annuelle de 1,54 millions de pneus usés (2023), avec une projection à 2,64 millions pour 2030. Le rechapage à froid est la technologie la plus adaptée, compte tenu de sa faible consommation énergétique, sa flexibilité et adapté aux PME. L'investissement initial de 69,6 millions FCFA permet une capacité de 7 200 à 10 800 pneus/an. Avec un coût unitaire de 34 539 FCFA et un prix de vente de 39 719 FCFA, la rentabilité est avérée avec un seuil à 9 092 pneus, TRI de 24%, ROI de 158% en année 6. L'ACV montre un gain significatif en termes des impacts environnementaux pour le rechapage à froid par rapport à celui à chaud. Cependant, le nombre limité des carcasses rechapables (13% PL, 10% VL) constitue le principal défi. Le succès dépendra de la mise en place d'un système permanent d'approvisionnement en carcasses de qualité et d'une stratégie de communication pour minimiser les risques de doutes sur les pneus rechapés, tout en valorisant leur qualité et fiabilité. Le projet offre néanmoins un potentiel significatif en termes de création d'emplois, d'économies pour les usagers et de valorisation circulaire des déchets.

Mots clés :

1- Rechapage ;
2- Pneus usagés ;
3- Étude de faisabilité ;
4- Ouagadougou ;
5- Économie circulaire.

ABSTRACT

The problem of used tyres in Ouagadougou, where the number of vehicles and imports of used tyres are numerous, is an important environmental and economic issue. The informal management of this tyre waste has harmful consequences for public health and the environment. The purpose of this study is to assess the technical, environmental and economic viability of a retreading unit. The methodological approach includes field surveys (involving 100 owners, 25 vulcanizers and 15 importers/dealers), the characterization of a sample of 160 tires, the analysis of institutional data, a comparison of technologies, a Life Cycle Assessment (LCA) as well as a technical and financial study based on the 295/80 R22.5 truck tire, which is the reference on the local market. The results show an annual production of 1.54 million used tires (2023), with a projection of 2.64 million for 2030. Cold retreading is the most suitable technology, given its low energy consumption, flexibility and suitable for SMEs. The initial investment of 69.6 million CFA francs allows for a capacity of 7,200 to 10,800 tires/year. With a unit cost of 34,539 CFA francs and a selling price of 39,719 CFA francs, profitability is proven with a threshold of 9,092 tires, IRR of 24%, ROI of 158% in year 6. LCA shows a significant gain in terms of environmental impacts for cold retreading compared to hot retreading. However, the limited number of retreadable casings (13% HGV, 10% LCV) is the main challenge. Success will depend on the implementation of a permanent supply system for quality casings and a communication strategy to minimize the risk of doubts about retreaded tires, while enhancing their quality and reliability. The project nevertheless offers significant potential in terms of job creation, savings for users and circular waste recovery.

Keywords :

1- Retreading ;
2- Used tires ;
3- Feasibility study ;
4- Ouagadougou ;
5- Circular economy.

LISTE DES ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES

ACV : Analyse du Cycle de Vie

ADEME : Agence de la transition écologique

AEP : Adduction d'Eau Potable

ANEVE : Agence Nationale des Evaluations Environnementales

CA : Chiffre d'affaires

CTVD : Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets

DGD : Direction Générale des Douanes

DGPE : Direction Générale de la Protection de l'Environnement

DGTTM : Direction Générale des Transports Terrestres et Maritimes

DN : Diamètre Nominal

DSPH : Direction de la Salubrité Publique et de l'Hygiène

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

EIES : Étude d'Impact Environnemental et Social

EPA : Environmental Protection Agency (Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis)

EPI : Équipements de Protection Individuelle

ETRTO : European Tyre and Rim Technical Organisation (Organisation technique européenne du pneu et de la jante)

GEF : Global Environment Facility (Fonds pour l'Environnement Mondial)

GIZ : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

GWP : Global Warming Potential (Potentiel de Réchauffement Global)

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat)

LCA : Life Cycle Assessment (Analyse du Cycle de Vie)

MCVu : Marge sur coût variable unitaire

ODD : Objectifs de Développement Durable

PL : Poids Lourd

PME : Petites et Moyennes Entreprises

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PPP : partenariats public-privé

PRU : Prix de Revient Unitaire

PU : Pneus Usagés

PUR : Pneus Usagés Réutilisables

PUNR : Pneus Usagés Non Réutilisables

RE : Résultat d'Exploitation

RGPH : Recensement Générale de la Population

RN : Résultat Net

ROI : Retour sur investissement

RSE : Responsabilité Sociétale des Entreprises

SOTRACO : Société de Transport en Commun

SWOT : Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

TRACI : Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts

TRI : Taux de Rentabilité Interne

UE : Union Européenne

UNIDO : United Nations Industrial Development Organization (Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel)

VL : Véhicule Légers

SOMMAIRE

Table des matières

DÉDICACE i
REMERCIEMENTS ii
RÉSUMÉ iii
ABSTRACT iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES v
SOMMAIRE vii
LISTE DES TABLEAUX ix
LISTE DES ANNEXES x
LISTE DES FIGURES x
I INTRODUCTION 1
II PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE 2
II.1 Présentation de la Direction de la Salubrité Publique et de l'Hygiène (DSPH) 2
II.2 Présentation de la commune de Ouagadougou 2
III GENERALITE SUR LES DECHETS PNEUMATIQUES 4
III.1 Classification des pneus usagés et aptitude au rechapage 5
III.1.1 Les pneus usagés réutilisables (PUR) 5
III.1.2 Les pneus usagés non réutilisables (PUNRs) 5
III.2 Description des pneus 6
III.2.1 Identification des pneus 6
III.2.2 Composants d'un pneumatique 6
III.2.3 Composition d'un pneu 7
IV PRESENTATION DU PROJET 8
IV.1 Contexte général 8
IV.2 Justification 9
IV.3 Diagnostic 9
IV.3.1 Évolution du parc de véhicules au Burkina Faso 9
IV.3.2 Analyse du gisement 12
IV.4 Durée de vie des pneumatiques et intérêt du rechapage 19
IV.5 Prix moyens des pneumatiques selon le type et la catégorie de véhicule 21
IV.6 Implication des vulcanisateurs dans la chaîne du rechapage 22

IV.7 Gestion actuelle des pneus usagés 22
IV.8 Description des étapes de la technologie du rechapage 26
IV.8.1 Contrôle des carcasses 26
IV.8.2 La préparation des carcasses 26
IV.8.3 Le rechapage et la vulcanisation 27
IV.8.4 Finition et contrôle 29
IV.8.5 Analyse comparative des procédés de rechapage 29
IV.8.6 Conclusion du diagnostic 31
V ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV) 32
V.1 Objectifs 32
V.2 Unité fonctionnelle 32
V.3 Frontières du système 33
V.4 Inventaire du Cycle de Vie 33
V.5 Résultats et analyse comparative 34
V.5.1 Résultats 34
V.5.2 Interprétation 34
VI FORCES, FAIBLESSES, OPPORTUNITES, MENACES DE L'ACTIVITE DU RECHAPAGE DES PNEUS AU BURKINA FASO 35
VII METHODOLOGIE DE L'ETUDE 39
VII.1 Approche générale et techniques de collecte de données 39
VII.1.1 Approche générale 39
VII.1.2 Collecte de données secondaires 39
VII.1.3 Collecte de données primaires 40
VII.2 Outils et techniques d'enquête 40
VII.3 Traitement et analyse des données 41
VII.3.1 Procédure d'estimation des pneus en circulation selon les catégories 41
VII.3.2 Procédure de détermination du gisement de pneumatique usagé 41
VII.4 Analyse du cycle de vie 42
VII.5 Limites de l'étude 43
VIII ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE 44
VIII.1 Sélection des carcasses aptes au rechapage 44
VIII.2 Processus de rechapage 47
VIII.3 Description des équipements 49

VIII.4 Implantation et aménagement de l'atelier 50
VIII.5 Ressources humaines 52
VIII.6 Besoins en eau et en énergie 52
VIII.6.1 Besoins en énergie 52
VIII.6.2 Besoins en eau 54
IX ÉTUDE DE FAISABILITE FINANCIERE 55
IX.1 Coûts du projet 55
IX.1.1 Coûts d'investissement initiaux 55
IX.1.2 Coûts d'exploitation 57
IX.1.3 Calcul du Prix de Revient Unitaire (PRU) 58
IX.2 Analyse de la rentabilité et de la viabilité 59
IX.2.1 Compte de résultat prévisionnel 59
IX.2.2 Indicateurs de rentabilité 60
IX.2.3 Analyse de sensibilité 60
X CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 61
BIBLIOGRAPHIE 64
ANNEXES xii

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition générale des pneus tourisme et poids lourd (en %) (SADAKA 2010) 8
Tableau 2 : Pneumatiques en circulation 14
Tableau 3 : Production annuelle de pneus usagés en 2023 15
Tableau 4 : Projection de production annuelle de pneus usagés en 2030 15
Tableau 5 : Caractérisation de pneumatiques usagés auprès des vulcanisateurs 17
Tableau 6 : Intervalles de coûts des pneumatiques sur le marché 21
Tableau 7 : Niveau de connaissance et d'acceptation du rechapage par les vulcanisateurs 22
Tableau 8 : Comparaison des procédés de rechapage(MARTINON 1992) 31
Tableau 9 : Analyse SWOT du rechapage des pneus au Burkina Faso 36
Tableau 10 : Tableau de référence pour déterminer le gisement de pneus usagés 41
Tableau 11 : Critères et conditions de rechapabilité des pneus(Ammar 2009) 45

Tableau 12 : Investissement 56
Tableau 13 : Compte d'exploitation annuelle an 1 58
Tableau 14 : Différenciation des pneumatiques 59
Tableau 16 : Équipements XIX
Tableau 17 : Matériaux (consommables) XXIII
Tableau 18 : Compte de Résultat Prévisionnel XXV
Tableau 19 : Prix de Revient Unitaire (PRU) XXVI
Tableau 20 : Indicateurs de rentabilité XXVI

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaires de collecte des données xii
Annexe 2 : Tableaux des équipements et consommables XIX
Annexe 3 : Tableaux de l'étude financière XXV

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Pneu tourisme (Les professionnels du pneus 2004) 6
Figure 2 : Vue en coupe des composants d'un pneu(MICHELIN 2016) 7
Figure 3 : Immatriculations enregistrées en 2023 **Figure 4 : Historique des immatriculations de 2014 à 2023** 11
Figure 5 : Type de pneumatiques importés entre 2015 et 2024 **Figure 6 : Importations de pneumatiques de 2015 à 2024** 13
Figure 7 : Habitudes d'utilisation de pneus 16
Figure 8 : Estimation du volume de pneus changés par an dans les ateliers de vulcanisation 18
Figure 9 : **Potentiel de pneumatiques usagés rechapables issus des vulcanisateurs** 19
Figure 10 : Potentiel de pneumatiques usagés rechapables à Ouagadougou 19
Figure 11 : Durée de vie moyenne (km) 20
Figure 12 : Motivation de choix d'achat pneus d'occasion 21
Figure 13 : Résultats comparatifs de l'ACV 34
Figure 14 : Résumé des étapes du procédé de rechapage à froid(VIPAL 2021) 48
Figure 15 : schéma simplifié d'organisation d'un atelier de rechapage 51

I INTRODUCTION

La gestion des déchets usagés est un enjeu d'ordre environnemental et économique critique pour les grandes villes africaines, dont Ouagadougou, face à l'expansion urbaine et la croissance du parc automobile. Plusieurs centaines de milliers de pneus usagés sont générés chaque année dans la capitale Burkinabè, souvent abandonnés dans la nature, entassés de façon désorganisée ou brûlés à l'air libre, aggravant probablement la pollution de l'atmosphère et des sols(Amadou 2015).

Face à ce constat, le rechapage de pneus peut-être une des solutions alternatives. Cette pratique, qui permet de remplacer la bande de roulement tout en réutilisant la carcasse, offre plusieurs avantages en allongent la durée de vie des pneus, en réduisant la quantité des déchets pneumatiques, en contribuant à l'économie de ressources naturelles (caoutchouc, pétrole) et constitut une alternative abordable face au coût élevé des pneus neufs(Aimon et Panier 2014).

Cependant, cette méthode demeure encore peu ou pas développée au Burkina Faso, ce qui suscite de nombreuses questions concernant sa faisabilité technique, sa viabilité économique et son acceptabilité environnementale dans le cadre local.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer la faisabilité technique, économique et environnementale de la mise en place d'une unité de rechapage à Ouagadougou, dans le but de proposer une solution durable de valorisation des pneus usagés.

Plus spécifiquement, il s'agira de :

- Conduire une étude technique pour identifier les procédés de rechapage adaptés aux conditions locales et évaluer la qualité des pneus rechapables ;
- Effectuer une étude financière détaillée, incluant la détermination du prix de revient, le compte de résultat prévisionnel, le seuil de rentabilité et les indicateurs de performance économique du projet.

II PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

II.1 Présentation de la Direction de la Salubrité Publique et de l'Hygiène (DSPH)

Créée en août 2018 à la suite de la réorganisation des services municipaux, conformément à l'arrêté n°2018-081/CO/SG du 1er août 2018, la Direction de la Salubrité Publique et de l'Hygiène (DSPH) est une structure technique de la Mairie centrale de Ouagadougou installée au 605, rue 11.12, dans les anciens locaux de la Mairie de l'arrondissement de Baskuy. Elle a pour mission principale le renforcement de la gouvernance locale en matière de gestion des déchets, d'hygiène publique et de salubrité urbaine face à la croissance rapide de la ville.

Plusieurs missions importantes sont assignées à la DSPH pour favoriser le développement harmonieux et durable de la ville. Il s'agit notamment du nettoiement, de la collecte, du transport, du traitement et de la valorisation des déchets, ainsi que de la prévention des pollutions, de l'entretien des infrastructures de drainage et de la protection de la santé publique.

Pour atteindre ses objectifs, la direction est organisée en quatre services techniques suivants :

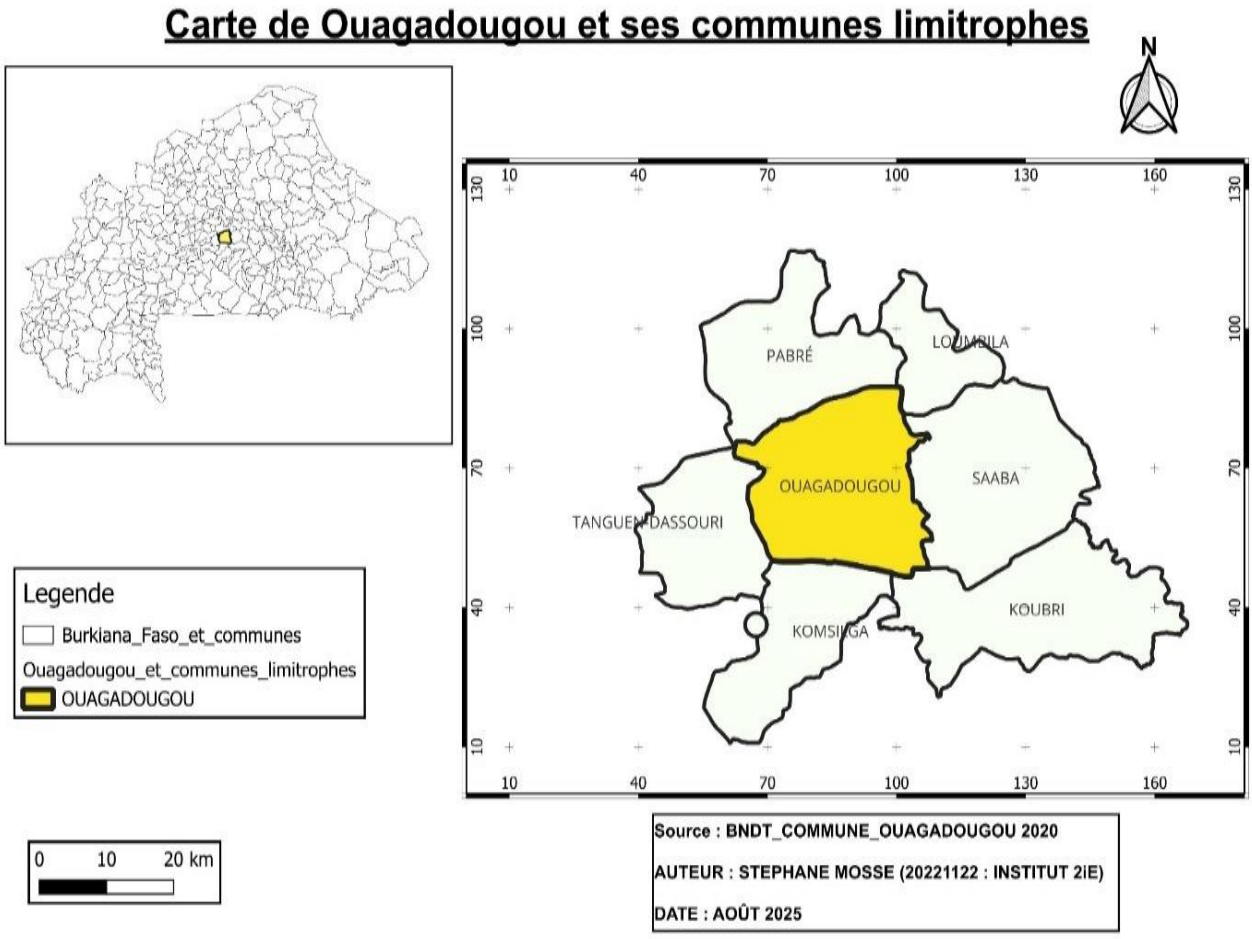
- Le service de la collecte et du tri des déchets : responsable de l'organisation et du contrôle de la collecte des ordures ménagères.
- Le service du traitement et de la valorisation des déchets : en charge de la gestion des activités liées au recyclage et à la valorisation des déchets.
- Le service de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène publique : responsable du curage des caniveaux, de l'assainissement des eaux usées domestiques et eaux usées pluviales et également de la lutte contre l'insalubrité.
- Le service de nettoyage et d'éducation environnementale : responsable du balayage des rues, du désherbage, du curage et mise en œuvre des campagnes de sensibilisation.

II.2 Présentation de la commune de Ouagadougou

La commune de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, subdivisée en douze (12) arrondissements avec cinquante-cinq (55) secteurs urbains, est le cœur administratif, démographique et économique du pays. Située dans la région du Kadiogo, elle s'étend sur une superficie de 520 km² et est délimitée à l'Est par la commune rurale de Saaba, à l'Ouest par celle de Tanghin-Dassouri, au Nord par les communes rurales de Loumbila et de Pabré, et au Sud par celles de Komsilga et de Koubri. Elle connaît un climat tropical sec avec une saison

des pluies courte et une saison sèche longue (octobre-mai), marquée par l'harmattan et des températures pouvant atteindre 40°C pendant le deuxième trimestre de l'année. Les précipitations annuelles moyennes entre 1989 et 2018 sont de 770 mm/an, ce qui rend la gestion des déchets urbains sensible aux variations climatiques.

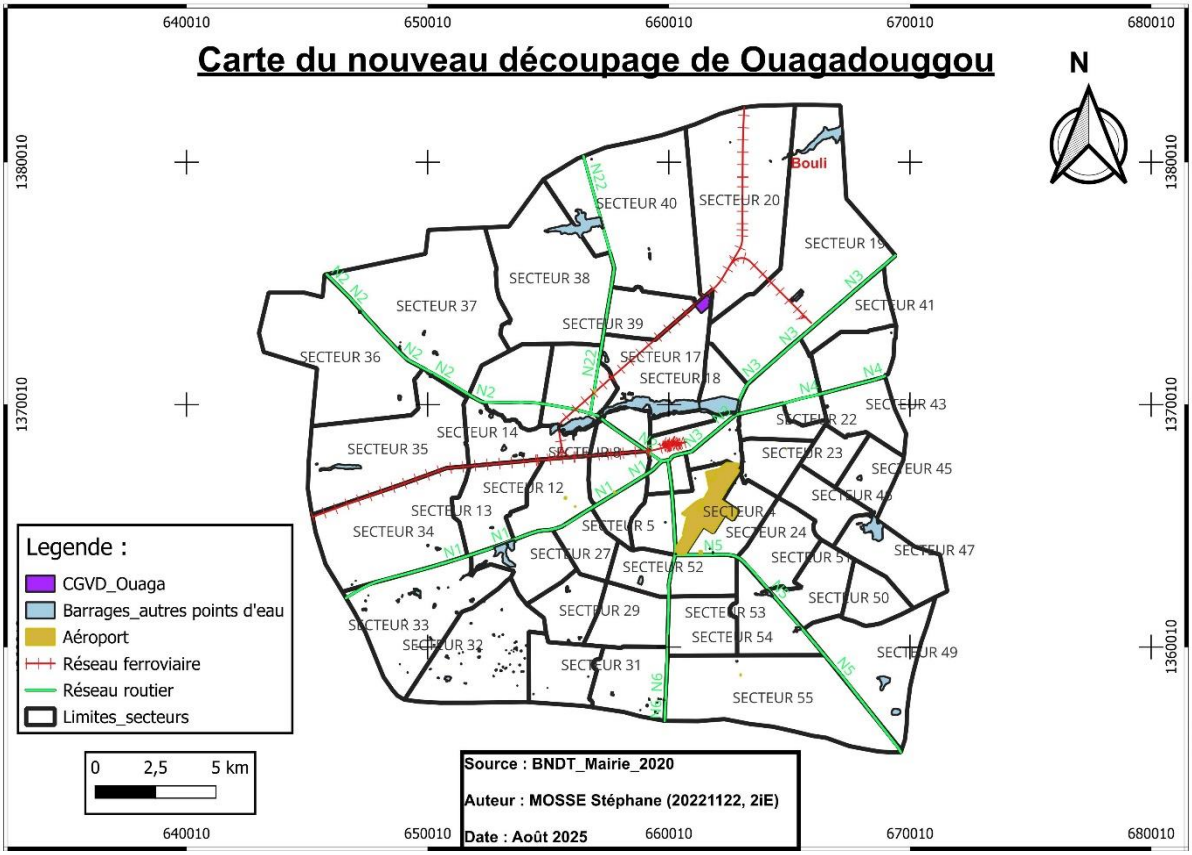
Avec une population de plus de 2,4 millions d'habitants au 5e RGPH, elle concentre près de 12% de la population nationale (RGPH 2019-Monographie de la commune de Ouagadougou). L'augmentation de la population et l'urbanisation rapide, souvent sans planification, imposent une forte pression sur les infrastructures et les services, en particulier en ce qui concerne la gestion des déchets.



