

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Technologie

Département : Génie Industriel Et Maintenance

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état

Spécialité - Génie Industriel

- Thème -

Étude économique de création d'entreprise de recyclage des pneus

Réalisé par

Kahina Bouarour et Latreche Abdelkhalak

Les membres de Jury :

M. Mohammed MESLOUB (MCA)	Président
M. Hamza BOUDHAR (MCB)	Encadrant
M. Rabah GOURI (Professeur)	Co-encadrant
Mme. Leila GHOMARI (MCA)	Examinatrice

Alger, le 06/07/2022

Année universitaire 2021 –2022

Dédicaces

À mes très chers parents,

Tant d'expressions et de phrases éloquentes ne peuvent exprimer l'étendue de ma gratitude, de mon amour et de ma reconnaissance pour vous. Vos conseils ont été la lumière de mon parcours. Pendant les années de mes études, vous n'avez jamais cessé de me soutenir et de m'encourager. Je vous dois le moi d'aujourd'hui et le moi de demain. Je ferai toujours de mon mieux pour garder votre fierté et ne pas vous décevoir. Que le Tout-Puissant vous accorde santé, bonheur et longue vie, à l'abri de tout mal.

À mon frère,

Pour son soutien et sa présence.

À mon binôme,

Pour son sérieux et son habilement.

À toute ma famille, notamment mes oncles et tantes,

Pour leur implication et leur encouragement de près ou de loin.

Latreche Abdelkhalak.

Dédicaces

A mes parents,

Pour l'éducation, l'amour, le soutien et le confort qu'ils m'ont apportés.

A mes sœurs et mon frère,

Pour la générosité, l'amour et l'encouragement qu'ils m'ont donnés.

A mes amis,

Pour tous les bons moments et rires qu'on a partagés ensemble.

A mon binôme,

Pour son travail dévoué et sa patience.

Enfin, à moi-même.

Bouarour Kahina.

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à exprimer nos remerciements à notre encadrant M. BOUDHAR Hamza, maître conférencier à l'ENST, pour ses conseils et orientations avisés, sa patience tout au long de l'élaboration de ce travail et du temps qu'il nous a consacré pour nous guider malgré ses diverses préoccupations.

On présente nos sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

On souhaite également remercier l'ensemble des enseignants et le corps administratif de l'ENST qui nous ont accompagné durant notre cursus académique.

Enfin, on souhaite remercier toute personne, ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Table des matières

Dédicaces	i
Remerciements	iii
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vii
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : De l'économie linéaire vers l'économie circulaire	3
Introduction :	3
1.1. Historique des pneus :.....	3
1.2. L'industrie du pneu :.....	6
1.3. Composition du pneu :.....	10
1.4. Processus de fabrication des pneus :.....	14
1.5. Processus de fabrication des granulés (recyclage des pneus).....	16
1.6. Valorisation des pneus :.....	22
1.6.1. Les déchets dans le monde :.....	22
1.6.2. Les déchets pneumatiques en Algérie :.....	23
1.6.3. La valorisation des PUNR :	25
Conclusion :.....	34
Chapitre 2 : L'étude de marché	35
Introduction :	35
2.1. L'idée :.....	35
2.2. Clients :.....	36
2.3. Fournisseurs :.....	37
2.4. Le marché et concurrence :.....	38
Conclusion :.....	43
Chapitre 3 : Etude économique.....	44
Introduction :	44
3.1. Besoins de démarrage :.....	44
3.1.1. Immobilisations incorporelles :.....	44
3.1.2. Immobilisations corporelles :.....	45
3.1.3. Stock de matières et produits :	45
3.1.4. Trésorerie de départ :	45
3.2. Etude de faisabilité économique :.....	47
3.2.1. Étude interne :	47
3.2.2. Étude externe :	50
3.3. Calcul du temps de retour sur investissement (ROI) :.....	51