***Carte 1** : Carte de la zone d'étude*

Etant le principal pôle économique du pays, Ouagadougou abrite une densité élevée d'activités administratives, commerciales, artisanales et industrielles. En raison de sa position géographique stratégique, le secteur du transport a connu un développement considérable, entraînant une forte demande en pneus. Une grande quantité de ces déchets n'est pas valorisée

ou éliminée de manière à protéger l'environnement, ce qui représente un enjeu particulièrement sensible aux aléas climatiques.



Carte 2 : Carte du découpage administratif de Ouagadougou

III GENERALITE SUR LES DECHETS PNEUMATIQUES

Selon la convention de Bâle (2011) sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, les pneus usagés sont définis comme étant des « pneus dont on élimine, que l'on a l'intention d'éliminer ou que la réglementation nationale impose d'éliminer ».

Selon les normes nationales de gestion des déchets solides au Burkina Faso, les pneus usagés sont catégorisés comme les déchets inertes et ordinaires. Cette catégorisation est en raison de leur nature non biodégradable et de la non perception de risque direct pour la santé humaine, bien que leur gestion inadéquate ou leur abandon dans la nature puisse avoir des conséquences environnementales.

III.1 Classification des pneus usagés et aptitude au rechapage

Pour une gestion optimale et durable des pneus en fin de première vie, il est essentiel d'établir une classification technique rigoureuse permettant d'orienter chaque pneu vers la filière de valorisation la plus appropriée.

III.1.1 Les pneus usagés réutilisables (PUR)

Les PURs constituent le gisement de pneus usagés, caractérisé par la préservation de l'intégrité structurelle de la carcasse et la possibilité technique de redonner une seconde vie. Ces types de pneus constituent la matière première précieuse destinée exclusivement au rechapage. Plusieurs critères techniques doivent être pris en compte pour les identifier :

- Aspect de la carcasse : pas de déformation, de coupures profondes ou d'éclatements ;
- État des flancs : pas de fissures, craquelures ou détérioration du caoutchouc ;
- Usure uniforme : profondeur de sculpture résiduelle constante (au moins 1,6 mm) ;
- Pas de signe de multiples réparations antérieures ou de réparations latérales ;
- Durée de vie adéquate : habituellement moins de 6 à 8 ans en fonction des conditions de conservation ;
- Respect des dimensions : conservation des spécifications géométriques initiales.

III.1.2 Les pneus usagés non réutilisables (PUNRs)

Les PURNs font allusions au gisement de pneus usagés qui présentent des dommages structurels non compatibles pour le rechapage, mais conservant néanmoins une valeur matière exploitable. Ces types de pneus sont à éliminer complètement de manière sécurisée ou orientés vers des filières de valorisation matière (granulats de caoutchouc, sols sportifs, …) ou de valorisation énergétique (production d'énergie thermique, …).

L'identification de ces pneus se base sur les caractéristiques techniques suivantes :

- Dégradation structurelle : déformation de la carcasse, séparation des plis, hernies ;
- Détérioration avancée : usure irrégulière excessive, cordon de carcasse apparent ;
- Altérations chimiques : durcissement ou ramollissement anormal du caoutchouc ;
- Contamination : imprégnation d'huiles, carburants ou produits chimiques ;
- Dommages mécaniques : perforations multiples, déchirures importantes ;

- Âge critique : détérioration liée au vieillissement (généralement supérieur à 10 ans).

III.2 Description des pneus

III.2.1 Identification des pneus

L'identification d'un pneu se fait à partir des informations figurantes sur le flanc du pneumatique, comme le montre la figure 1.

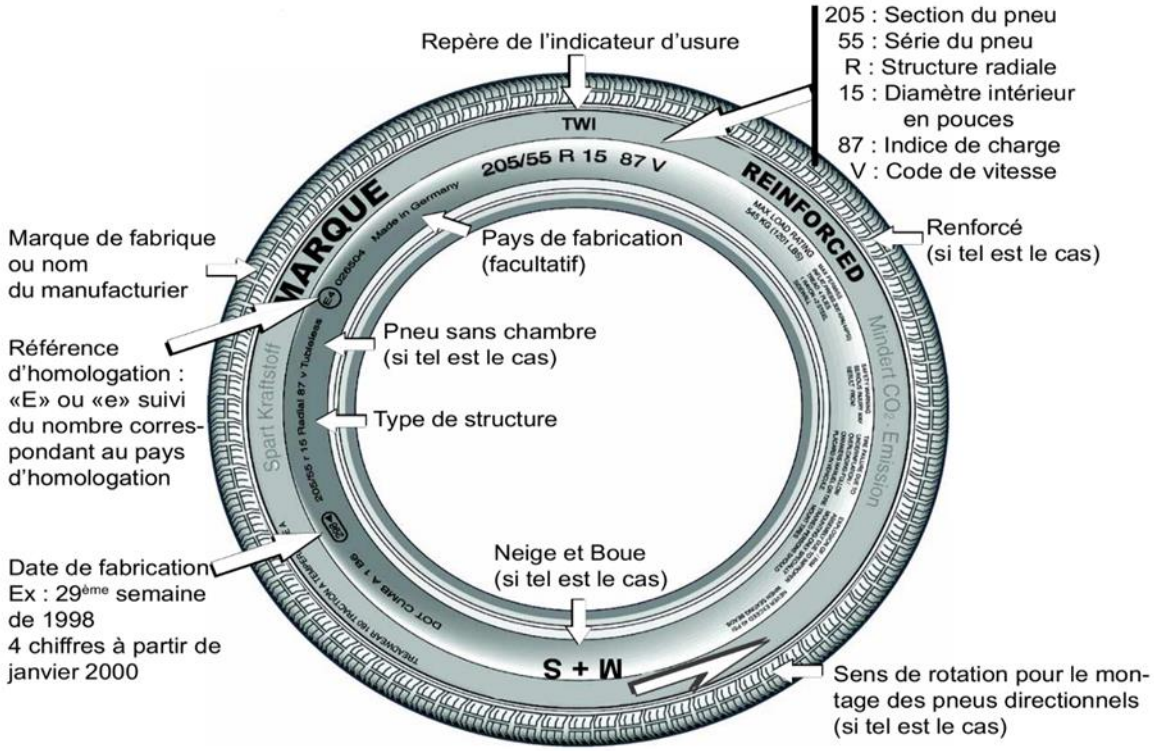


***Figure 1* : Pneu tourisme** *(Les professionnels du pneus 2004)*

III.2.2 Composants d'un pneumatique

Un pneumatique est un ensemble complexe d'éléments qui travaillent de concert pour garantir ses performances. Chaque composant a une fonction spécifique pour assurer la sécurité et la durabilité du pneu(MARTINON 1992).

- La structure : le pneu est composé d'une ossature principale formée de superpositions de couches de fils d'acier ou de textile immergé dans du caoutchouc et disposés en nappes parallèles superposées. Elle confère au pneu sa structure et sa solidité.
- Les talons : il s'agit des bords du pneu, consolidés par des fils d'acier (les tringles), qui ont pour fonction de maintenir solidement le pneumatique sur la jante.

- La bande de roulement : la surface du pneu qui entre en contact avec le sol, elle est faite d'un caoutchouc spécial résistant à l'abrasion, aux chocs, aux coupures, aux flexions répétées et au glissement, elle assure l'adhérence du véhicule, aussi bien sur routes sèches que mouillées.
- Les flancs : ce sont les parois latérales du pneumatique. Leur rôle est de protéger la carcasse des chocs et des frottements et de résister aux déformations causées par la charge et la conduite.

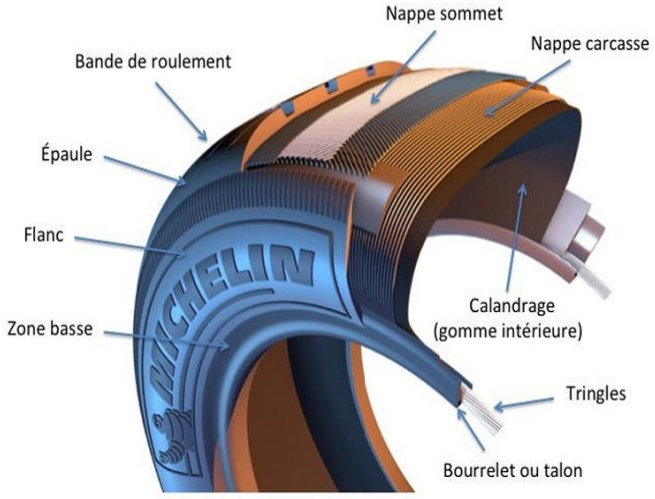


***Figure 2** : Vue en coupe des composants d'un pneu*(MICHELIN 2016)

III.2.3 Composition d'un pneu

Le caoutchouc, (voir tableau 1) est essentiel à la fabrication des pneumatiques. Outre le latex, base du caoutchouc naturel, les caoutchoucs synthétiques, issus du pétrole, améliorent leurs performances. Les pneus sont renforcés par des armatures métalliques pour optimiser leur efficacité et par des fibres textiles pour réduire leur poids tout en préservant leur durabilité. Les caoutchoucs, qu'ils soient naturels ou synthétiques, sont combinés à des huiles et des charges comme le noir de carbone ou la silice, qui accroissent la résistance à l'usure. Ce mélange est ensuite vulcanisé avec du soufre et d'autres adjuvants pour être préparé à l'utilisation (NDRIANOME 2021).

***Tableau 1** : Composition générale des pneus tourisme et poids lourd (en %) (SADAKA 2010)*

Matériau / élément	VL (%)	PL (%)
Caoutchouc/élastomères	45	42
Noir de carbone et silice	23	24
Métaux	16	25
Textile	6	6
Oxyde de zinc	1	2
Soufre	1	1
Additifs	8	8

IV PRESENTATION DU PROJET

IV.1 Contexte général

La gestion des déchets pneumatiques constitue un défi environnemental majeur à l'échelle mondiale. On estimait en 2016 qu'environ 17 millions de tonnes de pneus usagés sont produites chaque année dans le monde(ROTH International 2016). Cette accumulation pose des risques écologiques graves (pollution des sols, incendies, propagation de maladies).

Le Burkina Faso connait une expansion de son parc automobile d'environ 5% par an, selon les données de la DGTTM 2023, associée à une prédominance du transport routier et surtout avec une importation massive de pneus d'occasion qui constituent plus de 40% du marché national selon données 2024 de la DGD. Ces pneus d'occasion, souvent en fin de vie ou de faible qualité, arrivent à Ouagadougou après avoir été utilisés sous des climats et conditions routières différentes, réduisant considérablement leur potentiel de durabilité. À Ouagadougou, on estimait en 2015 à plus de 600 milles le nombre de pneus usagés annuellement mis au rebut dont seulement 13,78% sont stockés au CTVD et moins de 6% recyclés(Amadou 2015). Le reste des pneus usagés étant abandonné dans la nature sans aucun traitement ou brûlés à ciel ouvert, entraînant une pollution atmosphérique toxique (émission de dioxines et métaux lourds) et des risques sanitaires pour les populations.

Paradoxalement, le pays importe prêt de 15% de pneus rechapés par an selon les données de la DGD 2024, dont la technologie constitut une filière éprouvée dans de nombreux pays comme alternative durable, alors qu'aucune entreprise structurée de rechapage n'existe localement,

malgré un potentiel important de pneus rechapables par an et une demande intéressante des transporteurs routiers au regard des chiffres d'importation de pneus rechapé en 2024 (plus de 15% des importants toute catégorie) selon les données de la DGD 2024.

IV.2 Justification

Cette étude se repose sur plusieurs considérations pertinences face à la problématique des déchets pneumatiques. Sur le plan environnemental, elle propose une alternative durable à l'utilisation incontrôlée de pneus d'occasion souvent inadaptés aux conditions locales, en développant une filière locale de rechapage répondant spécifiquement aux besoins du contexte Burkinabè. Le rechapage émerge comme une solution d'économie circulaire viable, permettant de prolonger la durée de vie des pneus de 30 à 50% tout en réduisant l'empreinte carbone de leur production(Faroudja 2012). Il permet de réduire la pollution liée à l'abandon ou au brûlage sauvage des pneus usés. Sur le plan économique, le rechapage constitue une opportunité pour réduire la dépendance aux importations de pneus d'occasion de qualité douteuse, puis crée une offre locale de pneus rechapés spécialement conçus pour résister aux conditions climatiques locales. Notons aussi qu'une entreprise de rechapage propose une alternative moins coûteuse que l'achat de pneus neufs en ce sens qu'un pneu rechapé peut coûter entre 30 % et 60 % moins cher qu'un pneu neuf, tout en offrant une performance et une longévité comparables(Aimon et Panier 2014). Socialement, le rechapage contribue à la sécurité routière en offrant une alternative de qualité supérieure aux pneus d'occasion importés, souvent responsables d'accidents dus à leur usure excessive ou inadaptation.

Cette étude comble également un gap dans la littérature scientifique sur la valorisation locale des pneus au Burkina Faso et cette activité pourrait favoriser le développement d'une économie circulaire en créant des emplois et en stimulant le secteur du recyclage au Burkina Faso.

IV.3 Diagnostic

IV.3.1 Évolution du parc de véhicules au Burkina Faso

L'analyse des données issues de la Direction Générale des Transports Terrestres et Maritimes (DGTTM) montrent que le parc automobile du Burkina Faso a connu une croissance soutenue au cours de la dernière décennie, traduisant un dynamisme marqué dans le secteur des transports. En 2014, le pays comptait 289 287 véhicules immatriculés, contre 586 523 véhicules en 2023, soit un doublement du parc en dix ans (plus de 102,8 %). Cette progression est en

grande partie attribuable à l'essor économique, à l'urbanisation rapide, ainsi qu'à l'augmentation des besoins en mobilité des populations et des acteurs économiques.

L'analyse par catégorie en 2023 montre une prévalence significative des voitures particulières**,** comptant plus de 64 % de l'ensemble du parc avec 2 780 746 pneus au total sur la période. Elles sont suivies par les camionnettes (10,97 % du total) et les camions (8,44 %). Bien que les véhicules spéciaux (0,04 %) et les autres types de voitures (0,09 %) constituant des portions moins significatives, leur progression indique une diversification des applications, notamment dans les domaines du bâtiment, de l'exploitation minière et des services techniques.

L'analyse des chiffres montre également qu'entre 2022 et 2023, le nombre de tracteurs routiers est passé de 37 049 à 39 382 unités, soit une progression de 6,30 % et celui des véhicules agricoles affichent la plus forte croissance passant de 240 à 476 immatriculations, attribué principalement aux programmes gouvernementaux de développement des infrastructures routières et agricoles, selon le responsable de la statistique du Ministère des Transports. Les figures 3 et 4 montrent respectivement la part des types de véhicules immatriculés en 2023 et l'évolution du nombre de véhicules de 2014 à 2023.

Ce dynamisme, tout en stimulant la croissance économique, provoque inévitablement une augmentation considérable de la quantité potentielle de pneus usagés.

Source : Données issues de la Direction Générale des Transports Terrestres et Maritimes (DGTTM)

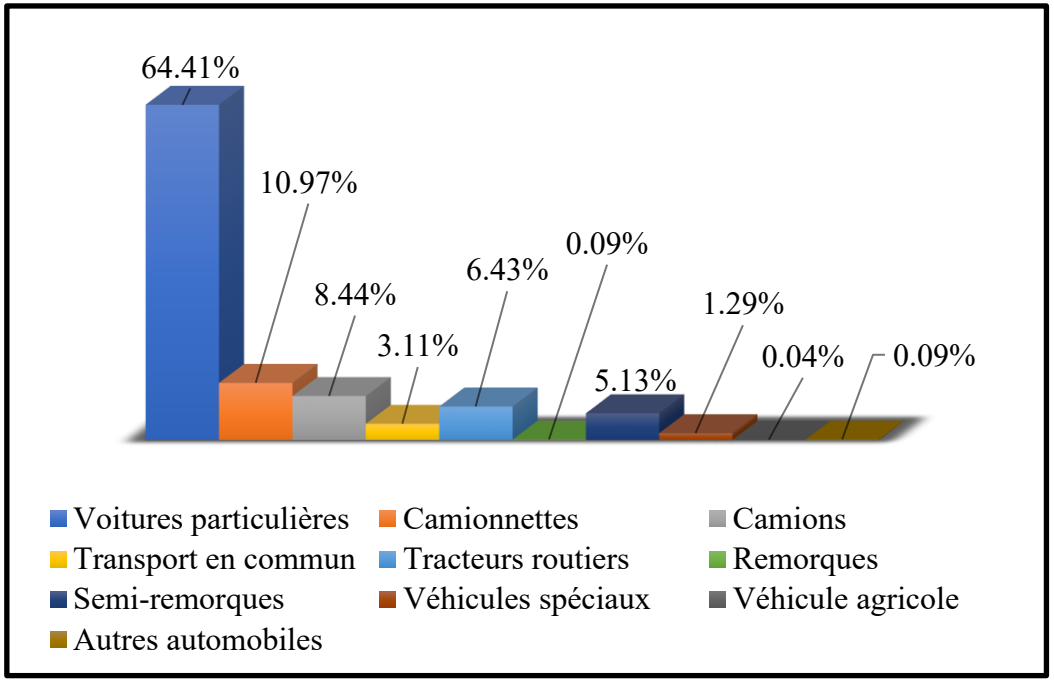


Figure 3 : Immatriculations enregistrées en 2023

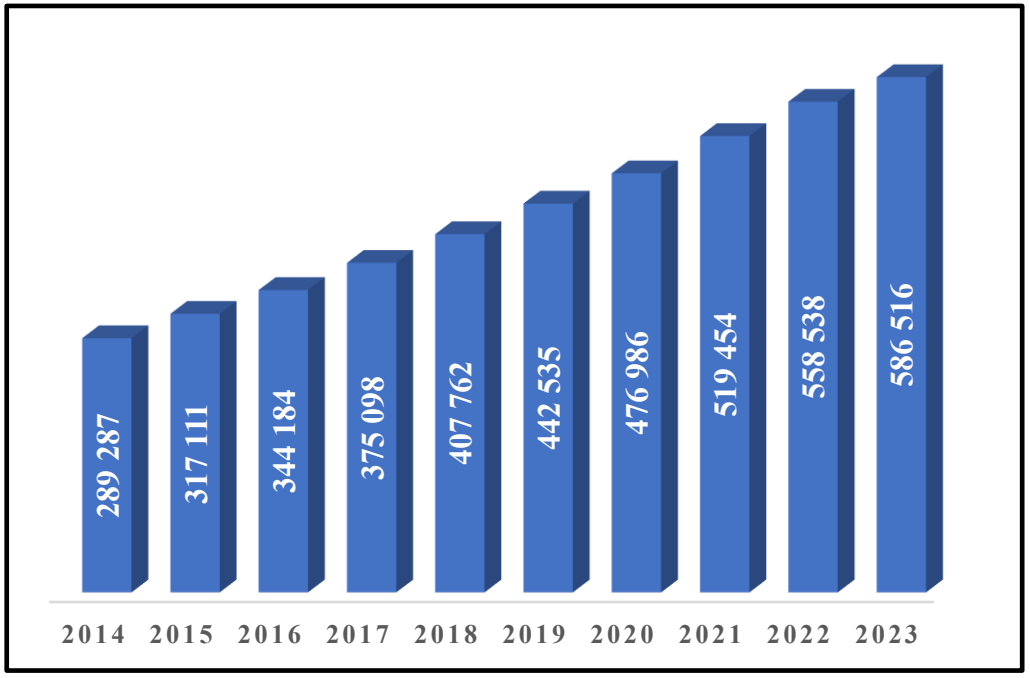


Figure 4 : Historique des immatriculations de 2014 à 2023

IV.3.2 Analyse du gisement

IV.3.2.1 Marché des pneumatiques au Burkina Faso

Les statistiques d'importation des pneumatiques au Burkina Faso entre 2015 et 2024 obtenues à la Direction Générale des Douanes (DGD), révèlent une évolution marquée par de fortes variations selon les catégories et les années. En 2023, selon ces données, on estimait le volume des importations à 1 320 899 pneus, contre 586 484 pneus pour l'année 2024. Ce qui traduit une baisse globale de 55,6%.

Les pneus neufs d'autobus ou de camions sont les plus importants, avec une hausse notable en 2024 (304 146 pneus) par rapport à 2023 (233 414 pneus), soit une augmentation de 30,3 %. Cette augmentation montre une croissante du transport routier de marchandises et de passagers. De même, les pneumatiques neufs pour voitures de tourisme ont connu une croissance de 37 %, passant de 44 075 à 60 382 unités la même période.

Cependant, l'importation de certaines catégories de pneus ont connu un net recul. Il s'agit notamment les pneus d'occasion non spécifiés, qui sont passés de 962 662 pneus en 2023 à seulement 100 651 pneus en 2024 (soit une baisse de 89,6 %). Cette baisse peut s'expliquer par une réduction des importations informelles ou un changement des habitudes des importateurs.

Pour les pneumatiques rechapés, les données montrent une augmentation significative pour la catégorie de pneus non spécifiés dont le nombre est passé de 14 945 à 62 207 unités de 2023 à 2024. Ce qui traduit un regain d'intérêt pour cette filière. En revanche, les rechapés pour voitures de tourisme ont diminué de 20 552 à 13 108 unités (soit une baisse de 36,2 %).

De façon générale, ces tendances révèlent que le marché des pneus est en pleine mutation au Burkina Faso, avec une montée en puissance de certains catégories (notamment les poids lourds et les rechapés non spécifiés), tandis que d'autres, comme les pneus usagés non spécifiés, reculent fortement. Cette évolution a un impact direct sur le gisement de pneus usagés disponible.

Source : Données issues de la Direction Générale des Douanes (DGD)

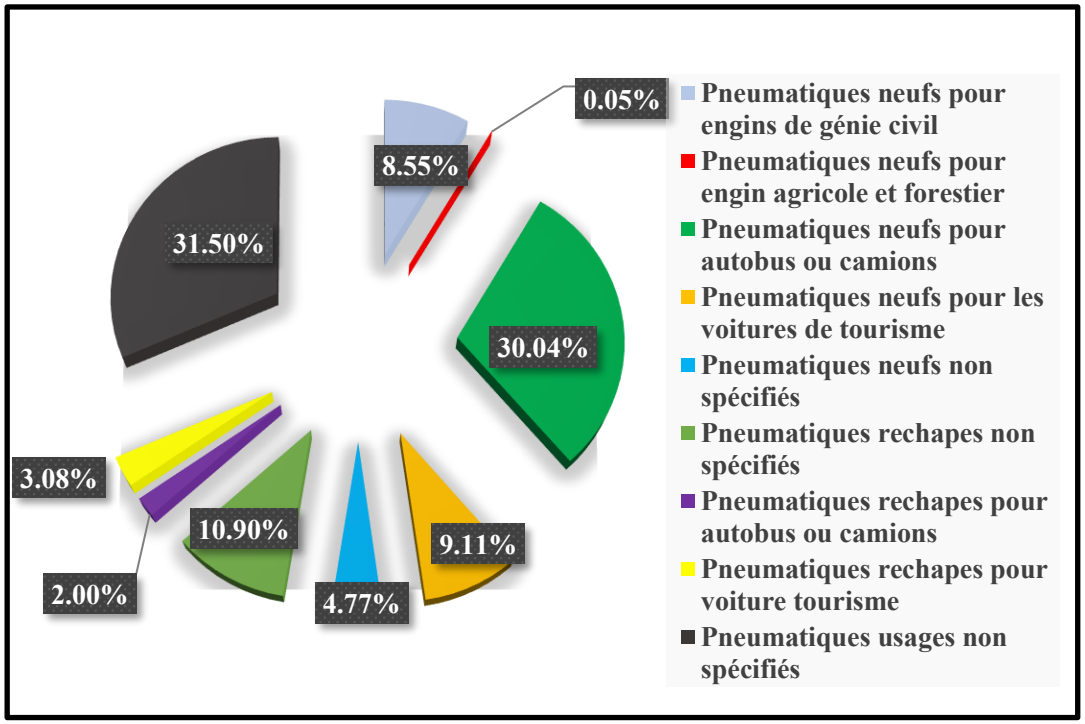


Figure 5 : Type de pneumatiques importés entre 2015 et 2024

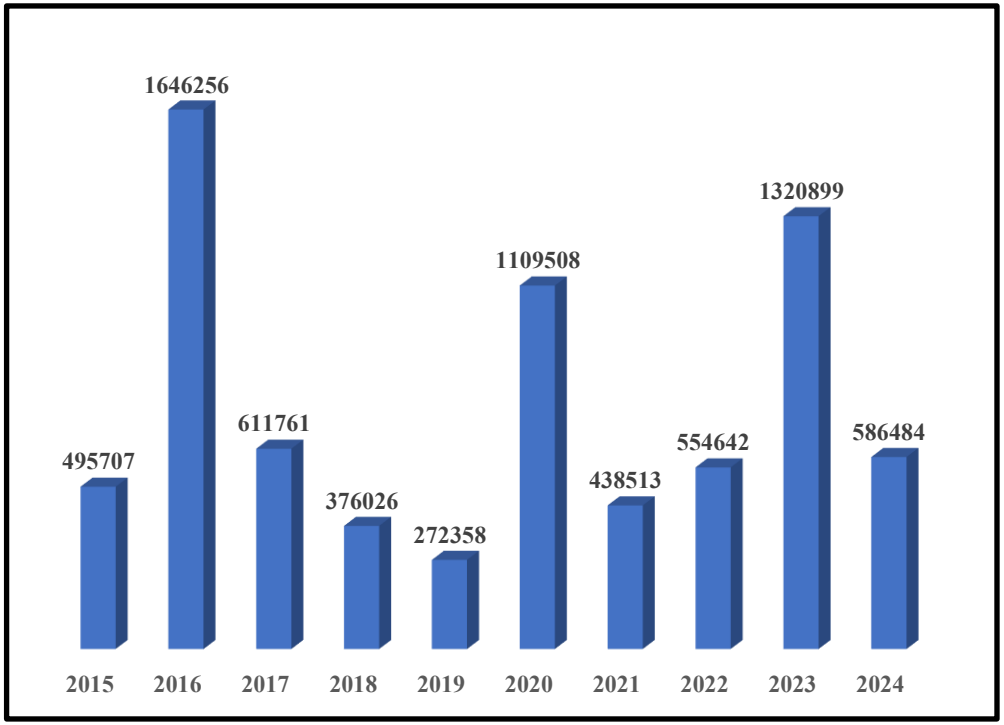


Figure 6 : Importations de pneumatiques de 2015 à 2024

IV.3.2.2 Pneus en circulation selon les catégories

Pour estimer la quantité de pneus en circulation, nous avons regroupé les véhicules en trois catégories, à savoir les véhicules légers (VL), les véhicules poids lourds (PL) et autres véhicules. Le calcul s'appuie sur les données de la Direction Générale des Transports Terrestres et Maritimes (DGTMT) pour l'année 2023 et sur la méthode décrite en méthodologie, qui consiste à multiplier le nombre de véhicules par la moyenne de pneus par catégorie (4 pneus pour les VL, 8 pour les PL et 2 pour les autres).

Nous avons ensuite réalisé une projection à l'horizon 2030 afin d'obtenir une vision prospective de l'évolution du parc de pneumatiques et de quantifier le gisement potentiel de pneus usagés dans les années à venir. La projection a été faite en appliquant le taux moyen de croissance annuelle du parc automobile obtenu de 2014 à 2023 (8,2 % pour les VL, 8 % pour les PL et 4,3 % pour les autres véhicules). Le tableau 2 présente la situation de référence pour l'année 2023 et la projection à 2030.

***Tableau 2** : Pneumatiques en circulation*

Type de véhicules	Véhicules immatriculés	Nombre moyen de pneus par véhicule	Estimation de pneus en circulation	% pneus en circulation
Estimation de pneumatiques en circulation en 2023				
Véhicules PL	142 216	8	1 137 728	39,037%
Véhicules VL	444 087	4	1 776 348	60,949%
Autres	213	2	426	0,015%
Total	**586 516**	**14**	**2 914 502**	**100%**
Projection du nombre de pneumatiques en circulation en 2030				
Véhicules PL	243 320	8	1 946 560	38,97%
Véhicules VL	761 796	4	3 047 184	61,01%
Autres	357	2	714	0,01%
Total	**1 005 473**	**14**	**4 994 458**	**100%**

IV.3.2.3 Estimation de la production annuelle actuelle et future de pneus usagés

Les pneus usagés proviennent principalement du remplacement régulier des pneumatiques sur les véhicules en circulation, mais peuvent également provenir de véhicules accidentés ou de pneus endommagés par le mauvais état des routes. Sur la base des formules définies dans la méthodologie, le gisement annuel de pneus usagés à Ouagadougou pour l'année 2023 est estimé à 1 540 682 unités, dont 514 687 pneus issus des PL et 1 025 995 des VL (tableau 3).

***Tableau 3** : Production annuelle de pneus usagés en 2023*

Type de véhicules	Pneus usagés produits
PL	514 687
VL	1 025 995
Total	**1 540 682**

La projection à l'horizon 2030 de pneumatiques en circulation à travers ces mêmes formules de calcul du gisement annuel de pneus usagés définies dans la méthodologie, permet d'estimer une hausse significative du gisement, atteignant 2 640 599 pneus usagés par an, soit 880 587 produits par les PL et 1 760 012 par les VL (tableau 4).

La production particulièrement élevée de pneus usagés s'explique par plusieurs facteurs. La majorité des usagers (plus de 70 % selon notre enquête) utilisent des pneus d'occasion, déjà entamés dans leur durée de vie utile, ce qui entraîne un remplacement plus fréquent. À cela s'ajoute l'état souvent dégradé des routes, la surcharge des véhicules et le manque d'entretien préventif des pneus qui accélèrent considérablement l'usure des pneus.

Ainsi, l'association de ces facteurs crée un cycle de renouvellement accéléré des pneumatiques. Ce qui explique l'importance du gisement de pneus usagés, nécessitant d'explorer des solutions de valorisation.

***Tableau 4** : Projection de production annuelle de pneus usagés en 2030*

Type de véhicules	Pneus usagés produits
PL	880 587
VL	1 760 012
Total	**2 640 599**

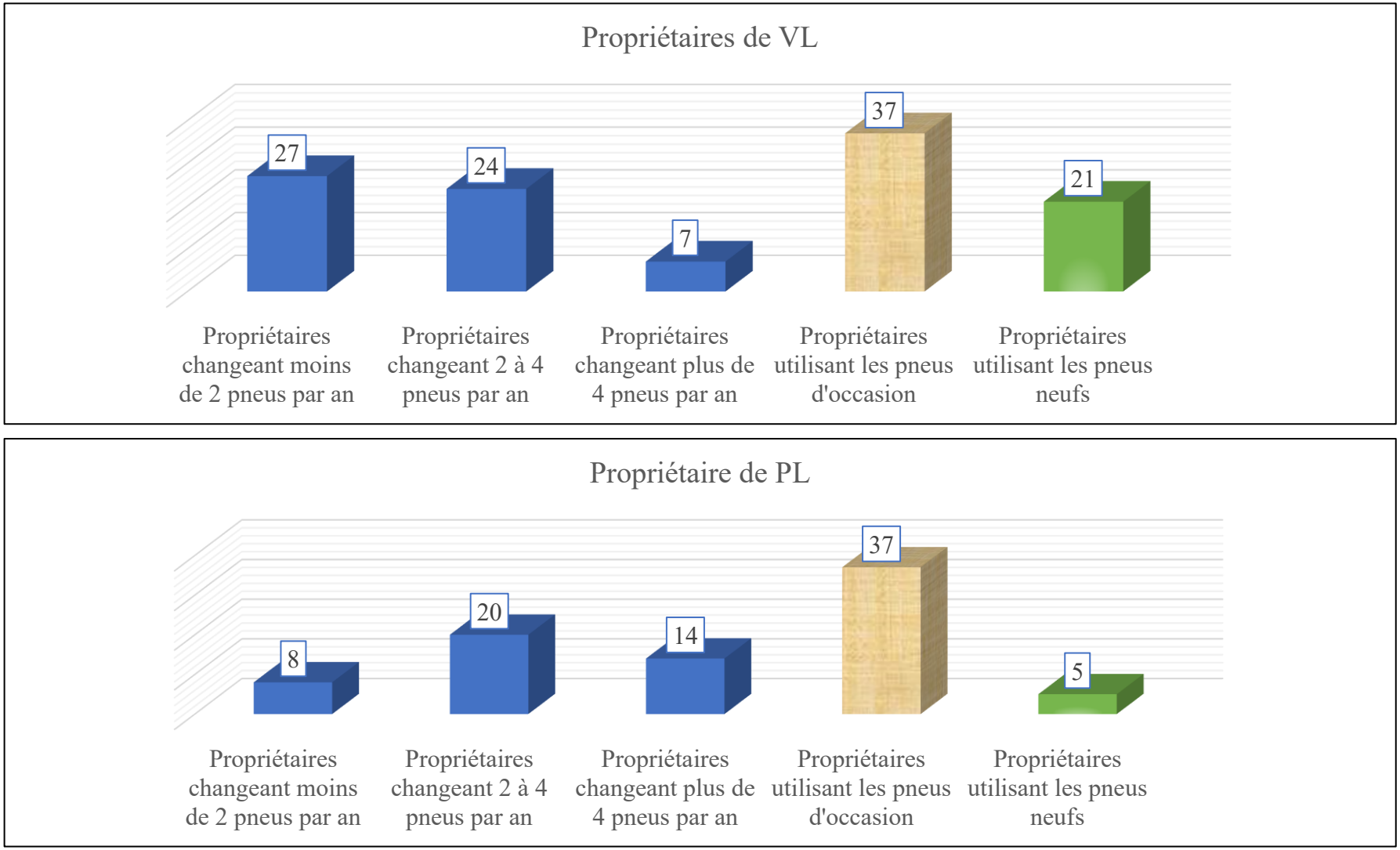


***Figure 7* : Habitudes d'utilisation de pneus**

IV.3.2.4 Potentiel de pneumatiques usagés rechapables

Dans le contexte du Burkina Faso, le pourcentage exact de pneumatiques rechapables est difficile à déterminer avec précision en raison du marché très hétérogène incluant des pneus neufs de bonne marque, des pneus d'occasion et beaucoup de pneus de marques « budget » et surtout le manque de données locales précises.

Afin de pallier cette absence de données, nous avons combiné plusieurs sources.

Les résultats de notre enquête terrain menée auprès de 100 propriétaires de véhicules (figure 8), montrent que la majorité des utilisateurs recourent à des pneumatiques d'occasion et de marque « budget ». L'utilisation de ces pneus dont la durée de vie est faible et les conditions de route dégradées puis la maintenance irrégulière, entraînent une usure rapide, réduisant ainsi significativement leur potentiel de rechapage. De plus, notre enquête auprès des 25 vulcanisateurs, révèle que certains changent plus de 30 pneus par an, mais seuls quelques-uns parmi ces pneus remplacés sont jugés techniquement aptes au rechapage (figure 8 et figure 9). Ces résultats montrent l'existence d'un gisement de pneus rechapables mais en nombre limité.

Pour mieux qualifier le gisement de pneus usagés rechapables, nous avons procédé à la caractérisation d'un échantillon de 160 pneus usagés (80 PL et 80 VL) auprès des vulcanisateurs. Une diversité de dimensions a été rencontrée aussi bien pour les pneus PL que les pneus de VL. Parmi celles-ci, la dimension 295/80 R22.5 de PL était celle représentative. Les critères pour le rechapage comprenaient la marque (favorisant les marques reconnues pour être rechaper), l'état de détérioration du pneu et la date de production. Les résultats révèlent que seulement 23,57 % des carcasses de poids lourds et 21,62 % des véhicules légers de qualité sont aptes au rechapage, alors qu'aucun pneu « budget » ou économique ne l'est.

***Tableau 5** : Caractérisation de pneumatiques usagés auprès des vulcanisateurs*

Marque	PL			VL		
	Carcasse rechapables	Carcasse non rechapables	% carcasse rechapables	Carcasse rechapables	Carcasse non rechapables	% carcasse rechapables
Bonne	13	42	23.64%	8	29	21.62%
Budget	0	25	0.00%	0	43	0.00%
Total	**13**	**67**	**23.64%**	**8**	**72**	**21.62%**

En comparaison, les études régionales menées au Togo(Narra et al. 2024) font état de durées d'usage très courtes (environ 7,4 mois pour certains segments) et des dommages sévères compromettant l'intégrité structurelle des pneus usagés. Les données industrielles et les standards internationaux prévoient dans les marchés formalisés un taux de rechapabilité pouvant atteindre 60% à 80% pour les poids lourds selon l'ETRMA (ETRMA 2025). Cependant ce taux pourrait chuter fortement jusqu'à 20-30% dans les contextes marqués par une forte importation de pneus d'occasion et de marques « budget » ou de pneus mal entretenus comme l'indique le rapport final du recueil de technologies pour la valorisation matière/énergie des pneumatiques en fin de vie (UNEP DTIE-IETC 2016). Le contexte de Ouagadougou se rapproche de cette situation défavorable, limitant potentiellement le gisement de carcasses réutilisables pour notre unité de rechapage. Ces éléments nous ont amené à considérer une proportion de carcasses effectivement aptes au rechapage autour de 10 à 20 % pour les pneumatiques poids lourds (soit 13 % retenu) et 10 à 15 % pour les pneumatiques véhicules légers (soit 10% retenu) dans le contexte actuel de Ouagadougou.

Ces hypothèses ont été utilisées comme référence pour calculer le nombre de pneus pouvant être rechapés dans la ville (figure 10), en se basant sur la formule établie dans la méthodologie.

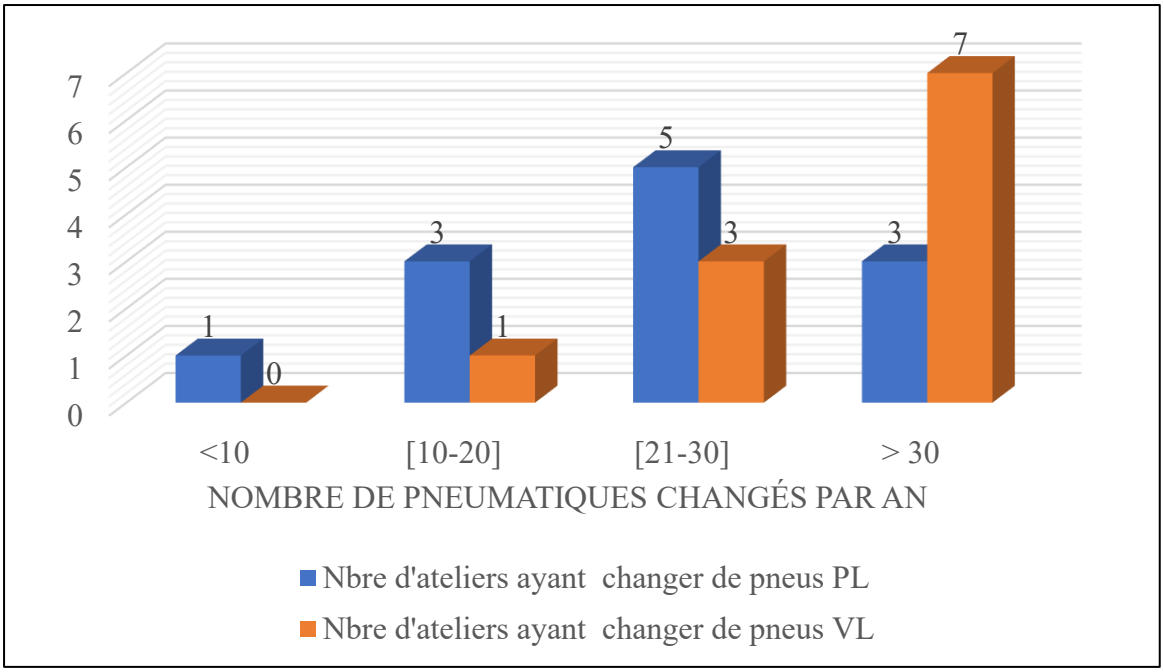


***Figure 8** : Estimation du volume de pneus changés par an dans les ateliers de vulcanisation*

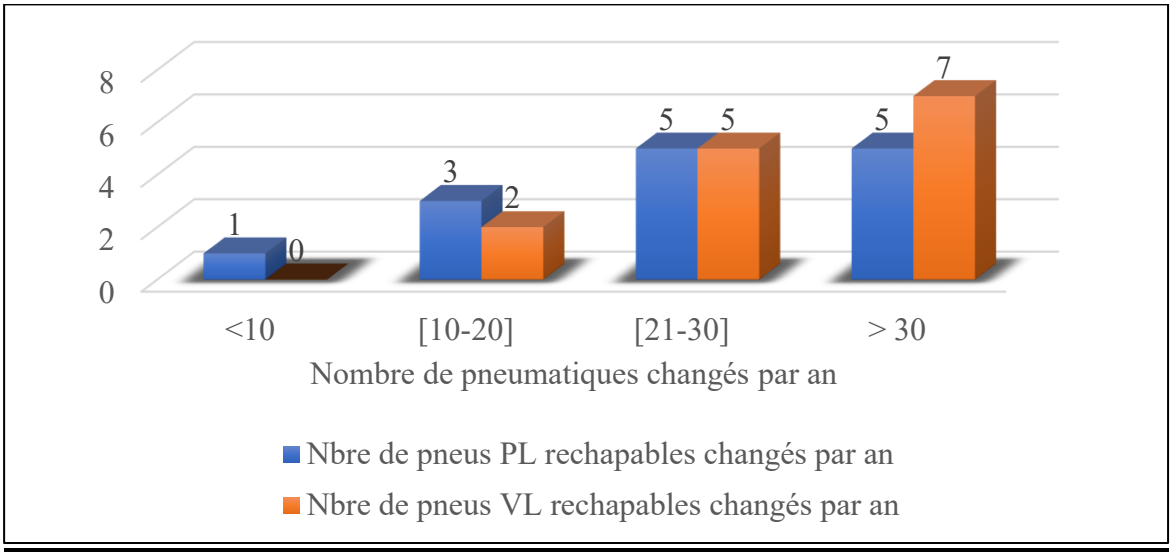


***Figure 9** : Potentiel de pneumatiques usagés rechapables issus des vulcanisateurs*

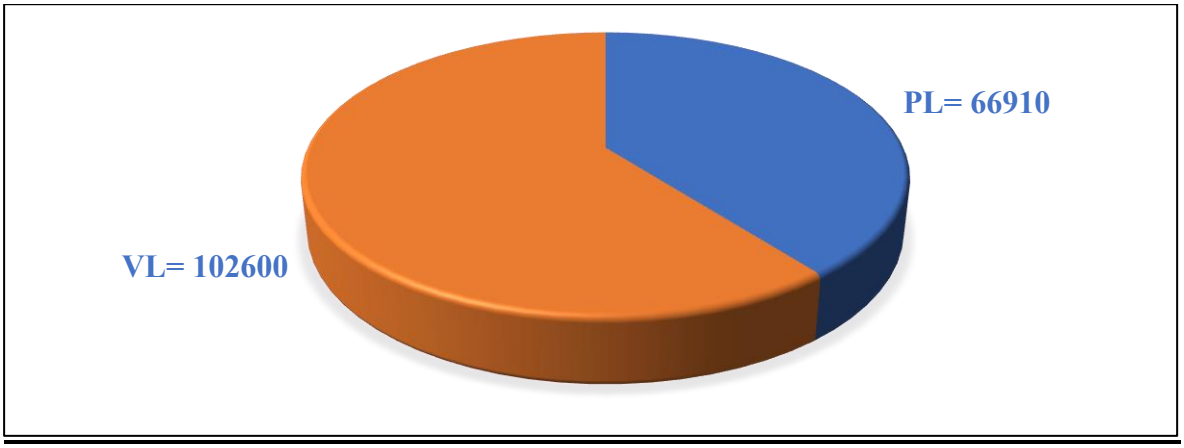


***Figure 10** : Potentiel de pneumatiques usagés rechapables à Ouagadougou*

IV.4 Durée de vie des pneumatiques et intérêt du rechapage

La longévité d'un pneumatique est principalement exprimée en autonomie kilométrique car elle varie fortement selon la qualité, l'entretien, le style de conduite et la pression de gonflage. Notre enquête réalisée à Ouagadougou auprès de revendeurs, de chauffeurs et de vulcanisateurs confirme cette variabilité et met en évidence une usure particulièrement rapide des pneus d'occasion et des modèles « budget », utilisés massivement dans la ville.

Les retours d'expérience concernant les pneus usagés sont contrastés. Alors que certains chauffeurs de poids lourds déclarent n'utiliser que des pneus neufs pour des raisons de sécurité et de performance, d'autres par contre affirment privilégier les pneus d'occasion en invoquant leur rapport coût/durée d'utilisation.