3.3.1. Chiffre d'affaires :.....	51
3.3.2. Les charges fixes :.....	52
3.3.3. Les charges variables :.....	52
3.3.4. Calcul du temps de ROI :.....	53
Conclusion :.....	54
Chapitre 4 : Business model	55
Introduction :	55
4.1. La proposition de valeur :.....	55
4.2. Les segments de marché :.....	58
4.3. Relations clients :.....	58
4.4. La stratégie de distribution :	58
4.5. Les activités clés :.....	59
4.6. Les ressources clés :	59
4.7. Les partenaires clés :.....	60
4.8. La structure de coûts :.....	60
4.9. Les différentes sources de revenu et la stratégie de pricing :	60
Conclusion (Business Model Canvas) :.....	61
Conclusion générale et perspectives	62
Bibliographie.....	64
Annexes	68

Liste des tableaux

Tableau 1 options de retour des types de valorisation.	34
Tableau 2 L'état actuel des entreprises ouvertes depuis 2014 dans le domaine du recyclage des pneus usagés.	41
Tableau 3 Représentation de la matrice SWOT du marché algérien du recyclage des PUNR.	43
Tableau 4 Investissements incorporelles et corporelles du projet.	46
Tableau 5 Salaires et nombre d'effectif requis.	47
Tableau 6 Calcul du prix de revient interne.	49
Tableau 7 Étude des prix de ventes des produits finis chez les concurrents.	50
Tableau 8 Les amortissements.	52
Tableau 9 Compte de résultats des 3 premiers mois.	53
Tableau 10 Compte de résultats du 4ème mois.	54

Liste des figures

Figure 1-1 Roue à l'ère néolithique.....	3
Figure 1-2 Roue à l'ère néolithique 2.....	4
Figure 1-3 Roue métallique.....	4
Figure 1-4 Pneus fabriqués en caoutchouc solide.	5
Figure 1-5 Pneu radial et pneu diagonal.....	6
Figure 1-6 Chaîne logistique linéaire.	6
Figure 1-7 Chaîne de l'économie circulaire.	8
Figure 1-8 Arbre à caoutchouc naturel, Hevea Brasiliensis.....	10
Figure 1-9 Feuilles de caoutchouc.	10
Figure 1-10 Noir de Carbone.	11
Figure 1-11 Graphique représentant le pourcentage des matières d'un pneu léger.	12
Figure 1-12 Graphique représentant le pourcentage des matières d'un pneu lourd.....	12
Figure 1-13 Composants d'un pneu..	13
Figure 1-14 processus de granulation.....	16
Figure 1-15 Machine de tréfilage des pneus.	16
Figure 1-16 Résultat de découpage des pneus.	17
Figure 1-17 Entrée de la déchiqueteuse.	17
Figure 1-18 Entrée et sortie de broyeur.....	17
Figure 1-19 Convoyeur tamiseur du broyeur.	18
Figure 1-20 Convoyeur de réinjection dans le broyeur.....	18
Figure 1-21 Convoyeur de sortie de l'étape 5.....	19
Figure 1-22 Séparateur de métal et tamis vibrant.	19
Figure 1-23 Retour des granulés non conformes.	20
Figure 1-24 Sortie des granulats et poudrette.....	20
Figure 1-25 Tamis de commande spécifique.	20
Figure 1-26 Séparateur des 2 côtés du pneu.....	21
Figure 1-27 Séparateur des cercles d'acier.	21
Figure 1-28 Machine de découpe en bandelettes.	22
Figure 1-29 Machine de broyage des bandelettes de caoutchouc.	22
Figure 1-30 Décharge illégale de pneus et danger de pollution.....	23
Figure 1-31 Quantité de pneus usagés par an de 2008 à 2022.	24
Figure 1-32 Cheminement des pneus neufs et/ou usagés.....	26
Figure 1-33 bassin en pneus.....	26
Figure 1-34 la technique pneusol à Bou-smail.....	27
Figure 1-35 Recyclage des pneus en panier pour animaux.	28
Figure 1-36 Déchiquetas de pneus.	28
Figure 1-37 Usine de fabrication d'acier.....	28
Figure 1-38 Coulage de béton.	29
Figure 1-39 Évolution de la Demande de l'Énergie Cumulée des bétons en fonction du taux de la poudrette en remplacement du sable.	29
Figure 1-40 Mur anti-bruit.	29
Figure 1-41 structure du mur anti-bruit.....	30
Figure 1-42 Gazon synthétique.	30
Figure 1-43 Sol sportif à base de caoutchouc.	30
Figure 1-44 Sol d'une aire de jeux à base de caoutchouc.	31
Figure 1-45 joins de fourgon en caoutchouc.....	31