Au Ghana Eric Arthur et al.(Eric Arthur et al. 2020) rapportent une durée moyenne de 3 à 4 ans pour des pneus neufs de voitures particulières contre 1,5 à 2 ans pour des pneus usagés et seulement 0,5 à 0,75 an pour des pneus neufs de véhicules utilitaires contre 0,75 à 1 an pour des pneus usagés. Notre enquête montre des intervalles bien plus disparates, soit un remplacement en moyenne tous les 5 000 km pour les PL et tous les 7 000 km pour les VL, très en deçà des performances théoriques qui se situent entre 30 000 km pour marques « budget », jusqu'à 70 000 km pour des premium selon le Syndicat National du Caoutchouc de la France(VIPAL 2021).

Les données techniques selon Continental et GOODYEAR (Continental 2024) et (GOODYEAR 2024) indiquent qu'un pneu rechapé peut parcourir environ le même kilométrage de plus par cycle et être rechapé deux fois, atteignant ainsi 140 000 km cumulés. Cela montre l'avantage du rechapage pour prolonger la durée de vie des carcasses, réduire le coût du kilomètre parcouru et limiter la production de déchets de pneus dans un contexte burkinabè marqué par l'usage massif de pneus d'occasion et des routes exigeantes.

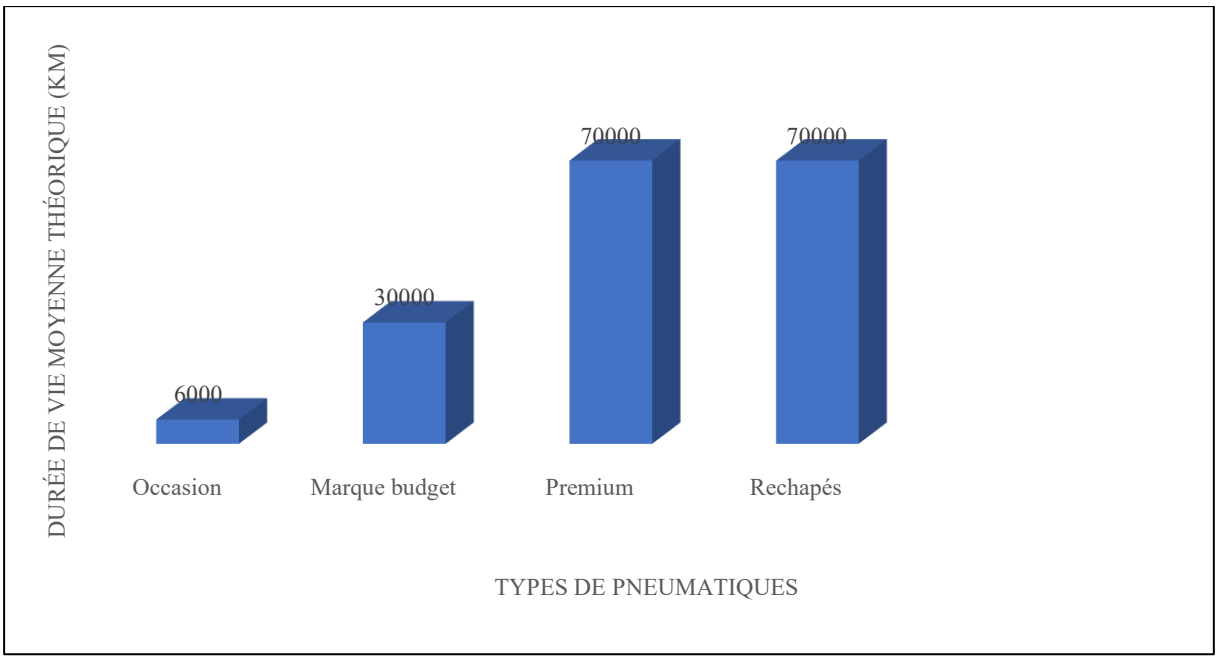


Figure 11 : Durée de vie moyenne (km)

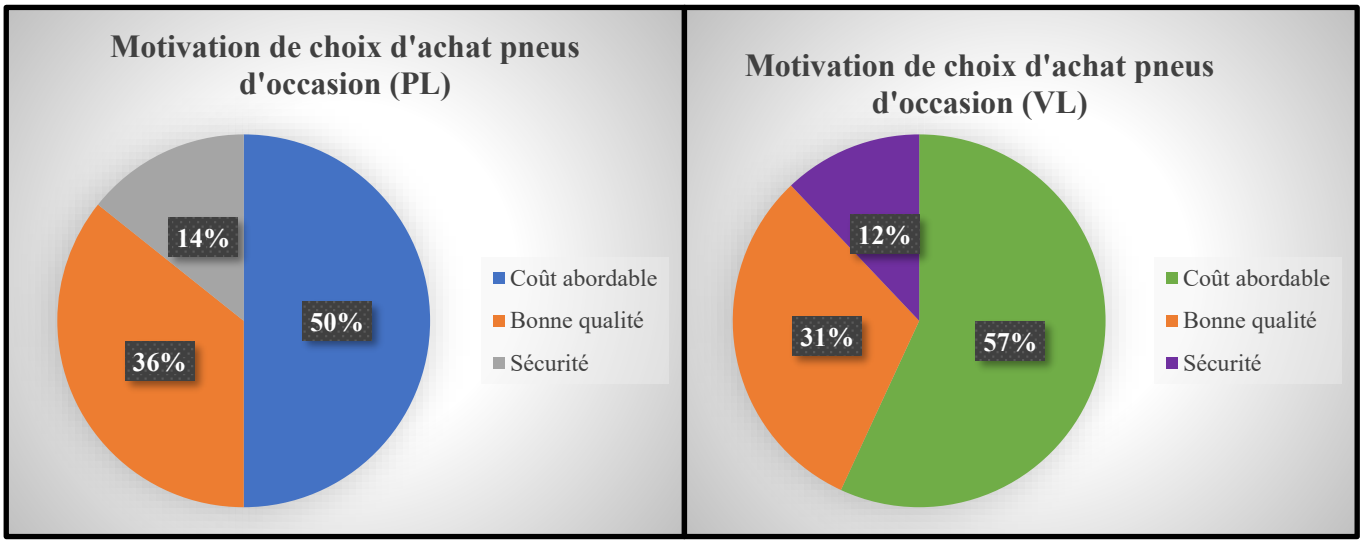


***Figure 12** : Motivation de choix d'achat pneus d'occasion*

IV.5 Prix moyens des pneumatiques selon le type et la catégorie de véhicule

Les résultats de l'enquête montrent une grande variabilité des prix des pneumatiques selon leur type (neuf, d'occasion, marque budget ou premium) et la catégorie de véhicule (VL ou PL). Les pneus d'occasion se vendent à des prix très accessibles, variant entre 8 000 et 50 000 FCFA pour les poids lourds (PL) et 5 000 à 35 000 FCFA pour les véhicules légers (VL). Les pneus neufs de marques « budget » sont vendus entre 35 000 et 150 000 FCFA pour les PL et entre 35 000 et 100 000 FCFA pour les VL. Il s'agit là des prix que proposent les acteurs du marché burkinabè dominé par les produits importés d'Asie low-cost en général. Les pneus premium, produit par des fabricants tels que Michelin, Goodyear, Continental sont fournis à un prix entre 75 000 et 250 000 FCFA pour les PL et 60 000 à 200 000 FCFA pour les VL. Ces pneus font partie de la catégorie des moins accessibles pour le grand public des usagers. Ces différences de tarifs offrent une variation importante du marché et justifient l'utilisation fréquente par les conducteurs de pneus d'occasion, souvent néfastes pour la sécurité et moins durables.

***Tableau 6** : Intervalles de coûts des pneumatiques sur le marché*

Prix pneu d'occasion PL (Fcfa)	Prix pneu d'occasion VL (Fcfa)	Prix pneu neuf marque budget PL (Fcfa)	Prix pneu neuf marque budget VL (Fcfa)	Prix pneu neuf marque premium PL (Fcfa)	Prix pneu marque premium VL (Fcfa)
8 000- 50 000	5 000-35 000	35 000-150 000	35 000-120 000	75 000-250 000	60 000-200 000

***Source** : Enquête terrain septembre 2025*

IV.6 Implication des vulcanisateurs dans la chaîne du rechapage

L'enquête révèle un taux de connaissance élevé du rechapage parmi les professionnels des vulcanisateurs interrogés. 100%, déclarent pouvoir reconnaître un pneu rechapable et 22 sur 25 se disent prêts à être des sites de revente des pneus rechapés de bonne qualité.

Quant au prix de la vente des pneus d'occasion rechapables, 15 vulcanisateurs accepteraient de vendre les carcasses à 2000FCFA, 8 à un prix variant entre 2000 et 5000FCFA et 2 à seulement plus de 5000F CFA. Au regard de ces résultats il est possible de dire que, si le projet garantit des produits fiables et un système de rachat intéressant, l'environnement est très ouvert à la valorisation par le rechapage.

***Tableau 7** : Niveau de connaissance et d'acceptation du rechapage par les vulcanisateurs*

Vulcanisateurs pouvant reconnaitre les pneus rechapables	Vulcanisateurs prêts à vendre des pneus rechapés de bonne qualité	Vulcanisateurs prêts à revendre des pneus rechapables à 2000 Fcfa	Vulcanisateurs prêts à revendre des pneus rechapables entre 2000-5000 Fcfa	Vulcanisateurs prêts à revendre des pneus rechapables à plus de 5000 Fcfa
25	22	15	8	2

***Source** : Enquête terrain septembre 2025*

IV.7 Gestion actuelle des pneus usagés

Au Burkina Faso, l'industrie du caoutchouc est peu développée et la majorité des pneus, neufs ou d'occasion, sont importés, notamment d'Europe et d'Asie. Ces pneus couvrent divers types de véhicules et leur durée de vie est souvent réduite en raison de l'état souvent avancé d'usure des pneus importés d'occasion, ainsi que des conditions de circulation locales (routes dégradées, charges lourdes, chaleur).

À Ouagadougou, la gestion des pneus en fin de vie reste majoritairement informelle et insuffisamment réglementée. En l'absence d'une filière nationale structurée de collecte, de tri et de traitement, une partie importante des pneus usagés est abandonnée dans la nature ou éliminée par incinération à ciel ouvert, pratiques générant des risques environnementaux et sanitaires majeurs. La commune tente ponctuellement des opérations de collecte, mais celles-ci restent irrégulières et ne débouchent pas sur des solutions de traitement ou de valorisation pérennes.

Néanmoins, il existe des formes de valorisation encore marginales et peu organisées. Il s'agit notamment du recyclage artisanal, qui consiste à transformer les pneus usagés en fauteuils, sandales, objets décoratifs ou équipements divers. D'autres usages émergents sont observés, tels que la transformation de pneus en poubelles, en dispositifs d'aménagement urbain (ronds-points, bordures, protections), ou encore en éléments de revêtement de sol. À l'échelle internationale et de manière très limitée localement, des voies de valorisation plus avancées existantes également, comme la transformation en granulats de caoutchouc pour gazons synthétiques ou sols sportifs, ou encore la valorisation énergétique et la production de biocarburants par pyrolyse, bien que ces technologies ne soient pas encore développées au Burkina Faso.

Selon une étude menée en 2015, environ 683 280 pneus usagés étaient générés annuellement, dont 43,54 % abandonnés dans la nature, 38,73 % incinérés dans des carrières, 13,78 % stockés au Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets (CTVD) et seulement une faible proportion valorisée de manière artisanale(Amadou 2015). Les résultats de la présente étude indiquent des volumes nettement supérieurs à ceux de 2015, traduisant une aggravation de la situation. Cette tendance s'est accentuée à partir de 2021 avec l'arrêt de la réception des pneus usagés au CTVD.

Ainsi, en l'absence actuelle de solution de stockage et en supposant le maintien des pratiques d'abandon liées, entre 400 000 et 700 000 pneus usagés pourraient se retrouver chaque année dans l'environnement urbain de Ouagadougou à l'horizon 2025. Cette situation constitue à la fois une menace environnementale et sanitaire et un important gisement de matières valorisables encore largement sous-exploités. La réglementation en vigueur, notamment la loi n°005-2013/AN relative à la gestion des déchets, ne prévoit pas de dispositif spécifique pour les pneus usagés, dont la gestion demeure encadrée uniquement par les règles générales applicables aux déchets solides, sans mécanismes dédiés de valorisation ou de responsabilité élargie des producteurs.

Les photos qui suivent illustrent quelques chemins du devenir des PU à Ouagadougou.

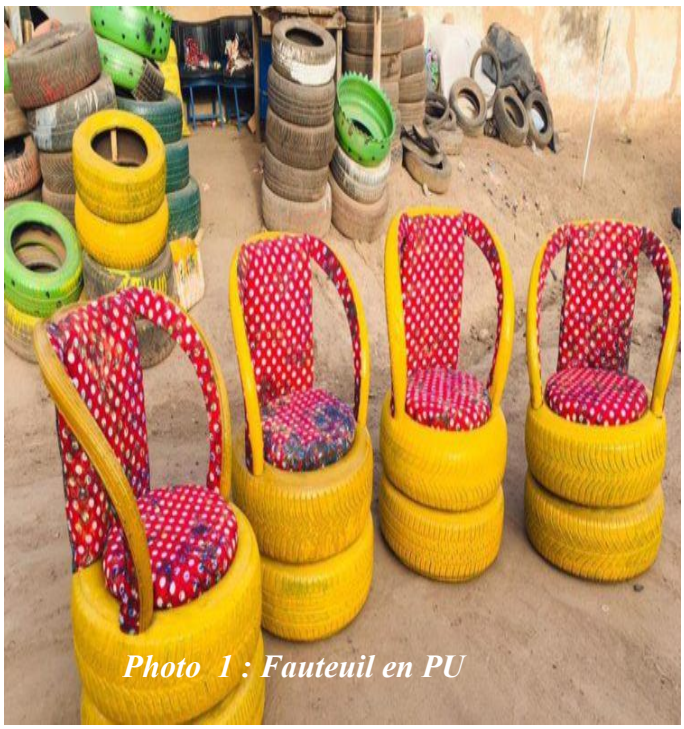


Photo 1 : Fauteuil en PU

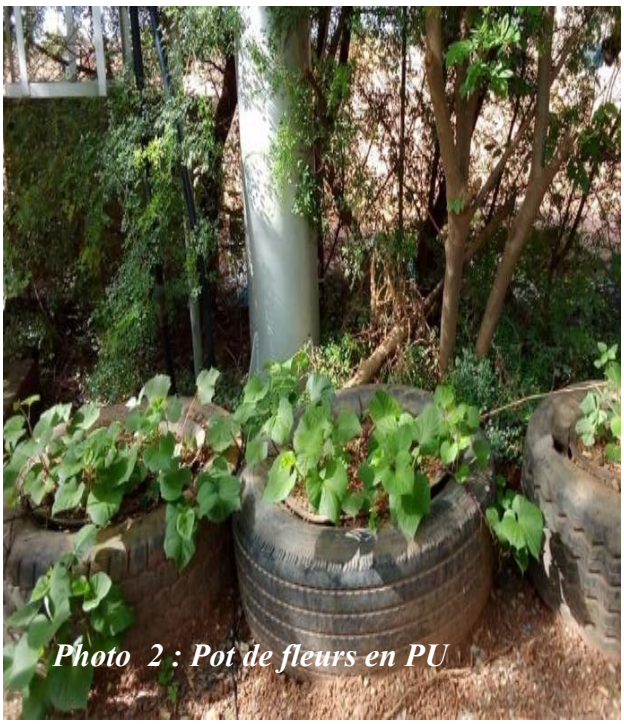


Photo 2 : Pot de fleurs en PU



Photo 4 : Sandales en PU



Photo 3 : Rond-point en PU



Photo 6 : Dépôt de PU au CTVD

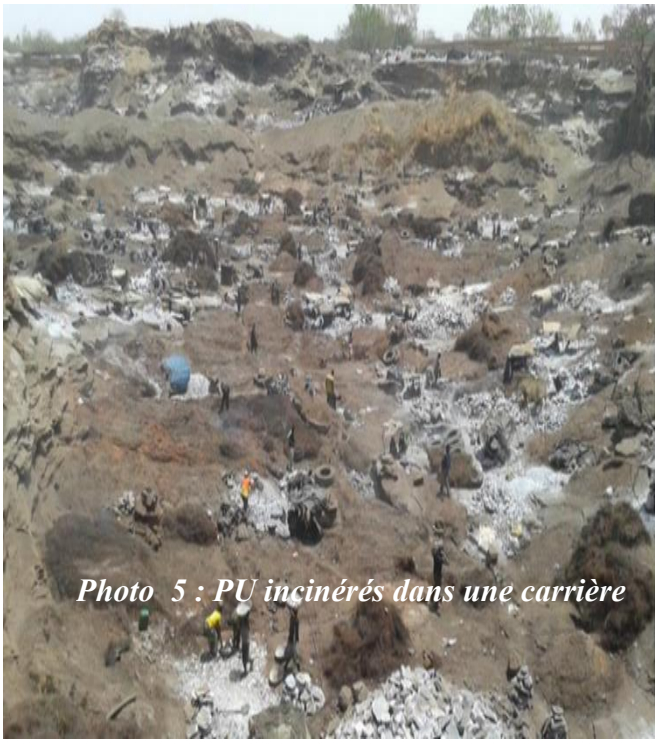


Photo 5 : PU incinérés dans une carrière



Photo 7 : Poubelles en PU



Photo 8 : Table en PU

IV.8 Description des étapes de la technologie du rechapage

IV.8.1 Contrôle des carcasses

L'état des carcasses est un critère déterminant pour leur acceptation dans les étapes du rechapage. En général, c'est la bande de roulement et les flancs qui s'usent en premier(Moulin 2018). Si la carcasse est endommagée, le pneu est définitivement mis hors d'usage, même si les autres parties sont en bon état.

Les défauts les plus fréquents sont, l'usure des talons, les cassures de tringles, les blessures des flancs, les coupures, les soufflures, les hernies, les décollements entre plis et les épaules. Ainsi, un premier contrôle visuel et tactile permet souvent de détecter ces défauts majeurs. Ce contrôle s'effectue sur des machines spécifiques qui écartent les flancs sous un éclairage puissant tout en faisant tourner le pneu devant l'opérateur. On pourrait par la suite réaliser des examens plus poussés sur les carcasses douteuses, comme la radioscopie, le contrôle sous pression ou la détection par ultrasons des trous et soufflures.

IV.8.2 La préparation des carcasses

Une fois les carcasses de pneus jugées aptes sont sélectionnées, elles subissent plusieurs étapes de préparation pour recevoir les nouveaux éléments(MARTINON 1992) :

- Déchapage : Cette opération consiste à retirer la bande de roulement usée pour exposer la carcasse. La surface doit être rendue parfaitement propre et rugueuse, sans impuretés, pour optimiser l'adhérence du nouveau caoutchouc. L'opération est réalisée avec le pneu monté sur jante et sous pression ;
- Brossage ;
- Réparations : Les dommages mineurs sur la carcasse sont réparés, par exemple en posant des emplâtres ou en recouvrant les fils mis à nu. Les excédents de gomme sont également meulés ;
- Encollage : Après le nettoyage et le dépoussiérage, une fine couche de gomme liquide est appliquée. Ce processus est essentiel pour garantir une adhésion solide entre la carcasse et la nouvelle bande de roulement ;
- Remplacement des nappes : Dans de rares cas, des sections de l'armature peuvent être remplacées.

IV.8.3 Le rechapage et la vulcanisation

Le rechapage est un procédé industriel qui consiste à remplacer entièrement la bande de roulement usée du pneu par une nouvelle couche de caoutchouc, après inspection et préparation de la carcasse(Schrey 1988).

Deux grandes techniques de rechapage existent :

- Le rechapage à froid ;
- Le rechapage à chaud.

Les carcasses préparées comme décrit précédemment reçoivent des couches de gomme neuve avant la vulcanisation.

IV.8.3.1 Procédé dit à froid

Ce terme est un peu inexact, car la vulcanisation s'effectue à des températures comprises entre 80 et 100 °C pendant environ trois heures, garantissant la cohésion de l'ensemble selon les mélanges employés(Syndicat des Professionnels du Pneus 2017). C'est un procédé qui concerne généralement uniquement le remplacement de la bande de roulement. On applique sur le pneumatique une fine feuille de caoutchouc pré-vulcanisé (c'est-à-dire vulcanisé de manière partielle) appelée gomme de liaison, qui assure une excellente adhérence entre la carcasse et la nouvelle bande de roulement. Ensuite, la bande neuve est déposée. Cette opération se réalise sur des machines spéciales (appelées rouleuses ou habilleuses) permettant de reprendre le profil de sculptures souhaité ainsi que la forme et l'épaisseur de la bande d'origine. Le type de caoutchouc est choisi en fonction de l'usage prévu du pneu (véhicules légers, poids lourds, camionnettes, bus, engins de génie civil, etc.). La qualité du mélange peut varier selon les fabricants et en fonction du budget du rechapeur.

Le pneu équipé de ses nouveaux éléments est ensuite prêt pour la vulcanisation, qui s'effectue dans des autoclaves spéciaux de 80 à 100 °C sous une pression de 6 à 8 bars(BestDrive 2024). Les pneus sont traités en lots pouvant atteindre 10 à 20 unités, selon la taille de l'autoclave, lequel peut être chauffé par vapeur directe ou par air chaud produit par résistances électriques ou serpentins à vapeur.

L'autoclave est équipé de raccords individuels pour gonfler les pneus et assurer la mise sous vide des enveloppes. Avant d'être placé dans l'autoclave, le pneu est installé sur une jante

spécifique, équipé d'une chambre interne et d'un revêtement externe où un vide est généré après l'application de la pression dans la chambre et dans l'autoclave.

Dans quelques versions, le pneu est pourvu de deux couches (internes et externes) où le vide est d'abord instauré, puis une pression inférieure à celle de l'autoclave est exercée. Cette technique assure une compression homogène des éléments du pneu tout en éliminant le besoin de montage sur jante, ce qui permet d'économiser du temps et d'éviter l'entreposage des jantes.

IV.8.3.2 Procédé dit à chaud

Ce procédé s'apparente à la fabrication de pneus neufs. La vulcanisation s'effectue dans un moule sous presse, de manière similaire à celle des pneumatiques d'origine(GOODYEAR 2024). On utilise ici des éléments non pré-vulcanisés (appelés « crus »). Cela permet de remplacer non seulement la bande de roulement, mais aussi les flancs, réalisant un rechapage de talon à talon.

La préparation de la carcasse ressemble à celle de la technologie à froid (application de gomme liant sous la bande de roulement, ainsi que des gommes pour les flancs et le revêtement possible des épaules).

Le pneu, une fois préparé, est positionné dans un moule spécifique, composé de deux demi-coquilles dotées de zones sculptées qui imitent le design de la bande de roulement et les marques d'identification du pneu. Ces sections peuvent se déplacer latéralement pour faciliter la mise en place et le démontage du pneu.

Le chauffage des demi-coquilles (via électricité ou vapeur) se font en trois zones de chaleur distinctes, ce qui autorise une vulcanisation différenciée de la bande de roulement et des flancs en fonction du procédé sélectionné.

Le moule est placé sur une presse spécifique dotée d'une membrane de vulcanisation positionnée à l'intérieur du pneu, garantissant ainsi la compression du pneu contre les parois du moule. Cette la membrane est réchauffée soit par de l'eau chaude sous pression, de la vapeur, ou simplement à l'air comprimé.

Les processus sont automatisés : fermeture du moule, gonflage de la membrane, introduction des fluides, vérification du temps de vulcanisation, dégonflage et ensuite élimination de la membrane, extraction du pneu.

Ce procédé se caractérise par des temps de vulcanisation plus court (pendant environ une heure)(Syndicat des Professionnels du Pneus 2017) et des températures plus élevées, comprises entre 140 et 160 °C selon les mélanges et à 20 bars (BestDrive 2024).

IV.8.4 Finition et contrôle

Quel que soit le procédé utilisé, le pneu sorti de l'autoclave subit plusieurs opérations appelées de finition :

- Ébarbage des excédents de gomme : qui sert à éliminer les surplus de caoutchouc laissés lors de la vulcanisation pour obtenir une surface propre et uniforme, évitant ainsi des défauts qui pourraient nuire à la performance ou à l'esthétique du pneu ;
- Meulage des soudures : pour lisser les zones où les différentes couches de gomme se rejoignent pour éviter des points faibles ou des irrégularités qui pourraient entraîner des défaillances ;
- Inspection complète (intérieure et extérieure) : en vu de vérifier visuellement et parfois par d'autres moyens que le pneu ne présente pas de défauts (fissures, décollements, bulles, etc.) qui pourraient compromettre sa sécurité ou sa durabilité
- Éventuellement le vernissage : qui consiste à appliquer une couche de protection pour améliorer l'aspect esthétique, protéger contre les agressions extérieures (UV, ozone, saleté) et prolonger la durée de vie du pneumatique.

Ces opérations servent à garantir la qualité et la sécurité du pneumatique rechapé avant sa remise en service.

IV.8.5 Analyse comparative des procédés de rechapage

Pour une analyse comparative plus complète des deux procédés, plusieurs aspects ont été prise en compte :

- **Flexibilité et standardisation** :
    - Le rechapage à froid permet une grande flexibilité (pas de limite de profils/dimensions), cruciale pour un marché diversifié comme Ouagadougou avec des pneus de types variés (importations hétérogènes).

- Le rechapage à chaud nécessite des moules spécifiques, ce qui limite son accessibilité et sa rentabilité à pour des petites unités.

- **Coûts d'investissement** :
  - Le procédé à froid est moins coûteux (pas de moules coûteux, équipements simplifiés). Il est donc adapté aux PME et son investissement initial est modéré.
  - Le procédé à chaud implique des coûts élevés (moules, presses automatisées), réservé aux grandes structures industrielles.
- **Adaptabilité aux carcasses locales** :
  - À Ouagadougou, les pneus usagés présentent couramment une usure importante (routes en mauvais état, sous-gonflage). Le procédé à chaud est mieux efficace pour rechaper des carcasses avec des usures importantes (flancs percé, …).
  - L'utilisation du procédé à froid nécessite des carcasses de qualité supérieure (haut de gamme), qui sont moins fréquentes dans le contexte local.
- **Consommables énergétiques :**
  - Pour le rechapage à froid, on utilise des températures basses (80 à 100°C) et des autoclaves multi-pneus. Ce qui réduit la consommation énergétique par unité.
  - Le rechapage à chaud nécessite des températures élevées (140 à160°C) et est plus énergivore. Ce qui constitue un handicap dans un contexte de coût élevé de l'énergie.
- **Maintenance et compétences** :
  - Le procédé à froid est plus manuel et ne nécessite pas une formation trop poussée.
  - Le procédé à chaud demande une automatisation et des compétences techniques avancées, qui ne sont pas toujours disponibles au niveau local.
- **Qualité du pneu rechapé :**
  - Rechapage à chaud : Offre une excellente homogénéité et une finition proche du pneu neuf, mais soumet la carcasse à de fortes contraintes thermiques pouvant limiter sa durabilité et son potentiel de rechapages successifs.
  - Rechapage à froid : Préserve mieux l'intégrité de la carcasse grâce à des températures plus basses, permettant une bonne qualité globale et un meilleur potentiel de multi-rechapage, sous réserve d'un contrôle qualité rigoureux.

Le tableau 8 présente un résumé de l'analyse comparative des deux procédés de rechapage :

***Tableau 8** : Comparaison des procédés de rechapage(MARTINON 1992)*

Caractéristiques	Procédé dit à froid (éléments pré vulcanisés)	Procédé dit à chaud (éléments crus)
Aspect	Connexion observable entre la bande de roulement et les bords de l'ancien profil	Similaire au neuf, notamment en ce qui concerne le rechapage de talon à talon.
Profils et dimensions	Pas de restriction, mais besoin de jantes pour le montage, ainsi que de chambres et d'enveloppes	Nécessite obligatoirement un moule par type de carcasse et par dimension
Carcasses	Seulement des carcasses 1er choix avec usure limitée au sommet et ne présentant pas de plis apparents	Convient aux pneus avec épaules usées, flancs griffés, plis apparents tant que le pneu est en bon état
Moulage	Utilisation des chambres et des enveloppes. Montage sur jante	Utilisation directe du moule du pneu. Opérations automatique
Vulcanisation	Basse température (80 à 100 °C). Durée longue (parfois plusieurs heures). Supporte 10 à 20 pneus selon la taille de l'autoclave et supporte plusieurs types et dimensions simultanément	Haute température (140 à 160 °C). Durée très courte (inférieur à une heure), mais pas plus d'un pneu à la fois
Démoulage	Extraction des chambres et des enveloppes. Démontage de la jante	Automatique
Remarques	Adapté aux PME	Adapté aux grandes entreprises

IV.8.6 Conclusion du diagnostic

Dans le contexte de Ouagadougou, où l'électricité est à la fois coûteuse et peu fiable, le rechapage à froid semble être l'option la plus adaptée économiquement. En effet, le rechapage à froid consomme considérablement moins d'énergie que le rechapage à chaud, critère primordial dans une situation de restrictions énergétiques. D'un point de vue financier, l'investissement initial et les frais d'entretien sont plus abordables pour une petite ou moyenne entreprise locale, surtout qu'il n'exige pas de moules spécifiques pour chaque taille de pneu.

En ce qui concerne les dimensions des pneus, parmi toutes celles enregistrées lors de l'analyse du gisement, le modèle 295/80 R22.5 s'est avéré être le plus représentatif. Les vulcanisateurs ont validé cette taille comme étant la plus fréquemment employée dans le parc automobile du Burkina Faso, ce qui nous a poussés à la choisir comme point de référence pour toute notre analyse technique et financière.

V ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV)

V.1 Objectifs

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthode normalisée qui permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit, d'un service ou d'un procédé en considérant l'ensemble de son cycle de vie(Jolliet et al. 2005). Sont également intégrés les apports liés aux infrastructures, aux équipements et aux transports.

Cette approche stricte est encadrée par les normes ISO 14040 et 14044. À l'opposé d'une analyse d'impact environnemental conventionnelle qui se concentre sur un lieu ou une étape précise.

Dans notre contexte, l'objectif de cette étude est de comparer les performances environnementales des principales technologies de rechapage applicables au contexte burkinabè, afin d'identifier celle qui présente le meilleur compromis entre impacts environnementaux, possibles techniques et contraintes locales. Cette approche est conforme aux recommandations du Programme des Nations Unies pour l'Environnement, qui souligne que l'ACV doit servir à sélectionner la technologie la plus adaptée au contexte local, en tenant compte des contraintes énergétiques, économiques et environnementales(Schneider et Tabi 2015).

V.2 Unité fonctionnelle

Le modèle choisi pour l'analyse technique et financière est un pneu rechapé de poids lourd de dimension 295/80 R22.5, qui sert donc d'unité fonctionnelle. Cette option permet d'assurer une concordance entre l'ACV, l'analyse économique et la situation réelle du marché local.

Les hypothèses de calcul se basent sur :

- Une durée de vie du pneu rechapé comparable à 80, voir 90 % de celle d'un pneu neuf, selon les informations industrielles MICHELIN (2018) ;
- Un seul cycle de rechapage par carcasse, une présomption prudente en regard de la qualité moyenne des carcasses présentes à Ouagadougou ;
- Des estimations de la consommation d'énergie et des émissions basées sur les valeurs publiées dans la littérature technique, plutôt que sur des mesures expérimentales locales.

V.3 Frontières du système

L'approche de l'ACV adopté s'étend sur une perspective « cradle-to-gate », couvrant depuis la réception des carcasses usées jusqu'à la fin de vie du pneu rechapé. Les étapes considérées comprennent :

- Le choix et l'inspection des carcasses ;
- Les procédures de préparation (décapage, réparation) ;
- L'installation de la bande de roulement ;
- La vulcanisation (à froid ou à chaud) ;
- Les consommations en énergies en en consommables ;
- Et la gestion du pneu usagé une fois leur cycle de vie terminé.

L'étape de production initiale du pneu neuf et son utilisation ne sont pas prises en compte, car elles sont identiques pour toutes les options analysées. Cette délimitation facilite la focalisation sur les disparités environnementales associées à la sélection du processus de rechapage.

V.4 Inventaire du Cycle de Vie

L'inventaire du cycle de vie met en évidence des différences significatives entre les deux procédés. Le rechapage à froid fonctionne à des températures inférieures à 100 °C, avec des autoclaves multi-pneus et une utilisation réduite de moules spécifiques. À l'inverse, le rechapage à chaud nécessite des températures comprises entre 140 et 160 °C, des presses individuelles et des moules dédiés à chaque dimension de pneu.

D'après l'ETRMA (ETRMA 2020), ces divergences technologiques se manifestent par :

- Une consommation d'énergie réduite pour le rechapage à froid ;
- Une diminution des consommables spécifiques (comme les moules et outils lourds) ;
- Une production de déchets réduite.

Ces facteurs sont particulièrement cruciaux dans une situation telle que celle du Burkina Faso, où les coûts de l'énergie sont élevés.

Ainsi les indicateurs environnementaux examinés incluent :

- Émissions de CO_2 (en kg CO_2 eq par pneu) ;

- Consommation énergétique totale (en MJ par pneu) ;
- Production de déchets industriels (en kg par pneu).

V.5 Résultats et analyse comparative

V.5.1 Résultats

La figure 13 présente les résultats quantifiés pour le rechapage d'un pneu poids lourd de dimension 295/80 R22.5 par les deux technologies.

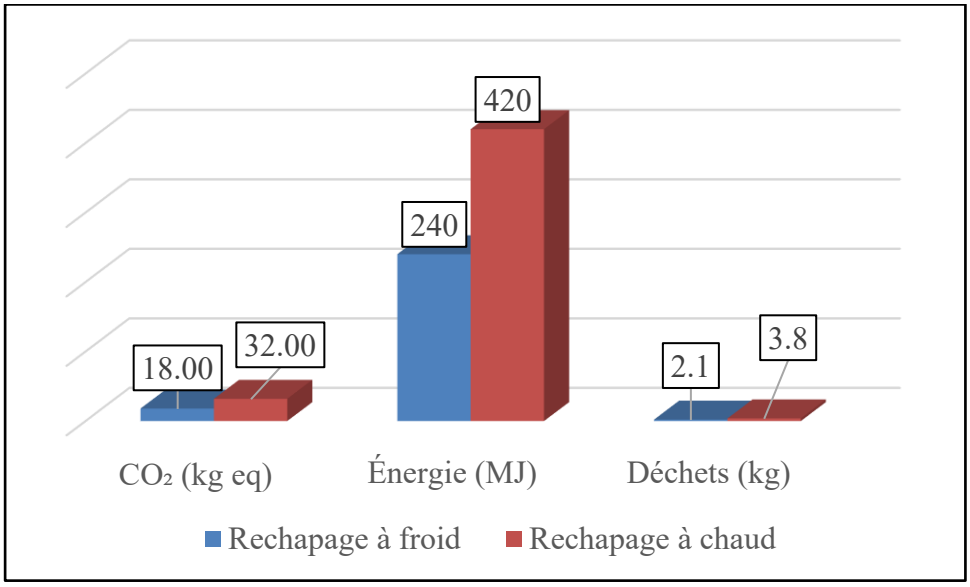


***Figure 13* : Résultats comparatifs de l'ACV**

V.5.2 Interprétation

Les résultats montrent que le rechapage à froid présente des impacts environnementaux significativement inférieurs au rechapage à chaud, notamment en termes de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre. Cette différence s'explique principalement par les températures de vulcanisation plus basses et l'absence de moules industriels.

L'ACV souligne que l'option du rechapage à froid permet de :

- Minimiser l'empreinte carbone du projet ;
- Réduire la dépendance énergétique ;
- Renforcer la concordance entre la viabilité économique et la performance environnementale.

Cette analyse confirme que l'ACV occupe une place prépondérante dans la direction stratégique du projet et justifie entièrement l'option technologique sélectionnée.

■ CONCLUSION SUR LE CHOIX TECHNOLOGIQUE

Le diagnostic du contexte burkinabè met en évidence une forte production de pneus usagés, dominée par des carcasses hétérogènes, souvent issues de pneus d'occasion et de marques « budget », combinée à des contraintes énergétiques, financières et institutionnelles marquées. L'analyse du cycle de vie (ACV), utilisée comme outil d'aide à la décision, confirme que le rechapage à froid présente des performances environnementales nettement supérieures au rechapage à chaud, notamment en termes de consommation énergétique, d'émissions de gaz à effet de serre et de flexibilité opérationnelle. Croisés aux prix des équipements et consommables nécessaires pour chaque technologie, ces éléments montrent que le rechapage à froid est la technologie la mieux adaptée au contexte local, car il nécessite un investissement initial plus modéré, s'intègre plus facilement dans un tissu de PME, valorise efficacement les carcasses de bonne qualité disponibles et réduit significativement les impacts environnementaux. Le choix du rechapage à froid apparaît ainsi cohérent, robuste et pertinent pour amorcer durablement une filière de valorisation des pneus usagés à Ouagadougou.

VI FORCES, FAIBLESSES, OPPORTUNITES, MENACES DE L'ACTIVITE DU RECHAPAGE DES PNEUS AU BURKINA FASO

Les résultats de l'analyse SWOT adaptée à l'activité du rechapage des pneus tenant compte du contexte économique et environnemental du Burkina Faso sont présentés dans le tableau 9. Cette analyse SWOT indique que les atouts majeurs du projet résident dans son aspect économique et sa participation à la diminution des déchets. Les faiblesses principales incluent le nombre limité des carcasses de qualité et l'exigence d'un personnel qualifiée. Les opportunités concernent la croissance du parc automobile, le soutien institutionnel potentiel et la demande croissante pour des solutions locales qui protègent l'environnement. Quant aux menaces, elles englobent une mauvaise image que peut présenter les pneus rechapés et de la compétition avec les pneus d'occasion.

***Tableau 9** : Analyse SWOT du rechapage des pneus au Burkina Faso*

Analyse liée aux facteurs internes		
	Forces (Strengths)	**Faiblesses (Weaknesses)**
Techniques et industrielles	• Disponibilité d'une technologie éprouvée et adaptée au contexte local (rechapage à froid) ; • Main-d'œuvre locale déjà expérimentée dans la vulcanisation et la réparation de pneus ; • Réduction significative de la consommation de matières premières (caoutchouc, acier) ; • Prolongation de la durée de vie des pneus et de leur performance économique ; •	• Absence d'une unité de rechapage industrielle existante au Burkina Faso ; • Faible maîtrise locale du processus industriel complet de rechapage ; • Manque d'équipements spécialisés de diagnostic, d'inspection et de contrôle qualité ; • Difficulté d'accès aux carcasses réchapables de bonne qualité en quantité suffisante ; •
Économiques et financières	• Coût inférieur au pneu neuf, rendant le produit attractif pour les transporteurs ; • Rentabilité élevée du projet (TRI > 25 % et ROI > 150 % dès la 6e année) ; • Création d'emplois directs et indirects (collecte, tri, transport, inspection) ; • Contribution à la réduction des importations de pneus neufs et d'occasion ; •	• Investissement initial relativement élevé pour un projet pionnier ; • Accès limité aux financements bancaires et aux mécanismes de financement vert ; • Marché local du rechapage encore inexistant et non structuré ; • Dépendance aux intrants importés et à la fluctuation des coûts énergétiques ; •

Environnementaux et sociaux	• Réduction significative de la pollution liée à la combustion et à l'abandon des pneus usagés ; • Contribution directe à l'économie circulaire et à la gestion durable des déchets ; • Amélioration de la salubrité urbaine et de la sécurité sanitaire ; • Valorisation d'un déchet non biodégradable à fort impact environnemental ; •	Absence d'un système formel et structuré de collecte et de tri des pneus usagés ; • Insuffisance de données environnementales locales spécifiques à l'industrie du pneu ; • Faible sensibilisation du public aux bénéfices environnementaux du rechapage ; • Risques environnementaux en cas de mauvaise gestion des déchets de production ; •
Institutionnels et réglementaires	• Existence d'un cadre général sur la gestion des déchets solides (loi n°005-2013/AN) ; • Présence d'institutions nationales compétentes (ANEVE, DGTTM, DGPE) ; • Volonté croissante des autorités locales de promouvoir la valorisation des déchets ; •	• Absence de textes spécifiques sur la gestion et la valorisation des pneus usagés ; • Manque de normes nationales relatives aux pneus rechapés (qualité, sécurité) ; • Faible coordination interinstitutionnelle entre environnement, transports et commerce ; • Procédures administratives longues pour l'obtention des autorisations ; •
Analyse liée aux facteurs externes		
Marché et économie	**Opportunités (Opportunities)**	**Menaces (Threats)**
	• Croissance rapide du parc automobile (plus de 60 % en 10 ans) ;	• Concurrence des pneus d'occasion importés à très bas prix ; • Fluctuation des taux de change et des coûts d'importation des entrants ;

	• Forte dépendance aux pneus importés, ouvrant un marché potentiel pour les rechapés ; • Demande croissante de prix abordables pour le transport urbain et interurbain des pneus ; • Possibilité d'extension nationale et sous-régionale du marché ; •	• Risque de circulation de pneus rechapés de mauvaise qualité ou contrefaits ;
Environnement et société	• Alignement avec les objectifs de développement durable (ODD 12, 13) ; • Possibilité d'accès à des financements climats ou de certains programmes internationaux (tels que le PNUE, le GEF, l'UNIDO, …) ; • Possibilité de bénéficier d'un appui potentiel de la part des ONG et/ou de collectivité locale ou du Ministère.	• Méfiance du public vis-à-vis de la sécurité des pneus rechapés ; • Risques d'accidents routiers en cas de contrôle qualité insuffisant ; • Absence de campagnes nationales de sensibilisation ; • Instabilité de l'approvisionnement énergétique (coupures fréquentes) ;
Réglementation et coopération internationale	• Possibilité d'alignement sur les normes internationales (ETRMA, ISO) ; • Intégration future du rechapage dans la stratégie nationale de gestion des déchets ; • Appui technique et financier potentiel des partenaires internationaux ;	• Absence de politique nationale spécifique sur les déchets de pneus ; • Manque de coordination au niveau de la sous-région pour encadrer l'importation et le commerce des pneus d'occasion.

VII METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Cette partie a pour objet de décrire de manière systématique la démarche et les outils méthodologiques mobilisés pour conduire la présente étude de faisabilité. L'approche retenue est mixte, combinant des recherches documentaires pour cerner le cadre réglementaire et le contexte macro-économique, et une enquête de terrain visant à appréhender les pratiques, perceptions et dynamiques du marché des pneumatiques à Ouagadougou. Cette enquête de terrain associe des méthodes qualitatives (entretiens en profondeur avec des acteurs institutionnels et économiques clés) et quantitatives (enquête par questionnaire auprès d'un échantillon de consommateurs).

VII.1 Approche générale et techniques de collecte de données

VII.1.1 Approche générale

La démarche adoptée est de type descriptive et analytique. Elle visait, dans un premier temps, à dresser un état des lieux du parc automobile, des flux de pneus usagés et du cadre réglementaire afin de disposer des données de base indispensables. Dans un second temps, elle cherchait à comprendre les perceptions et pratiques des différents acteurs du secteur pour évaluer le potentiel d'une filière locale de rechapage.

VII.1.2 Collecte de données secondaires

Une revue documentaire a été réalisée auprès de sources officielles (statistiques gouvernementales, études antérieures, publications scientifiques et techniques) et d'organismes compétents afin de collecter des données déjà existantes. Cette étape a permis de :

- Obtenir auprès de la DGPE les textes réglementaires nationaux sur la gestion des déchets, les exigences en matière d'Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) applicables à un atelier de rechapage et les politiques nationales de valorisation des déchets, ainsi que des données ou études existantes sur les impacts environnementaux des pneus usagés ;
- Collecter auprès de la Direction Générale des Douanes (DGD) les volumes et valeurs des importations de pneus (neufs, d'occasion, rechapés) sur les 5 à 10 dernières années, avec une attention particulière aux pneus poids lourds et autobus ;

- Recueillir auprès de la Direction Générale des Transports Terrestres et Maritimes (DGTTM) les statistiques les plus récentes sur le parc automobile national et celui de Ouagadougou, ventilé par type de véhicule, ainsi que les réglementations spécifiques relatives à l'utilisation et à la sécurité des pneus dans le transport public et de marchandises, et la position de la DGTTM sur l'utilisation des pneus rechapés en termes de sécurité routière.

VII.1.3 Collecte de données primaires

Des enquêtes de terrain ont été menées auprès d'un échantillon d'acteurs représentatifs, selon le schéma suivant :

- **Propriétaires de véhicules et chauffeurs :** 100 propriétaires de véhicules et transporteurs interrogés dans trois gares routières, trois marchés et trois lieux publics. L'objectif était d'évaluer leurs connaissances, perceptions et habitudes de consommation, ainsi que leur intérêt pour les pneus rechapés en tant que potentiels clients finaux.
- **Garagistes et ateliers de réparation de pneus** : 25 vulcanisateurs répartis dans 5 arrondissements (5 par arrondissement) pour comprendre le flux des pneus usagés, les pratiques de réparation, la connaissance du rechapage et leur éventuelle volonté de partenariat avec un atelier local.
- **Importateurs et distributeurs de pneus neufs :** 5 importateurs et 10 distributeurs répartis sur 5 secteurs pour examiner les tendances du marché des pneus neufs, la compétition et l'opinion d'acteurs établis sur le rechapage.