Figure 1-46 Route en asphalte caoutchouté.	31
Figure 1-47 Tapis pour chevaux.....	32
Figure 1-48 Bardeau de toit en caoutchouc.....	32
Figure 1-49 Tapis de salles de sport.....	32
Figure 1-50 Dos d'ânes en caoutchouc.	32
Figure 1-51 . Stockage des PUNR dans une aciérie.....	33
Figure 1-52 Cycle de vie du ciment (model circulaire).	33
Figure 2-1 Graphique montrant le pourcentage d'entreprises ouvertes et non ouvertes en 2022.	42
Figure 2-2 Evolution du marché des granulés entre 2020 et 2022.....	42
Figure 3-1Graphique montrant le prix de granulés par rapport á la qualité.....	51

Introduction générale

Avant on produisait pour satisfaire les besoins minimums des personnes, à savoir que l'offre ne couvrait pas la demande requise et n'utilisait ni n'abusait de toutes les ressources naturelles nécessaires à la production. Cependant avec l'avènement de l'industrialisation et la révolution industrielle au XVIII^e siècle de nouvelles sources d'énergie sont apparues, et la mécanisation, généralisation et la haute productivité a pris place, résultant sur une demande couverte par l'offre, ou plutôt résultant sur une surproduction. [1]

En effet, aujourd'hui on constate une production excessive dans toutes les industries confondues : agroalimentaire, textile, automobile, etc. et cela engendre des répercussions néfastes sur l'environnement de deux angles différents mais qui se rejoignent sur la dangerosité auquel est exposé l'écologie.

D'un côté, les ressources naturelles se font de plus en plus rare, et ne pourront plus satisfaire les besoins élémentaires de l'homme comme par exemple l'eau. Les industries consomment plus de ressources que la normale. D'un autre point de vue, un produit est considéré comme déchet automatiquement après sa production, car à un moment dans son cycle d'utilisation, il atteindra le stade de fin de vie et de son non utilisation.

Les déchets n'ont pas toujours posé problème, car ils étaient biodégradables, mais avec l'avancement des civilisations, ces déchets avec leur volume considérable, toxicité et non biodégradabilité [2], menacent l'être humain qui paradoxalement l'a créé, mais surtout la faune et la flore.

L'un des déchets non biodégradables des plus récurrents aujourd'hui avec près de 1,75 milliards de déchets jetés chaque année selon un rapport du Global Industry Analysts est le pneu usagé. En Algérie on comptait en 2020, 351 035 tonnes de pneus usagés et on estime qu'en 2028, ce nombre atteindra 700000 tonnes [3].

Ce déchet non biodégradable dangereux pour l'environnement détient un précieux intérêt économique et environnemental. Différents types de recyclage et de valorisation peuvent être appliqués, écologiquement ça empêchera la pollution d'augmenter et d'accroître et économiquement ça contribuera au développement de nouvelles industries dans le domaine du recyclage dans une perspective d'une économie circulaire.

L'objectif de notre projet est d'étudier notre environnement et notre marché algérien pour une implémentation d'une entreprise de recyclage des pneus usagés en granulés de caoutchouc.

Dans ce qui va suivre, nous allons introduire le projet par des concepts sur les pneus, historique, production et leur valorisation, puis on entamera la partie étude de marché et l'étude économique, pour finir par le Business Model.

Chapitre 1 : De l'économie linéaire vers l'économie circulaire

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons aborder la partie théorique de notre projet ou nous allons présenter l'histoire du pneu jusqu'aujourd'hui et sa composition en plus de son processus de fabrication, et nous analysons la situation actuelle par rapport à sa fin de vie et les possibilité de s'en tirer profit de ce déchet.

1.1.Historique des pneus :

Pour bien comprendre l'histoire des pneus, il faut d'abord examiner l'évolution de la roue elle-même. La roue, la plus grande innovation de l'homme, a été découverte vers 3500 avant Jésus-Christ, à l'ère néolithique, peu avant l'âge du bronze. Les roues, qui ont vu le jour dans le domaine de l'agriculture et ont depuis été employées dans tout, des chars aux jouets, sont un signe du développement technique de l'homme.



Figure 1-1 Roue à l'ère néolithique. [4]

L'usure était et reste une préoccupation majeure pour les roues. Si la rotation régulière autour d'un axe central était idéale pour transporter de gros objets ou se déplacer rapidement, cela signifiait également que la roue se détériorait progressivement avec le temps. En outre, elles ne s'usaient pas de manière uniforme. Un éclat, un caillou ou une usure irrégulière pouvait rendre la roue inutilisable, ce qui nécessitait l'effort coûteux de réparer quelque chose qui n'était pas tout à fait endommagé. Ce qu'il fallait, c'était une couche remplaçable qui absorberait les dommages, s'userait, puis serait facilement remplacée à un coût considérablement inférieur à celui d'une roue entièrement neuve. C'est exactement ce que fait un pneu. [5]

Les pneus, malgré leur utilité, sont une innovation relativement récente. Les premiers pneus étaient constitués de bandes de cuir enroulées autour d'une roue en bois. Le cuir a rapidement été remplacé par des bandes métalliques qui duraient beaucoup plus longtemps. Les pneus en acier ont été

appliqués aux roues métalliques des trains avec l'introduction des trains et des réseaux ferroviaires. Un charron chauffait les bandes en chauffant le pneu, en le plaçant sur la roue, puis en le trempant. Le métal se comprimait et s'ajustait ainsi solidement autour de la roue. [6]



Figure 1-2 Roue à l'ère néolithique 2. [7]



Figure 1-3 Roue métallique. [8]

Enfin, jusqu'à ce que la vulcanisation se produise. La vulcanisation, découverte par Charles Goodyear, se produit lorsque le caoutchouc est chauffé avec du soufre. Cette procédure transforme le caoutchouc d'une substance molle et collante en un matériau dur et flexible, idéal pour les pneus. Le caoutchouc est devenu le nouveau matériau de choix pour les pneus à mesure que la vulcanisation progressait. Ils étaient robustes, pouvaient résister à de nombreux chocs et absorber beaucoup d'énergie, Ils étaient cependant lourds. [9]

Les pneus ont été fabriqués en caoutchouc solide peu après la découverte de la vulcanisation. Ces pneus étaient robustes, absorbant les chocs et résistant aux rayures et aux abrasions. Bien qu'il s'agisse d'une amélioration significative, ces pneus étaient excessivement lourds et ne permettaient pas une conduite souple.



Figure 1-4 Pneus fabriqués en caoutchouc solide. [10]

Robert W. Thompson, un ingénieur écossais, a inventé et breveté le premier pneu rempli d'air en 1847. Malheureusement, il n'a jamais été mis en production, et le concept est tombé dans l'oubli. Cependant, à Belfast, en Irlande, en 1888 John Boyd Dunlop a inventé le premier pneu efficace. [11]

Le dispositif connaît un tel succès qu'il remporte des courses cyclistes en Irlande et en Angleterre un an après son lancement. Au cours des années suivantes, Dunlop a travaillé dur pour produire des pneus pour tous les véhicules, des bicyclettes aux voitures et aux camions. Entre 1890 et 1920, le pneu en caoutchouc a été développé par Dunlop ainsi que par d'autres personnes comme Thomas Hancock.

Les caoutchoucs synthétiques ont été créés pour les pneus dans les années 1920 et, pendant les décennies suivantes, tout le monde a utilisé des pneus à structure diagonale. Ces pneus étaient composés de deux parties distinctes :

- Une chambre à air gonflable.
- Le pneu ou l'enveloppe extérieure.

La carcasse extérieure protégeait le tube intérieur, qui était sous pression. L'enveloppe extérieure est constituée de couches appelées plis.