Malgré les démarches répétées, les compagnies de transport (20 entreprises de bus et camions, 5 coopératives de taxis ainsi que la SOTRACO) n'ont pas répondu aux sollicitations. Ce manque de réponse constitue une limite à l'étude car il restreint l'accès aux données de première main sur les pratiques de maintenance et la gestion des pneus usagés dans les flottes importantes.

VII.2 Outils et techniques d'enquête

Les données ont été collectées au moyen de questionnaires structurés et d'entretiens semi-directifs. Les questionnaires ont permis de collecte des informations quantitatives (taux de

remplacement des pneus, catégories de pneus utilisés, volumes produits) et qualitatifs (vision du rechapage, raisons d'achat, obstacles). Les discussions semi-structurées avec les institutions (DGPE, DGD, DGTTM) ont contribué à clarifier le cadre réglementaire, le contexte du marché ainsi que les horizons d'expansion pour une industrie de rechapage.

VII.3 Traitement et analyse des données

Les informations distribuées ont été entrées et traitées à l'aide d'Excel. Pour évaluation des volumes annuels de pneus utilisés produits par diverses catégories de véhicules, les résultats quantitatifs ont été consolidés. Des analyses comparatives ont été réalisé afin d'étudier les comportements d'acquisition et de substitution en fonction des catégories de véhicules (VL et PL). Une analyse thématique a été effectuée sur les données qualitatives afin d'identifier les principales tendances.

VII.3.1 Procédure d'estimation des pneus en circulation selon les catégories

Le nombre de pneumatiques consommé progresse régulièrement avec la croissance du parc automobile. Nous avons classé les pneus usagés en trois catégories. Les pneus VL (Véhicules légers), les pneus PL (Poids lourds) et Autres :

- La catégorie de VL est composée de voitures particulières et camionnettes. Elle est constituée de 4 à 6 roues/pneus, avec une moyenne de 4 pneus.
- La catégorie de PL est composée de camions, de transport en commun, de tracteurs routiers, de remorques, de semi-remorques, de véhicules spéciaux et véhicule agricole. Elle est constituée généralement de 6 à 12 roues/pneus, avec une moyenne de 8 pneus(Trouzine et al. 2011).
- Les pneus de catégorie autres sont les pneus des autres automobiles selon notre tableau de calcul dans le diagnostic. Nous avons estimé leur composition en pneumatique entre 02 à 04 roues/pneus, avec une moyenne de 2 pneus(Amadou 2015).

VII.3.2 Procédure de détermination du gisement de pneumatique usagé

Faute de données statistiques récentes et précises sur le gisement de pneumatiques usagés à Ouagadougou, une estimation de ce déchet par catégorie de pneu, est proposée selon la méthodologie suivante pour PL et VL sur la base des données collectés sur le terrain :

***Tableau 10** : Tableau de référence pour déterminer le gisement de pneus usagés*

	Groupe 1 (G1)		Groupe 2 (G2)		Groupe 3 (G3)	
	Propriétaires changeant moins de 2 pneus par an		Propriétaires changeant 2 à 4 pneus par an		Propriétaires changeant plus de 4 pneus par an	
Nombre de pneus changés/an retenus	PL	VL	PL	VL	PL	VL
	1	1	3	3	5	6

- **Pour les Véhicules Légers (VL) :**

Le nombre moyen de pneus changés par an est la suivante :

$$\mathbf{PU_PL}=\frac{(\boldsymbol{Nbre\ de\ Personnes\ "G1"}\times\mathbf{1})+(\boldsymbol{Nbre\ de\ Personnes\ "G2"}\times\mathbf{3})+(\boldsymbol{Nbre\ de\ Personnes\ "G3"}\times\mathbf{5})}{\boldsymbol{Nbre\ total\ de\ propriétaire\ VL}}\times\boldsymbol{Nbre\ VL}$$

- **Pour les Poids Lourds (PL) :**

Le nombre moyen de pneus changés par PL par an est la suivante :

$$\mathbf{PU_PL}=\frac{(\boldsymbol{Nbre\ de\ Personnes\ "G1"}\times\mathbf{1})+(\boldsymbol{Nbre\ de\ Personnes\ "G2"}\times\mathbf{3})+(\boldsymbol{Nbre\ de\ Personnes\ "G3"}\times\mathbf{6})}{\boldsymbol{Nbre\ total\ de\ propriétaire\ PL}}\times\boldsymbol{Nbre\ PL}$$

En outre, pour calculer le taux de pneus usagés rechapables, nous avons estimé compte-tenu de contexte local dominé par une utilisation massive de pneus d'occasion et de pneus de marque budget et des résultats issus de la caractérisation d'un échantillon de 160 pneus, qu'entre 10% à 20% du flux de pneus usagés est véritablement apte au rechapage(ADEME 2016). Ce faible taux s'explique par les critères stricts de qualité que doit présenter la carcasse.

Ainsi, nous avons retenu un taux de 10% pour les pneus VL et 13% pour les PL, ces derniers étant plus aptes au rechapage.

- **PU_PL rechapable/an = PU_PL produits×13%**
- **PU_VL rechapable/an = PU_VL produits×10%**

VII.4 Analyse du cycle de vie

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) a été utilisée comme outil d'aide à la décision pour comparer les performances environnementales des options de rechapage des pneumatiques usagés. La démarche, conforme aux normes ISO 14040 et 14044, repose sur une unité fonctionnelle définie comme un pneu poids lourd rechapé 295/80 R22.5. Les frontières du système couvrent les étapes d'approvisionnement en carcasses et de rechapage selon une approche « cradle-to-gate

». Les résultats issus principalement de la littérature, permettent d'identifier les impacts environnementaux dominants et d'orienter le choix technologique du projet.

VII.5 Limites de l'étude

Plusieurs limites doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats de cette étude. D'abord, l'absence de participation des grandes entreprises de transport pourtant essentielles pour la gestion des pneus poids lourds réduit la représentativité de l'échantillon. De même, le nombre limité de particuliers et de garagistes interrogés, bien que répartis sur différents quartiers de Ouagadougou, ne permet qu'une estimation indicative des pratiques locales. De plus, les données nationales (quantités de production et d'accumulation de pneus utilisés) ne sont pas constamment mises à jour, ce qui a été réalisé sur la base de certaines estimations susceptibles de créer un biais.

D'un Point de vue structurel, l'absence de données locales détaillées concernant l'état des carcasses lors du remplacement, le manque d'un protocole normalisé d'inspection et l'absence d'informations sur les marques et types de pneus importés rendent difficile l'évaluation du potentiel réel de rechapage. De plus, les conditions d'utilisation variables (surcharge, itinéraires endommagés, entretien irrégulier) compliquent la comparaison avec d'autres situations à l'échelle internationale.

À ces contraintes s'ajoutent des restrictions méthodologiques spécifiques à l'ACV. L'analyse du cycle de vie repose sur les données secondaires d'un large éventail de sources de littérature internationale, en raison de l'absence de bases de données locales dédiées. Les résultats sont donc à considérer comme une indication comparative telle une grandeur d'ordres et non des quantités mesurées absolues. Des ACVs plus approfondies sur des applications futures pourraient inclure par exemple des estimations plus détaillées de la consommation énergétique locale et une utilisation d'une base de données réelle du modèle africain.

VIII ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

VIII.1 Sélection des carcasses aptes au rechapage

Il convient de rappeler que seul le PUR qui conservent des caractéristiques techniques suffisantes est apte à être remis à neuf par rechapage(SADAKA 2010).

L'éligibilité d'un pneumatique au rechapage est conditionnée par le respect de deux prérequis fondamentaux(MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE et al. 2020). D'une part, le pneu doit avoir été initialement manufacturé dans l'optique d'un rechapage optimal, présentant une carcasse suffisamment robuste pour plusieurs cycles de vie (les pneus dits "premium" ou "multi-vie" tels que Michelin, Bridgestone, Continental, Pirelli, Goodyear et Hankook). D'autre part, son intégrité doit avoir été préservée à travers un entretien de manière professionnelle et régulière (intégrité structurelle, carcasse saine, profil et épaules compatibles).

Par conséquent, il est crucial d'améliorer les processus de collecte, de sélection et de préparation (nettoyage, identification des défauts, catégorisation par genre de profil et taille) pour optimiser les chances de rechapage et préserver la qualité du produit final.

Le tableau 11, donne un aperçu des critères de choix de pneus convenant pour le rechapage.

***Tableau 11** : Critères et conditions de rechapabilité des pneus*(Ammar 2009)

Critères	Description	Seuils ou conditions acceptables pour le rechapage
Intégrité de la carcasse	Élément porteur du pneu (nappes textiles et métalliques).	• Absence de cassures ou de corrosion sévère. • Aucune déformation irréversible (évidemment, aplati). • Aucune coupure qui sectionne les fils. • Aucun éclatement sur les flancs.
Intégrité de la bande de roulement	Partie en contact avec la route.	• Usure régulière et uniforme. • Aucune coupure profonde atteignant la première nappe. • Aucun arrachage excessif de gomme.
Intégrité des flancs	Parois latérales protégeant la carcasse.	• Aucune fissure profonde ni hernie. • Aucune trace de chocs ou coupures visibles qui peut compromettre la structure. • Aucune corrosion des armatures
Intégrité des talons	Zone assurant la liaison pneu/jante.	• Aucune déchirure ou déformation visible. • Câbles d'acier toujours en bon état.
Âge du pneu	Durée depuis fabrication.	• L'âge inférieur ou égale à 7 à 8 ans pour ne pas perdre l'élasticité et la sécurité (selon les recommandations ETRTO, Bridgestone, Michelin)
Historique d'utilisation	Conditions de roulage antérieures.	• Aucun signe de surcharge chronique visible. • Aucun singe de gomme fondue à l'intérieur • Aucun aspect de décollements bleutés

		• Aucun caoutchouc cassant • Aucun signe de roulage prolongé sous-gonflé. • Nombre de rechapages antérieurs ne dépassant pas une fois (par mesure de prudence).
Conditions locales (Burkina Faso)	Adaptabilité au contexte.	• Seulement les carcasses de bonne qualité issues de marques de pneus reconnues pour être rechapé. • Aucun signe d'exposition à des dégradations (tels que les pneus brûlés, les pneus abandonnés trop longtemps au soleil, les pneus détériorés par hydrocarbures, …).

VIII.2 Processus de rechapage

Le processus de rechapage suit une succession rigoureuse d'étapes qui se résument comme suit (MICHELIN 2018; Moreau 2025) :

- Pré-tri ou tri visuel à la réception : qui consiste à la vérification des étiquettes, de l'âge, de l'historique d'usage du pneu si disponible et de l'écartement immédiate des pneus présentant des dommages irréversibles (carcasse brûlée, flanc éclaté, talon déchiré, corrosion avancée). Cette étape se fait depuis les sites de collecte des pneus usagés.
- Nettoyage et dégonflage : il s'agit de procéder à un lavage rigoureyx pour le retrait des impuretés, poussières et corps étrangers, puis le séchage pour éviter humidité résiduelle pouvant compromettre l'adhérence de la gomme ;
- Inspection interne et externe **:** avant toute procédure de rechapage de pneus, on devra procéder à leur inspection en s'attardant à un examen minutieux des pneus afin de déterminer lesquels pourront être rechapés, et ce, en tenant compte de des standards recommandées.
- Râpage (buffing) **:** c'est une opération permettant de retirer la bande de roulement usée de chaque pneu et la mise au rond du pneu pour retrouver un profil circulaire régulier et une rugosité adaptée. Elle s'effectue à l'aide d'une machine à commande numérique ou manuellement pour retirer une épaisseur précise de la bande.
- Réparations de carcasse **:** si des coupures, des accrocs ou des fissures sont présents sur les pneus, ceux-ci seront évidés. Cette phase implique la suppression des coupures, perforations et déchirures sur la surface rugueuse ainsi que sur les côtés du pneu.
- Cimentation/application du liant (solution/ciment) **:** Cette phase implique une répartition uniforme de la gomme liant (épaisseur et superposition conforme à la fiche de données de sécurité du fournisseur) par extrusion entre le corps du pneu et la semelle neuve.
- Application de la bande pré-moulée **:** C'est à cette phase que la nouvelle semelle pré-moulée est posée sur sa structure grâce à un alignement de la jonction (splice), des rouleaux presseurs pour permettre la suppression des poches d'air.
- Enveloppage (enveloppe interne ou outer-envelope) et mise sous vide **:** Une fois le pneu monté, on lui ajoute une couche de caoutchouc et des cerclages pour sceller le pneu et prévenir toute fuite d'air pendant la vulcanisation.

- Vulcanisation en autoclave (cure) **:** La vulcanisation consiste à placer les pneus dans une chambre de cuisson (autoclave). Pendant une durée déterminée, la chaleur et la pression de la chambre vont créer des réactions chimiques, qui permettront à la nouvelle bande de roulement d'adhérer à la carcasse du pneu. Les sculptures de la bande de roulement ainsi que les inscriptions sur les flancs vont être ajoutées lors de cette étape. Elle se fait selon des courbes (de température/pression, temps et section/volume, bande) du fournisseur.
- Refroidissement, extraction de l'enveloppement, finitions : il s'agit de procéder au parage des bavures et, le cas échéant, à l'équilibrage.
- Dernier examen et étiquetage : un test d'étanchéité est d'abord effectué, puis l'intérieur et l'extérieur du pneu sont soigneusement inspectés visuellement pour garantir leur conformité. Ensuite, les pneus sont peints et prêts à être distribués aux clients ou à être mis en vente.
- Livraison et expédition : il s'agit de créer une feuille de suivi signée et de stocker les pneus dans une zone propre et bien ventilée.



***Figure 14** : Résumé des étapes du procédé de rechapage à froid*(VIPAL 2021)

VIII.3 Description des équipements

La mise en place d'une unité de rechapage à froid nécessite un ensemble d'équipements spécialisés pour garantir un processus de haute qualité et sécurisé. Ces équipements couvrent toutes les étapes, de l'inspection initiale des pneus à leur contrôle final.

Les équipements clés du processus

- **Inspection et préparation :** une cabine d'inspection et des équipements de détection, comme les bancs LED, des palpeurs, etc., sont utilisés pour déceler les imperfections de la carcasse. Une zone spéciale doit être fourni pour préparer la surface du pneu par râpage ou meulage.
- **Rechapage et vulcanisation :** il nécessite un banc d'application des bandes de roulement pré-moulées. Pour la vulcanisation, l'utilisation des autoclaves ou de cabines spécialisées sous pression et à température contrôlée, permet d'assurer une polymérisation uniforme et une bonne solidité.
- **Manutention et finition :** Pour le traitement des pneus et la vérification de leur conformité après le rechapage, on utilse un démonte-pneu, des chariots de manutention, une machine d'équilibrage ainsi que des bancs de contrôle final.

De plus, l'installation doit être munie de dispositifs de sécurité, tels que des équipements de protection individuelle (ÉPI) et des systèmes d'aspiration de poussières, afin d'assurer la sécurité des opérateurs.

Choix du fournisseur

Le choix du fournisseur s'est porté sur l'entreprise chinoise Shandong Holsten Industrial Technology Co., Ltd. Ce choix est motivé par son excellent rapport qualité-prix, qui est plus adapté à une PME locale au Burkina Faso. L'entreprise propose des lignes complètes clés en main, incluant l'équipement, les consommables et une formation technique. Elle a également une expérience significative en Afrique et ses équipements sont adaptés aux conditions énergétiques locales.

Les tableaux 16 et 17 en annexe présentent la liste détaillée des équipements et consommables fournis par Shandong Holsten, qui pourront constituer la base matérielle de l'usine projetée.

VIII.4 Implantation et aménagement de l'atelier

La conception d'un atelier de rechapage doit répondre à des impératifs techniques, organisationnels et sanitaires afin de garantir l'efficacité du processus et la sécurité des travailleurs. L'objectif principal est d'assurer un flux linéaire des opérations, en évitant tout croisement entre les pneus usagés (souvent sales et endommagés) et les pneus finis prêts à être commercialisés.

Après concertation avec la Direction de la Propriété de la Mairie, il a été convenu que l'atelier serait implanté au sein du Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets (CTVD) de Ouagadougou. Ce choix présente plusieurs avantages : proximité avec la principale zone de collecte de déchets, synergies possibles avec d'autres filières de valorisation, et réduction des coûts logistiques liés au transport des pneus en fin de vie.

La superficie minimale recommandée pour l'atelier est de 450 à 700 m² (soit 600 m² retenus), ce qui permet de loger efficacement l'ensemble des zones fonctionnelles. L'agencement proposé est le suivant :

- **Zone de réception et de tri des pneus usés** : Cet espace est dédié à l'évaluation initiale des carcasses, permettant de les classer selon leur capacité à être rechapées. Les pneus usagés réutilisables sont ainsi distingués des pneus usagés non réutilisables.
- **Zone de nettoyage** : Cet espace est pourvu de systèmes de lavage à haute pression, conçu pour éliminer salissures, poussières, boues et autres résidus, afin de préparer les pneus à un examen plus approfondi.
- **Atelier de traitement** : Ce lieu constitue le centre névralgique de l'opération, abritant les machines de meulage, d'application de colle et de pose de la bande de roulement pré-moulée. Il est essentiel que cette zone soit bien ventilée et dotée de dispositifs pour recueillir les poussières de caoutchouc, minimisant ainsi les risques pour la santé.
- **Zone de vulcanisation (cure)** : c'est une zone équipée de l'autoclave ou de la chambre de cuisson à basse température qui assure la liaison définitive entre la carcasse et la nouvelle bande de roulement.
- **Zone de contrôle et finition** : cet espace sert à l'inspection finale, l'équilibrage et le contrôle qualité pneu rechapé pour s'assurer qu'il respecte les normes de sécurité avant sa mise sur le marché.

- **Zone de stockage final : c'**est un local ventilé destiné à l'entreposage temporaire des pneus rechapés avant livraison.
- **Bâtiment administratif et social** : Un bloc comprenant bureaux, vestiaires, salle de repos et sanitaires pour le personnel, contribuant au confort et à la gestion quotidienne de l'atelier.
- **Zone de sécurité** : Espaces aménagés pour la prévention et la gestion des risques : extincteurs, postes de secours, signalisation, et voies d'évacuation.

Ce plan d'aménagement assure une séparation claire entre les différentes étapes du processus, réduisant ainsi les risques de contamination croisée et optimisant l'organisation du travail. De plus, son intégration dans le CTVD favorise une cohérence avec les objectifs municipaux de valorisation des déchets et renforce la dimension circulaire du projet.

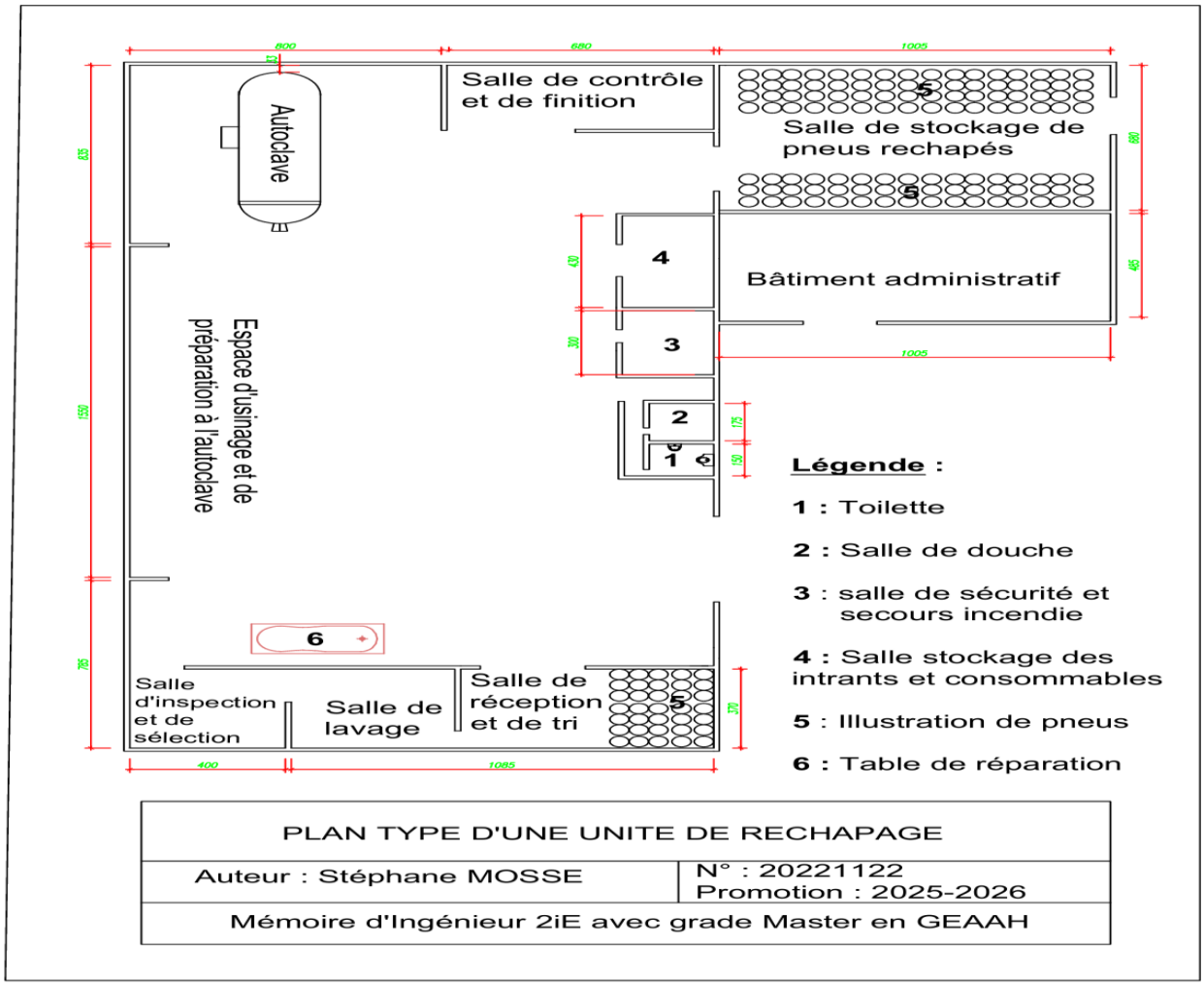


Figure 15 : schéma simplifié d'organisation d'un atelier de rechapage

VIII.5 Ressources humaines

Le bon fonctionnement d'un atelier de rechapage à froid repose sur une organisation humaine structurée avec des compétences techniques bien définies.