Michelin a mis au point des pneus radiaux après la Seconde Guerre mondiale, ce qui a constitué une avancée significative dans le développement des pneus. Bien qu'il s'agisse d'un produit de loin supérieur, les pneus radiaux ont mis du temps à s'imposer aux États-Unis. Les pneus radiaux ne sont devenus la technologie dominante qu'au début des années 1970. Les pneus radiaux sont depuis devenus la technologie la plus utilisée dans le monde entier et des milliards de pneus sont fabriqués chaque année [5].



Figure 1-5 Pneu radial et pneu diagonal.

1.2.L'industrie du pneu :

Toute production d'un produit suit ce qu'on appelle une économie linéaire. L'économie linéaire est l'enchaînement de plusieurs paliers de transformations, elle repose sur le modèle linéaire : extraire, fabriquer et transformer, utiliser puis à la fin jeter.



Figure 1-6 Chaîne logistique linéaire.

Mais cette économie linéaire a des limites, puisque la production a besoin de certaines ressources mais aujourd'hui on est arrivé au point où la consommation des ressources naturelles ou aussi les ressources critiques se raréfient proportionnellement avec le développement ou plutôt l'accroissement démographique que connaît le monde depuis une vingtaine d'années.

La pollution est une autre cause de la raréfaction des ressources, comme par exemple l'élément indispensable à la vie : l'eau. 95% des réserves liquides d'eau douces sont stockées dans des nappes phréatiques, or que la pollution et le gaspillage font que cette ressource naturelle s'épuise plus vite qu'elle ne se reconstitue [1]. D'après un rapport du Groupe international d'experts sur les ressources, organisé sous l'autorité de l'ONU Environnement, L'économie mondiale extrait chaque année 92 milliards de tonnes de ressources naturelles pour fonctionner, contre « seulement » 27 milliards de tonnes en 1970. En d'autres termes, nous utiliserons 3,4 fois plus de ressources qu'il y a 50 ans [12].

Les pneus pourraient être l'une des plus grandes inventions du monde. Non seulement ils facilitent notre vie quotidienne, nous permettent de voyager plus vite, plus loin et plus confortablement, mais ils accélèrent également la croissance économique en transportant de plus en plus de marchandises en peu de temps.

Malgré ses nombreux avantages, de nombreuses ressources sont consommées pour en produire ; une grande pollution est générée à la fois dans la phase de fabrication et d'utilisation, et d'énormes quantités de pneus sont mises au rebut chaque année.

L'élimination de ces pneus en fin de vie, appelés Pneus Usagés Non Rechapables (PUNR) est une question extrêmement importante, car ces déchets peuvent être des ressources précieuses s'ils sont bien gérés.

La production mondiale de pneus dépasse 3,1 millions de pneus par jour, soit environ 1,2 milliard de pneus par an, ou plus de 38 pneus par seconde. Cela représente un marché d'environ 130 milliards d'euros [13].

Imaginons ce qu'un produit non biodégradable, avec la quantité immense de production par an, à quel niveau peut-il impacter notre environnement ?

Le pneu est un déchet non dangereux mais qui peut présenter des risques, car Les pneus usagés stockés se dégradent lentement sous l'effet du rayonnement solaire et de la rouille de l'acier. Les matériaux dégradés contaminent lentement le sol et les eaux souterraines au fil des ans. Les sites d'élimination qui attendent sous le soleil pendant des périodes prolongées peuvent prendre feu, soit par accident, soit à cause de bouteilles ou de verre brisé qui focalisent la lumière du soleil, en brûlant, ils dégagent une épaisse fumée noire et de la chaleur, se propagent rapidement sur toute la zone de décharge et laissent des résidus huileux qui contaminent le sol. Ces incendies sont difficiles à éteindre et génèrent une quantité importante de pollution atmosphérique.

Que pouvons-nous faire pour minimiser ou éliminer ce déchet pour protéger l'environnement et la population tout en contribuant à l'économie mondiale, plus spécifiquement l'économie verte ?

C'est vrai que grâce à l'économie linéaire les conditions de vie de la population ont été améliorées, elle a contribué à réduire la pauvreté et enrichir la production dans le monde depuis la Révolution industrielle au XIX e siècle [1].