Ainsi, pour un atelier de taille moyenne capable de traiter entre 20 et 30 pneus poids lourds de taille 295/80 R22.5 par jour, une équipe type peut être constituée comme suit :

- **Un chef d'atelier** : il est le responsable du suivi qualité, de la gestion du processus et du respect des procédures.
- **Deux inspecteurs** : ils sont chargés d'évaluer les carcasses, de les trier pour ne retenir que les pneus réutilisables (PUR), puis de détecter tous les défauts des pneus.
- **Deux opérateurs de râpage** : spécialisés dans la mise en forme et la préparation de la surface de la carcasse selon un profil et une rugosité spécifique.
- **Deux réparateurs de carcasses** : ils assurent la réparation des défauts détectés pour garantir la fiabilité de la carcasse avant le rechapage.
- **Deux poseurs de bandes** : assurant le collage précis et homogène des bandes de roulement neuves.
- **Un opérateur d'autoclave** : il est responsable du processus de cuisson/vulcanisation, puis veuille particulièrement au respect des paramètres de température et de pression.
- **Un finisseur-contrôleur** : il exécute les tâches de la finition (l'équilibrage, l'esthétique) et assure le contrôle qualité final du pneu rechapé avant sa mise en stock.
- **Un magasinier** : il s'occupe de l'approvisionnement en matières premières, consommables et de l'expédition des pneus rechapés.
- **Un responsable administratif et financier :** il est chargé de la gestion administrative et financière de l'unité de rechapage.

VIII.6 Besoins en eau et en énergie

VIII.6.1 Besoins en énergie

Le volet énergétique est le poste de consommation le plus important pour un atelier de rechapage à froid. La viabilité et la rentabilité du projet dépendent directement de la maîtrise de ces consommations.

VIII.6.1.1 Consommation électrique

L'électricité est la principale source d'énergie utilisée pour le procédé de rechapage à froid.

En référence à la fiche technique d'utilisation des équipements de l'entreprise SHANDONG HOLSTEN INDUSTRIAL TECHNOLOGY CO., LTD, pour un atelier de taille moyenne à Ouagadougou, le besoin total en électricité est estimé comme suit :

- Fonctionnement des équipements :

  $$\boldsymbol{Be = Tfj \times Pt \times Nbj/mois \times Nbmois}$$

  Avec :

  - Be : $Besoin\ de\ fonctionnement\ des\ équipements\ en\ électricité\ par\ an$
  - Tfj : $Temps\ moyen\ de\ fonctionnement\ journalier$ (soit 7 heures)
  - Pt : $Puissance\ totale\ des\ équipements$ (soit 56KW)
  - $Nbj/mois$: $Nombre\ de\ jour\ de\ fonctionnement\ par\ mois$ (soit 25 jours)
  - $Nbmois$: $Nombre\ de\ mois\ de\ fonctionnement\ par\ an$ (soit 12 mois)

D'où : $\boxed{\boldsymbol{Be = 7 \times 56 \times 25 \times 12 = 117\ 600\ KWh}}$

- Ventilation, éclairage et climatisation :

  $$\boldsymbol{Bs = Tj \times Cmh \times Nbj/mois \times Nbmois}$$

Avec :

- Bs : $Besoin\ social\ en\ électricité\ par\ an$
- Tj : $Temps\ moyen\ de\ fonctionnement\ journalier$ (soit 10 heures)
- Cmh : $Consommation\ moyen\ horaire$ (soit 3 KW)
- $Nbj/mois$: $Nombre\ de\ jour\ de\ fonctionnement\ par\ mois$ (soit 25 jours)
- $Nbmois$: $Nombre\ de\ mois\ de\ fonctionnement\ par\ an$ (soit 12 mois)

D'où : $\boxed{\boldsymbol{Bs = 10 \times 3 \times 25 \times 12 = 12\ 000\ KWh}}$

Le besoin total annuel est donc : $\boxed{\boldsymbol{Bt = Be + Bs = 117\ 600 + 12\ 000 = 129\ 600\ KWh}}$

VIII.6.1.2 Spécificités pour Ouagadougou

L'approvisionnement en énergie au Burkina Faso peut être sujet à des coupures. Pour garantir la continuité de la production et la sécurité des processus, il est impératif de prévoir à la longue un groupe électrogène de secours d'une puissance équivalente ou supérieure au besoin total de l'atelier.

VIII.6.2 Besoins en eau

Contrairement au rechapage à chaud, qui peut nécessiter de l'eau pour refroidir les moules, le procédé à froid est beaucoup moins gourmand. Les besoins en eau sont principalement liés aux activités annexes et à la sécurité.

VIII.6.2.1 Besoins pour les procédés

Le rechapage à froid est un procédé entièrement sec. Il ne nécessite aucune quantité d'eau pendant la phase de production. Cependant, le lavage des pneus après le tri, le nettoyage de l'atelier ainsi que les besoins sociaux nécessitent une consommation d'eau.

VIII.6.2.2 Besoins généraux

Les hypothèses de calcul pour déterminer cette consommation sont les suivantes :

- **Lavage des pneus** (Bl) : 10 L/pneu. Cette hypothèse a été retenue suite aux échanges avec les vulcanisateurs qui après réception des pneus d'occasion procède à leur lavage avant la mise sur le marché ;
- **Besoins sociaux** (Bs) : Eau pour la consommation, l'hygiène du personnel (toilettes, lavabos). En fonction de la taille de l'équipe (par exemple, 10 à 20 personnes), la consommation journalière sera estimée à 500 à 1 000 litres soit un besoin de 50L/Personne/J (cours AEP Dr FAYE Moussa). Nous retenons 800L/J.
- **Nettoyage de l'atelier** (Bn) : Un nettoyage régulier des sols et des équipements est nécessaire pour maintenir la propreté, essentielle pour la qualité du rechapage. La consommation est estimée à 200 à 500 litres par jour de nettoyage. Nous retenons 400L.

Ainsi pour un atelier pouvant traiter 24 pneus par jour, nous pouvons estimer une consommation minimale (Ct) en eau comme suit :

$$\boldsymbol{Ct = (Bs + Bl \times Nbp + Bn) \times Nbj/mois \times Nbmois}$$

D'où : $\boxed{\boldsymbol{Ct = (800 + 10 \times 24 + 400) \times 25 \times 12 = 432\,000\ Litres = 432\ m^3}}$

IX ÉTUDE DE FAISABILITE FINANCIERE

IX.1 Coûts du projet

IX.1.1 Coûts d'investissement initiaux

L'investissement initial total du projet est évalué à 69,6 millions FCFA. Il couvre l'ensemble des besoins nécessaires au démarrage et à l'autonomie technique de l'unité de rechapage, en conformité avec les exigences de sécurité, de qualité et de performance industrielle.

Il se répartit comme suit :

- Équipements et machines : 28,9 millions FCFA (≈ 41 %), comprenant notamment l'autoclave de vulcanisation, les machines de préparation, d'assemblage, de réparation, ainsi que les équipements de sécurité et de manutention.
- Infrastructures et aménagements : 16,15 millions FCFA (≈ 23 %), incluant les bâtiments, ateliers, clôtures, réseaux d'eau et d'électricité.
- Consommables de démarrage : 18,43 millions FCFA (≈ 26 %), destiné à couvrir les bandes de roulement, colles, caoutchoucs, EPI et l'achat initial de pneus usagés rechapables.
- Études, autorisations et formation du personnel : 6,13 millions FCFA (≈ 10 %), garantissant la conformité réglementaire et la montée en compétence rapide des opérateurs.

Ce niveau d'investissement reste compatible avec une PME industrielle locale, tout en assurant une capacité de production évolutive.

Le tableau 12 résume les détails de l'investissement.

Tableau 12 : Investissement

DESIGNATIONS	UNITE	QUANTITE	COÛT UNITAIRE	COÛT TOTAL
EQUIPEMENTS				
Autoclave de vulcanisation pour 12 pneus	U	1	9 968 000	9 968 000
Machine à polir	U	1	4 592 000	4 592 000
Machine d'assemblage	U	1	3 136 000	3 136 000
Écarteur d'enveloppe horizontal	U	1	1 008 000	1 008 000
Machine de démontage de jante	U	1	476 000	476 000
Extrudeuse	U	1	532 000	532 000
Machine multifonction de réparation de pneus	U	1	784 000	784 000
Convoyeur à pneus	U	1	392 000	392 000
Mélangeur de colle	U	1	420 000	420 000
Collecteur de poussière	U	1	392 000	392 000
Compresseur à vis	U	1	1400000	1 400 000
Réservoir d'air	U	1	448000	448 000
Jantes	U	16	99750	1 596 000
Enveloppes extérieures	U	16	106750	1 708 000
Chambres à air	U	16	96250	1 540 000
Outils de réparation (boite complet)	U	1	492800	492 800
TOTAL 1				**28 884 800**
INFRASTRUCTURES				
Bâtiments, ateliers, cloture et ouvrages annexes	U	1	15 000 000	15 000 000
Source d'eau (réservoir avec installation)	U	1	500 000	500 000
Installation électrique, tuyauterie, raccordements	U	1	500 000	500 000
Branchement électricité	U	1	75000	75 000
Branchement eau	U	1	75000	75 000
TOTAL 2				**16 150 000**

ETUDES ET AUTORISATIONS				
Études techniques	U	1	1000000	1000000
Licences et autorisations	U	1	500000	500000
Frais de constitution	U	1	500000	500000
TOTAL 3				**2 000 000**
CONSOMMABLES				
EPI (ensemble masque a gaz, gants en cuir, lunettes de protection, chaussure de securite, tablier en cuir, blouse)	Lot	30	150000	4500000
Bande pré-vulcanisée	Kg	1000	2128	2128000
Colle en pâte	Kg	250	2240	560000
Bande de caoutchouc	Kg	1000	2240	2240000
Pneus usagés rechapables	U	1200	7500	9000000
TOTAL 4				**18 428 000**
FORMATION				
RECRUTEMENT DU PERSONNEL	Session	1	1 125 000	1 125 000
FORMATION DU PERSONNEL	Session	1	3 000 000	3 000 000
TOTAL 5				**4 125 000**
TOTAL INVESTISSEMENTS				**69 587 800**

IX.1.2 Coûts d'exploitation

Les charges annuelles d'exploitation sont estimées à 218,38 millions FCFA pour une production initiale de 7 200 pneus rechapés par an pour la première année.

Elles sont dominées par :

- L'achat des pneus usagés rechapables (près de 25 %) ;
- La consommation électrique (près de 59 %), liée à l'autoclave et aux équipements ;
- Les salaires et charges sociales (près de 7 %) ;
- La maintenance, l'eau, la logistique et les charges administratives.

Cette structure de charges confirme que l'activité est énergivore mais fortement industrialisable, justifiant le choix du rechapage à froid en autoclave multi-pneus

Le tableau 13 présente les charges d'exploitation annuelles nécessaire pour le fonctionnement de l'unité de rechapage :

Tableau 13 : Compte d'exploitation annuelle an 1

Désignation	Unité	Quantité	Coût unitaire	Coût total
Carburant pour la collecte	Litres	730	850	620 500
Achat de pneus usagés rechapables	U	7 200	7500	54 000 000
Salaires (15 employés, 800000 FCFA/mois) et charges sociales du personnel (5% salaire)	An	12	1 260 000	15 120 000
Électricité	KWh	129 600	1000	129 600 000
Eau	m3	432	3000	1 296 000
Frais de commercialisation et de distribution (soit 10% coût équipements)	Mois	12	12 350	148 200
Maintenance des machines (soit 3% coût équipements)	Mois	12	866544	10 398 528
Charges administratives (assurances, frais bancaires, impôts et taxes)/Fournitures diverses	Mois	12	600000	7 200 000
Total Charges				**218 383 228**

IX.1.3 Calcul du Prix de Revient Unitaire (PRU)

L'analyse financière est volontairement centrée sur le pneu poids lourd 295/80 R22.5, format le plus répandu sur le marché du transport au Burkina Faso et le plus pertinent pour le rechapage industriel.

Le calcul du prix de revient unitaire intègre :

- Les frais variables,
- Les frais fixes,
- Les amortissements annuels des équipements (7 ans) et des infrastructures (10 ans).

Le PRU ressort à 34 539 FCFA par pneu rechapé, avec :

- Une prédominance des coûts de matières premières (56 %) ;

- Une part maîtrisée des charges fixes (16 %).

Le prix de vente unitaire est fixé à 39 719 FCFA, correspondant à une marge brute d'environ 30 %.

Tableau 14 : Différenciation des pneumatiques

Amortissement annuel	
Équipements (sur 7 ans)	4 126 400
Infrastructures (sur 10 ans)	1 615 000
Total amortissement annuel	**5 741 400**
Volume min de production annuelle	7200
Charges variables	2559
Charges fixes	1648
Charges exploitation unitaire	**30 331**
Prix de Revient Unitaire (PRU)	**34 539**
Prix de vente unitaire pneu rechapé (FCFA) (soit 30% PRU)	**39 719**

Cette politique tarifaire positionnée à 50 % du prix d'un pneu neuf PL de même dimension (généralement entre 75 000 et 250 000 FCFA selon la marque), permet non seulement d'offrir un produit compétitif sur le marché dominé par des pneus d'occasion et marque budget, mais aussi de répondre à la demande croissante des transporteurs et particuliers pour des produits économiques et durables. Cependant, on constate que les matières premières représentent la part la plus significative avec 56% du coût total de revient, ce qui souligne l'importance de la maîtrise des approvisionnements et de la qualité des carcasses.

IX.2 Analyse de la rentabilité et de la viabilité

IX.2.1 Compte de résultat prévisionnel

Les projections financières sur 10 ans montrent une montée en régime progressif et robuste de l'activité.

- Le chiffre d'affaires annuel évolue de 286 millions FCFA en année 1 à 429 millions FCFA dès l'année 6, puis se stabilise.

- L'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) passe de 67,6 millions FCFA à plus de 183 millions FCFA, traduisant un fort levier opérationnel.
- Le résultat net est positif dès la première année (30,7 millions FCFA) et atteint environ 110 millions FCFA par an à partir de l'année 6.

Ces résultats confirment que le projet devient pleinement rentable dès la troisième année, après absorption des charges fixes et des amortissements. Les résultats complets du compte de résultat prévisionnel sont présentés dans le tableau 20 en annexe.

IX.2.2 Indicateurs de rentabilité

L'analyse de rentabilité (tableau 20 en annexe) montre que le projet de rechapage est économiquement viable et performant. Les indicateurs financiers confirment la solidité économique du projet :

- Seuil de rentabilité : environ 4 041 pneus/an à partir de l'année 6, soit moins de 40 % de la capacité installée.
- Retour sur investissement (ROI) : atteint 158 % dès la sixième année**.**
- Délai de récupération du capital : augmentation à environ 3,5 à 4 ans, bien inférieur à la durée d'amortissement des équipements.

La marge de sécurité renforce la résilience du projet face aux aléas du marché.

IX.2.3 Analyse de sensibilité

L'étude de sensibilité montre que la rentabilité du projet reste robuste même en cas de :

- Augmentation de 10 % du coût des matières premières,
- Baisse de 10 % du volume de vente.

La marge de sécurité demeure positive, confirmant la résilience économique du projet face aux aléas du marché local.

X CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a démontré que la création d'une unité de rechapage de pneus usagés à Ouagadougou est techniquement faisable, économiquement rentable et environnementalement pertinente dans le contexte burkinabè. Les analyses économiques confirment la viabilité du projet, avec un prix de revient unitaire de 34 539 FCFA pour le pneu poids lourd de référence 295/80 R22.5, un prix de vente de 39 719 FCFA et un retour sur investissement de 158 % à partir de la sixième année, traduisant une forte capacité de création de valeur.

Techniquement, le rechapage à froid semble être la technologie la plus appropriée au contexte local. Cela s'explique par sa flexibilité, son faible besoin en énergie et son coût d'investissement raisonnable pour une PME (67,6 millions FCFA). Cependant, sa réussite dépend grandement de la qualité des carcasses existantes. Dans un marché où prédominent les pneus d'occasion et les marques « budget », le pourcentage de pneus qui peuvent réellement être rechapés est limité (0-20 % retenue pour les poids lourds et 10-15 % pour les véhicules légers).

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV), utilisée comme outil d'aide à la décision, a permis de comparer les différentes options technologiques de valorisation des pneus usagés. Les résultats montrent que le rechapage à froid, comparé au celui à chaud, permet une réduction d'environ 44 % des émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, le rechapage loin d'être une simple politique de gestion des déchets, est un véritable projet de développement durable, porteur de bénéfices sanitaires et environnementaux majeurs.

D'un point de vue socio-économique, le projet favorisera la création de près de 15 postes directs, le recyclage de 7 200 à 10 800 pneus usagés par an à moyen terme et la diminution significative du coût d'acquisition des pneumatiques pour les utilisateurs de près de la moitié. De plus, il contribuera directement à la sécurité routière en fournissant des pneus vérifiés et certifiés. L'étude démontre donc que le rechapage peut se transformer en un outil industriel structurant, si elle est soutenue par des dispositifs institutionnels, réglementaires et techniques appropriées.

Pour faire face aux multiples défis et transformer cette forte potentialité financière en succès réel et durable, nous formulons certaines recommandations à prendre en compte :

- Recommandations opérationnelles

  - Mettre en place un système de collecte, d'inspection et de contrôle qualité rigoureux des carcasses en fin de vie ;
  - Développer un réseau structuré de collecte avec les vulcanisateurs et les former à la reconnaissance des pneus rechapables ;
  - Former le personnel aux techniques de rechapage et de maintenance puis le mettre en stage pratique d'au moins deux semaines dans une industrie de rechapage existante.

- Recommandations commerciales

  - Mettre l'accent sur la qualité, puis établir un label qualité et obtenir une certification de qualité formelle pour avoir la confiance des transporteurs avec des garanties de 6 à 12 mois ;
  - Sensibiliser les transporteurs aux avantages et développer un marketing ciblé sur le calcul des économies d'exploitation offertes par le rechapage pour les gestionnaires de flottes (PL et bus) tout en insistant sur le triptyque économie, qualité certifiée, et sécurité routière ;
  - Mettre en place un système de prime ou de ristourne pour les vulcanisateurs revendeurs afin de stimuler la vente ;
  - Collaborer avec la DGTTM et autres institutions publiques comme privées pour crédibiliser l'offre.

- Recommandations financières

  - Explorer des mécanismes de financement verts (fonds climatiques, coopération internationale, financements RSE) ;
  - Favoriser des partenariats public-privé (PPP) pour alléger les coûts d'investissement initiaux ;
  - Prévoir une trésorerie de sécurité pour 6 mois d'exploitation ;
  - Échelonner les investissements y compris le personnel non indispensable.

- Recommandations institutionnelles

  - Actualiser le cadre réglementaire sur la gestion des déchets spéciaux et inertes, en y intégrant explicitement les pneus usagés et rechapés ;
  - Mettre en œuvre un registre national des importateurs et distributeurs de pneus, afin de mieux contrôler la qualité des produits entrant sur le marché ;
  - Instituer un label de qualité national pour les pneus rechapés, garantissant leur conformité technique et leur sécurité d'utilisation ;
  - Encourager les grandes entreprises de transport, les collectivités et les services publics à intégrer le rechapage dans leurs politiques d'achat durable.

- **Recommandations pour recherches futures**

  - Approfondir l'ACV comparatif entre technologies de rechapage (froid vs chaud) en contexte sahélien ;
  - Étudier la durée de vie réelle des pneus rechapés en conditions locales ;
  - Analyser le potentiel de rechapage des pneus de VL ;
  - Étudier la faisabilité d'une filière intégrée incluant le recyclage ;
  - Développer des indicateurs de performance environnementale spécifiques.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME. 2016. « Guide sur les techniques alternatives aux pneus usagés pour le maintien des bâches d'ensilage ». La librairie ADEME, novembre 25. https://librairie.ademe.fr/economie-circulaire-et-dechets/2336-guide-sur-les-techniques-alternatives-aux-pneus-usages-pour-le-maintien-des-baches-d-ensilage.html.

Aimon, Dominique, et Estelle Panier. 2014. « La mise en pratique de l'économie circulaire chez Michelin : » *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* N° 76 (4): 38-44. https://doi.org/10.3917/re.076.0038.

Amadou, TOURE. 2015. *GESTION DES PNEUS USAGES DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU*. juillet 15.

Ammar, Karem. 2009. « Optimisation des remplacements de pneus sous contraintes de fiabilité et de coûts: cas d'une société de transport en commun ». École Polytechnique de Montréal.

BestDrive. 2024. « catalogue_poids lourd 2024 ». www.pro.bestdrive.fr.

Continental. 2024. « Guide des données de rechapage 2024 ». https://www.continental-tires.com/content/dam/conti-tires-cms/continental/market-content/ca/truck-tires/brochures/2024/brochures/TT-CT-BK-DATA-FR.pdf.coredownload.pdf.

Eric Arthur, Prosper Dorfiah, Inga Hilbert, Vincent Nartey Kyere, et Paul Kwesi Ocran. 2020. « Waste tyre management Baseline study for Ghana ». octobre. https://www.wrforum.org/wp-content/uploads/2024/02/SRI_2020_WasteTyres-Ghana.pdf?utm_source=chatgpt.com.

ETRMA. 2020. « ETRMA-Sectoral-impact-analysis-update.pdf ». avril. https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2020/05/20200423-ETRMA-Sectoral-impact-analysis-update.pdf.

ETRMA. 2025. « End-of-life tyres in a circular economy: ETRMA's perspective on a competitive recycling sector ». *ETRMA*, juin 13. https://www.etrma.org/news/end-of-life-tyres-in-a-circular-economy-etrmas-perspective-on-a-competitive-recycling-sector/.

Faroudja, Meziani. 2012. « REDUCTION DE LA POLLUTION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LE RECYCLAGE ET LA VALORISATION DES PNEUS USAGÉS ». *Communication science et technologie* 10 (1): 13-18.

GOODYEAR, DUNLOP. 2024. « brochure-rechapage-fr.pdf ». https://www.dunlop.eu/content/dam/dunlop/truck/common/downloads/fr/brochure-rechapage-fr.pdf.

Jolliet, Olivier, Alain Dubreuil, Thomas Gloria, et Michael Hauschild. 2005. *Progresses in life cycle impact assessment within the UNEP/SETAC life cycle initiative*.

Les professionnels du pneus. 2004. « Le_Guide_de_la_Reparation_des_Pneumatiques.pdf ». https://www.pneurama.fr/IMG/pdf/Le_Guide_de_la_Reparation_des_Pneumatiques.pdf.

MARTINON, Pierre. 1992. « Les grandes fabrications Le rechapage des pneumatiques ». Techniques de l'Ingénieur, mai 10. https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-plastiques-et-composites-tiaam/archive-1/les-grandes-fabrications-le-rechapage-des-pneumatiques-a7718/.

MICHELIN. 2016. « Fabrication de pneus et recyclage | MICHELIN ». https://www.michelin.fr/auto/conseils/regles-pneus/fabrication-recyclage-pneus.

MICHELIN. 2018. « GUIDE D'UTILISATION ET DE maintenance, PNEUS MICHELIN® GÉNIE CIVIL ET travaux publics ». GUM_2017_FR_CHAP00_V03_Fab_150_J.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE, ET SOLIDAIRE, MINISTÈRE, et Syndicat National du Caoutchouc et des Polymères (SNCP). 2020. « Valorisation du rechapage pour l'allongement de la durée de vie des pneumatiques poids lourds ». https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/ECV%20-%20SNCP%20-%20Bilan.pdf.

Moreau, Annabelle. 2025. « Les rechapeurs québécois ont besoin de meilleurs pneus ». Le Devoir, juillet 14. https://www.ledevoir.com/societe/transports-urbanisme/900031/rechapeurs-quebecois-ont-besoin-meilleurs-pneus.

Moulin, Ludovic. 2018. « Vapothermolyse des pneus usagés. Valorisation du noir de carbone récupéré, relation procédé-produit ». Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.

Narra, Mona-Maria, Djangbadjoa Gbiete, Komi Agboka, Satyanarayana Narra, et Michael Nelles. 2024. « Tracing the EoL Tyre Management Chain in Togo with Focus on Implementing a Tyre Recycling Plant ». *Sustainability* 16 (21): 9193. https://doi.org/10.3390/su16219193.

NDRIANOME, Tsiaroniaina Cally Andrianirianasoa. 2021. « ETUDE DE LA VALORISATION DES PNEUS USES POUR LA FABRICATION DE PRODUITS PETROLIERS ». file:///C:/Users/DELL/Desktop/Rechapage/Revus/ndrianomeTsiaroniainaCA_ESPA_MAST_21.pdf.

ROTH International. 2016. « Pneus usagés : broyage, recyclage et valorisation ». https://www.untha.com/fr/actualites/Pneus-usages-broyage-recyclage-et-valorisation.

SADAKA, Faten. 2010. « Docteur de l'Université Du Maine Spécialité: Chimie et Physicochimie des Polymères ». Université du Maine.

Schneider, L. Guerin, et M. Tsanga Tabi. 2015. « Un nouvel outil d'évaluation environnementale à l'appui des politiques de développement durable des collectivités: appropriation de l'Analyse du Cycle de Vie par les services d'assainissement ». *4e colloque AIRMAP: Les nouveaux territoires du management public*, 18 p.

Schrey, H. 1988. « LE RECHAPAGE ». *REVUE T*, n^{os} 1-2. https://trid.trb.org/View/1021059.

Syndicat des Professionnels du Pneus. 2017. « 24e04-livre_blanc_rechapage_sncp_spp_juin_2017.pdf ». juin. https://1001pneus.blog/wp-content/uploads/2020/09/24e04-livre_blanc_rechapage_sncp_spp_juin_2017.pdf.

Trouzine, Habib, Aissa Asroun, Nasser Asroun, Farid Belabdelouhab, et Nguyen Thanh Long. 2011. « Problématique des pneumatiques usagés en Algérie ». *Revue Nature et Technologie* 3 (2): 28-35.

UNEP DTIE-IETC. 2016. « Compendium of Technologies for the Recovery of Materials/Energy from End of Life (EoL) Tyres Final Report ». septembre 29. https://www.unep.org/ietc/resources/report/compendium-technologies-recovery-materials-energy-end-life-eol-tyres.

VIPAL. 2021. « manual-reforma-pneus-de-carga-ingles-2021-web.pdf ». avril 23. https://vipal.com/pt_br/download/manual-reforma-pneus-de-carga-ingles-2021-web.pdf.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaires de collecte des données

N° 1 : Questionnaire propriétaires de véhicules

1. Date de l'enquête : _____
2. Localisation du site : _____
3. Quel type de véhicule possédez-vous principalement ? (Choisissez une option)

Véhicule Poids Lourds☐ Minibus / Véhicule léger☐ Autre (précisez) ☐

4. Combien de kilomètres parcourez-vous en moyenne avant de changer de pneus ?

Moins de 1 000 km☐ 1 000 à 10 000 km☐ Plus de 10 000 km☐

5. Quand vous changez vos pneus, quel type de pneu achetez-vous habituellement ? (Vous pouvez choisir plusieurs options)

Pneus neufs de marque (réputée) ☐ Pneus neufs "économiques" ou "prix budget"☐

Pneus d'occasion☐ Pneus rechapés☐ Je fais réparer mes pneus tant que possible☐

6. Quels sont les 3 critères les plus importants pour vous lors de l'achat d'un pneu ? (Numérotez de 1 à 3, 1 étant le plus important)

Prix☐ Sécurité☐ Durabilité / Longévité☐ Marque/ Réputation☐
Disponibilité immédiate☐ Garantie☐

7. Combien de pneus changez-vous en moyenne par an ? (Indiquez une fourchette ou nombre approximatif)
8. Que faites-vous de vos pneus usagés une fois qu'ils sont remplacés ou non réparables ? (Vous pouvez choisir plusieurs options)

Je les laisse chez le garagiste / vendeur de pneus☐ Je les jette dans la nature / à la décharge☐

Je les utilise pour d'autres usages (bricolage, décoration, etc.) ☐ Je les brûle☐

Je les vends à des collecteurs informels☐ Autre (précisez) ☐

9. Aviez-vous déjà entendu parler du rechapage de pneus avant cette enquête ?

Oui☐ Non☐

10. Si oui, qu'en pensez-vous globalement ? (Choisissez une option)

C'est une bonne solution, sûre et économique☐ J'ai des doutes sur la sécurité ou la qualité☐ Je ne connais pas suffisamment pour avoir un avis ☐

11. Avez-vous déjà envisagé (ou sériez-vous intéressé) d'acheter des pneus rechapés pour votre véhicule ?

Oui, sérieusement☐ Oui, mais avec des hésitations☐ Non, jamais☐ Je n'étais pas au courant de cette option☐

12. Selon vous, quels seraient les principaux avantages d'utiliser un pneu rechapé ? (Vous pouvez choisir plusieurs options)

Moins cher qu'un pneu neuf☐ Meilleur pour l'environnement (réduit les déchets) ☐ Performance et sécurité comparables à un neuf (si bonne qualité) Soutient l'économie locale☐ Autre (précisez) ☐

13. Quels seraient vos principales préoccupations ou freins à l'achat d'un pneu rechapé ? (Vous pouvez choisir plusieurs options)

La sécurité (peur qu'il éclate) ☐ La durabilité (peur qu'il s'use vite) ☐ Le manque de confiance dans la qualité locale☐ Le manque de garantie☐ L'image (perception négative par l'entourage) ☐ La disponibilité☐ Autre (précisez) : ☐

14. Si une entreprise locale de rechapage de pneus de qualité était disponible à Ouagadougou, offrant une garantie et des normes de sécurité claires, seriez-vous prêt(e) à acheter des pneus rechapés ?

Oui, très probablement☐ Oui, si le prix est vraiment intéressant☐ Peut-être, j'aurais besoin de plus d'informations/preuves☐ Non, je préfère rester sur du neuf ou de l'occasion☐

15. Si oui, quel pourcentage du prix d'un pneu neuf seriez-vous prêt(e) à payer pour un pneu rechapé de qualité garantie ?

Moins de 40%☐ 40% à 50%☐ 51% à 60%☐ Plus de 60%☐

16. Avez-vous des suggestions ou des commentaires supplémentaires concernant l'idée d'une entreprise de rechapage de pneus à Ouagadougou ?

N° 2 : Questionnaire garagistes / vulcanisateurs

1. Date de l'enquête : _____
2. Localisation du site : _____
3. Nombre d'années d'expérience dans le métier : _____
4. Clientèle principale (particuliers, transporteurs, taxis, mixte) : ____
5. Quel est le volume moyen de pneus que vous remplacez par mois ? ____
6. Comment gérez-vous les pneus usagés non réparables ou remplacés par vos clients ?

Jetés☐ vendus à des collecteurs☐ stockés☐ brûlés☐

7. Combien de carcasses de pneus de poids lourds (potentiellement rechapables) estimez-vous générer par mois ? ____
8. Seriez-vous intéressé(e) par un service de collecte régulier de ces carcasses par une entreprise de rechapage ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, seriez-vous prêt(e) à les vendre à un prix symbolique ? ☐ Si oui, seriez-vous prêt(e) qu'elles soient enlevées gratuitement ? ☐

Si à prix symbolique, à combien êtes prêt à céder ?

Moins de 2000 F☐ 2000 F à 5 000 F☐ Plus de 5 000 F☐

9. Connaissez-vous le rechapage de pneus (déjà vu pneus rechapés ou travaillé avec) ?

Oui ☐ Non ☐

10. Quelle est votre opinion générale sur les pneus rechapés ?

Bonne qualité☐ Mauvaise qualité☐ Bonne sécurité☐ Mauvaise sécurité☐

Durable☐ Non durable☐

11. Vos clients vous demandent-ils parfois des informations sur le rechapage ou sont-ils intéressés par cette option ?

Oui ☐ Non ☐

12. Si une entreprise locale proposait des pneus rechapés de qualité, seriez-vous prêt(e) à les recommander à vos clients ?

Oui, sans hésiter ☐ Oui, si bonne garantie☐ Non, pas vraiment ☐

13. Verriez-vous un intérêt à devenir un revendeur de pneus rechapés pour cette nouvelle entreprise ?

Oui ☐ Non ☐

14. Avez-vous des suggestions pour garantir la qualité et la sécurité des pneus rechapés produits localement ?

N° 3 : Questionnaire Direction Générale des Transports Terrestres et Maritimes (DGTTM)

1. Date de l'enquête : _____
2. Localisation du site : _____
3. Quelles sont les statistiques les plus récentes concernant le parc automobile national et spécifiquement celui de la ville de Ouagadougou de 2014 à 2023 ?

- Nombre total de véhicules immatriculés : _____
- Camions : _____
- Bus : _____
- Véhicules légers : _____
- Motos : _____

- Autres : _____

4. Existe-t-il des données ou des estimations sur le volume annuel de pneus neufs importés au Burkina Faso ?

Oui ☐ Si oui : nombre _____ Non ☐

5. La DGTTM mène-t-elle des études sur la durée de vie moyenne des pneus utilisés par les différents types de véhicules au Burkina Faso ?

Oui ☐ Si oui : durée moyenne par type _____ Non ☐

6. Existe-t-il des réglementations spécifiques concernant l'utilisation des pneus sur les véhicules de transport de personnes ou de marchandises (par exemple, normes de sécurité, profondeur des sculptures, âge des pneus) ?

Oui ☐ Si oui : dire la/lesquelles _____ Non ☐

7. Comment la DGT perçoit-elle l'utilisation des pneus rechapés en termes de sécurité routière ?

8. Y a-t-il des normes ou des directives nationales pour les pneus rechapés ?

Oui ☐ Si oui : dire la/lesquelles _____ Non ☐

9. Y a-t-il des incitations ou des politiques gouvernementales visant à promouvoir l'économie circulaire ou la valorisation des déchets dans le secteur des transports ? (subvention, facilitation, fiscalité verte, etc.)

Oui ☐ Si oui : dire la/lesquelles _____ Non ☐

10. Comment la DGTTM pourrait-elle soutenir ou collaborer avec une entreprise locale qui mettrait en œuvre le rechapage de pneus, par exemple en termes de sensibilisation, de normalisation, ou d'adoption par les flottes publiques ? _____

N° 4 : Questionnaire Direction de la Protection de l'Environnement/Mairie

1. Nom du service/département : _____
2. Date de l'enquête : _____

3. Quelle est la politique actuelle de la ville de Ouagadougou concernant la gestion des déchets solides, en particulier les déchets encombrants comme les pneus usagés ? _____

4. Existe-t-il des directives spécifiques ou des plans pour la valorisation ou le recyclage des pneus usagés à Ouagadougou ?

Oui ☐ Si oui : dire la/lesquelles _____ Non ☐

5. Quels sont les principaux défis rencontrés dans la gestion des pneus usagés ? (Manque de ressources, absence de filières, incivisme, etc.) _____

6. Quels sont les permis et autorisations nécessaires pour l'implantation et l'exploitation d'une usine industrielle de rechapage de pneus à Ouagadougou ? _____

7. Comment votre service perçoit-il l'idée de la création d'une entreprise locale de rechapage de pneus usagés ? (Très favorable, favorable, neutre, défavorable) _____

8. Quels types de soutien votre service ou la Mairie pourrait-il apporter à un tel projet ? (Facilitation administrative, subvention, fiscalité verte, sensibilisation, accompagnement technique, incitations) _____

9. Utilisez-vous des pneus pour leurs véhicules ou seriez-vous intéressés par des pneus rechapés de qualité pour les véhicules municipaux ?

Oui ☐ Non ☐

N° 5 : Questionnaire importateurs / vendeurs de pneus neufs

1. Nom de l'entreprise : _____

2. Date de l'enquête : _____

3. Quels sont les principaux types de pneus que vous vendez ?

Neuf prémium ☐ Neuf prix budget☐ Occasions/France aurevoir ☐ Rechapé☐

4. Comment décririez-vous la dynamique actuelle du marché des pneus à Ouagadougou (Type de pneu le plus demandé) ?

Neuf prémium ☐ Neuf prix budget☐ Occasions/France aurevoir ☐ Rechapé☐

5. Connaissez-vous le concept du rechapage de pneus ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, quelle est votre opinion générale sur les pneus rechapés ?

Bonne qualité☐ Mauvaise qualité☐ Bonne sécurité☐ Mauvaise sécurité☐

Durable☐ Non durable☐

6. Estimez-vous que le rechapage représente une menace ou une opportunité pour votre activité à long terme ?

Oui ☐ Pourquoi ?_____ Non ☐ Pourquoi ? _____

7. Vos clients vous demandent-ils parfois des informations sur le rechapage ou sont-ils intéressés par cette option ?

Oui ☐ Non ☐

8. Existe-t-il déjà des entreprises de rechapage formelles ou informelles à Ouagadougou ou au Burkina Faso que vous connaissez ?

Oui ☐ Non ☐

9. Si une entreprise locale proposait des pneus rechapés de qualité, seriez-vous prêt(e) à les recommander à vos clients ?

Oui, sans hésiter ☐ Oui, si bonne garantie☐ Non, pas vraiment ☐

10. Verriez-vous un intérêt à devenir un revendeur de pneus rechapés pour cette nouvelle entreprise ?

Oui ☐ Non ☐

11. Avez-vous d'autres commentaires ou suggestions concernant le marché des pneus et la possibilité de développer le rechapage à Ouagadougou ?

Annexe 2 : Tableaux des équipements et consommables

Tableau 15 : Équipements

N°	Nom de l'équipement	Qté	Fonction principale	Spécifications techniques	Images
1	**Autoclave de vulcanisation**	1	Cuisson des pneus sous pression et température contrôlées pour lier la bande de roulement à la carcasse	• Taille : DN 1500×4000, • Capacité : 12 pneus de 17,5 à 24" • Dimensions : 5000×2100×2100 mm, • Fonctionnement : chauffage électrique, • Puissance : 380V/50Hz/triphasé, 33Kw • Poids : 3000kg	
2	**Machine à polir (Meuleuse)**	1	Préparation de la surface de la carcasse après déchapage pour une adhérence optimale	• Modèle : HS-BM, • Type de pneus : 17.5-24", • Dimensions : 1600×1800×2100 mm, • Capacité : 16KW, • Poids : 1550kg	

3	**Machine d'assemblage (Rouleuse)**	1	Application et centrage précis de la bande prévulcanisée sur la carcasse encollée	• Modèle ; FTT-B, • Type de pneus : 17,5 à 24", • Dimensions : 1800×2100×2100 mm, • Capacité : 1,1KW, • Poids : 850kg	
4	**Écarteur d'enveloppe horizontal**	1	Écartement des flancs pour inspection visuelle des dommages internes de la carcasse	• Modèle : BCZ-B, • Spécification : 20 kg/h, • Dimensions : 1600×1500×2100 mm, • Poids : 150kg	
5	**Machine de démontage de jante**	1	Démontage/montage des pneus sur les jantes de vulcanisation	• Modèle : LJC-A, • Type de pneus : 17,5 à 24", • Dimensions : 1500×1300×800 mm, • Poids : 100kg	
6	**Extrudeuse**	1	Fabrication de bandes de caoutchouc pour réparations (optionnel)	• Modèle : ML-EXT, • Puissance : 380V/50HZ • Capacité : 1,5Kw, • Dimensions : 1000×900×500 mm,	

				• Poids : 80kg	
7	**Machine multifonction de réparation**	2	Réparation des coupures et dommages mineurs des carcasses	• Modèle ML-XTJ, • Dim : 1200×1000×1500 mm, • Poids : 100kg • Capacité : 0,18 Kw	
8	**Convoyeur à pneus**	1	Transport des pneus entre les postes de travail	• Dimensions : 1500×3000 mm	
9	**Mélangeur de colle**	1	Mélange homogène de la colle de vulcanisation avant application	• Modèle : XJB-B • Specification : 80L • Dimensions : 0,8x0,6x1,5m • Poids : 60kg • Capacité : 1,5kw	

10	**Collecteur de poussière**	**1**	Aspiration des particules lors du meulage et déchapage	• Modèle : ML-5JG-5 • Puissance : 380V/50HZ • Dimensions : 1600×780×2000 mm • Poidst : 220kg • Capacité : 3Kw	
11	**Compresseur à vis**	**1**	Alimentation en air comprimé de tous les équipements pneumatiques	• Débit : 1,2 m³/min,	
12	**Réservoir d'air**	**1**	Stockage de l'air comprimé et régulation de la pression	• Volume : 1 m³	

Tableau 16 : Matériaux (consommables)

N°	Nom du matériau	Qté	Fonction principale	Caractéristiques techniques	Images
1	**Jantes de vulcanisation**	16 pièces	Support pour le montage des pneus pendant la vulcanisation	• Acier galvanisé, • Différents diamètres : 15" à 24"	
2	**Enveloppes extérieures**	16 pièces	Application de pression uniforme pendant la vulcanisation	• Caoutchouc butyle renforcé, • Différentes tailles : 15" à 24"	
3	**Chambres à air**	16 pièces	Mise sous pression interne du pneu pendant la cuisson	• Caoutchouc naturel, • Valve standard	
4	**Outils de réparation**	1 set	Réparation des coupures et dommages des carcasses	• Mèches, aiguilles, • Patches de réparation	

5	**Bande pré-vulcanisée**	500 kg	Nouvelle bande de roulement avec sculptures	• Largeur : 200 à 400 mm, • Épaisseur : 12 à 20 mm	
6	**Colle en pâte**	500 kg	Adhésion entre la carcasse et la bande de roulement	• Base caoutchouc naturel, • Temps de prise : 2 à 4 heures	
7	**Bande de caoutchouc**	500 kg	Réparation des blessures profondes (optionnel)	• Largeur : 50 à 100 mm, • Épaisseur : 2 à 5 mm	

Annexe 3 : Tableaux de l'étude financière

Tableau 17 : Compte de Résultat Prévisionnel

Indicateurs	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
Prévisions de vente annuelle (pneus)	7200	7920	8712	9583	10542	10800	10800	10800	10800	10800
Prix de vente unitaire pneu rechapé (FCFA)	39719	39719	39719	39719	39719	39719	39719	39719	39719	39719
Chiffre d'affaires (FCFA)	285979272	314577199	346034919	380638411	418702252	428968908	428968908	428968908	428968908	428968908
Charge d'exploitation annuelle	218 383 228	223 783 228	229 723 228	236 257 228	243 444 628	245 383 228	245 383 228	245 383 228	245 383 228	245 383 228
Excèdent brut d'exploitation	**67 596 044**	**90 793 971**	**116 311 691**	**144 381 183**	**175 257 624**	**183 585 680**	**183 585 680**	**183 585 680**	**183 585 680**	**183 585 680**
Amortissements	5 741 400	5 741 400	5 741 400	5 741 400	5 741 400	5 741 400	5 741 400	5 741 400	5 741 400	5 741 400
Résultat d'exploitation	**61 854 644**	**85 052 571**	**110 570 291**	**138 639 783**	**169 516 224**	**177 844 280**	**177 844 280**	**177 844 280**	**177 844 280**	**177 844 280**
Charges financières	18 000 000	21 240 000	21 240 000	21 240 000	21 240 000	21 240 000	21 240 000	21 240 000	21 240 000	21 240 000
Résultats avant impôts	**43 854 644**	**63 812 571**	**89 330 291**	**117 399 783**	**148 276 224**	**156 604 280**	**156 604 280**	**156 604 280**	**156 604 280**	**156 604 280**
Impôts sur le résultat (30%)	13 156 393	19 143 771	26 799 087	35 219 935	44 482 867	46 981 284	46 981 284	46 981 284	46 981 284	46 981 284
Résultat net	**30 698 251**	**44 668 800**	**62 531 204**	**82 179 848**	**103 793 357**	**109 622 996**	**109 622 996**	**109 622 996**	**109 622 996**	**109 622 996**

Tableau 18 : Prix de Revient Unitaire (PRU)

Amortissement annuel	
Équipements (sur 7 ans)	4 126 400
Infrastructures (sur 10 ans)	1 615 000
Total amortissement annuel	**5 741 400**
Volume min de production annuelle	7200
Charges variables	2559
Charges fixes	1648
Charges exploitation unitaire	**30 331**
Prix de Revient Unitaire (PRU)	**34 539**
Prix de vente unitaire pneu rechapé (FCFA) (soit 30% PRU)	**39 719**

Tableau 19 : Indicateurs de rentabilité

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
Marge sur coût variable unitaire (MCVu) (FCFA)	2 559	2 327	2 115	1 923	1 748	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706
Seuil de rentabilité (point mort) (Pneus)	9092	7514	6210	5132	4241	4041	4041	4041	4041	4041
Retour sur investissement (ROI) (%)	44	64	90	118	149	158	158	158	158	158