Cependant aujourd'hui, elle a dépassé les limites de ce que la planète peut apporter, c'est pour cela qu'on ne parle plus que d'économie linéaire mais d'économie circulaire également.

Le basculement ou bien l'intégration d'une économie circulaire dans les industries de distribution, de consommation et de production, au stade où nous sommes arrivés, est fortement nécessaire.

Que veut dire donc l'économie circulaire et comment pouvons-nous l'exploiter dans la production des pneus ?



Figure 1-7 Chaîne de l'économie circulaire. [14]

L'économie circulaire est un modèle de production et de consommation qui encourage la **réutilisation**, la **réparation**, la **remise à neuf** et le **recyclage** des matériaux et produits existants le plus longtemps possible. Le cycle de vie des produits est ainsi prolongé. En pratique, cela signifie qu'il faut réduire les déchets au minimum.

Un produit en fin de vie, usagé a toujours de la valeur à apporter. Le **recyclage** est le processus qui permet de valoriser un déchet en récupérant les matières qui le composent et toujours réutilisables et de les réintégrer dans la fabrication et production de nouveaux produits.

Le modèle économique circulaire gagne du terrain dans l'industrie du pneu, que ce soit par commodité pour ouvrir de nouvelles opportunités sur le marché durable, par pure survie dans un contexte juridique environnemental de plus en plus exigeant, ou par véritable conviction des entreprises qui sont plus conscientes de la nécessité de minimiser leur impact environnemental.

L'application du modèle économique circulaire aux pneus implique de rechercher et de comparer la gestion des pneus sous différents angles (scientifique, industriel et commercial), ainsi que d'innover pour trouver la meilleure combinaison de conception, de matériaux et d'ingénierie avancée.

Parmi les différents types d'applications dans l'économie circulaire et qu'on appelle les **7R** : **Reduce, Reuse, Recycle, Redesign, Renew, Repair** et **Recover**, le recyclage est le plus utilisé. La valorisation de ce déchet par le principe du recyclage, prend une envergure de plus en plus importante dans le monde et dans les nouvelles industries.

Dans le recyclage, la production de granulés à partir de pneus usagés doit être considérée comme l'étape initiale de toute approche du recyclage des pneus. Ces granulés peuvent être fabriqués à partir de pneus complets ou de restes de bande de roulement provenant du processus de rechapage.

- Illustration des 7R sur les pneus usagés :

- Réduire (Reduce) : diminuer et remplacer quelques matières composantes, peut améliorer la qualité du pneu. Remplacer une infime partie du noir de carbone, les propriétés de la bande de roulement du pneu ont été améliorés.

Divers producteurs de pneus ont intégré et adopté des technologies vertes pour diminuer la pollution atmosphérique, diminuer la fréquence de remplacement, etc.

- Réutiliser (Reuse) : c'est d'utiliser le produit en prolongeant sa durée de vie. Le rechapage est l'une des formes de réutilisation, ainsi que la technique pneusol.
- Recycler (Recycle) : le recyclage c'est de transformer le produit en d'autres produits qui vont être utilisés à des fins différentes. Les granulés et la poudre de caoutchouc sont les opérations de recyclage des plus courantes.
- Refonte (Redesign) : revoir la conception du pneu pour une meilleure maniabilité lors de la réparation et pour satisfaire les besoins des clients, et de l'environnement en matière de réduction de la pollution.
- Renouveler (Renew) : dans ce cas, on parle de la matière première qui est le caoutchouc naturel provenant d'un arbre. D'autres alternatives substituants au caoutchouc et les autres composants afin de satisfaire la demande d'une part et de trouver d'autres solutions durables d'une autre part.
- Réparer (Repair) : la limite entre ré-utiliser et réparer est très fine, elles permettent les deux de prolonger la durée de vie du produit. Les industries pneumatiques travaillent sur un caoutchouc auto- régénérant qui est en développement du a ses caractéristiques pas très satisfaisantes.
- Récupérer (Recover) : la valorisation énergétique et la récupération des matériaux sont des processus de récupération offrant une solution pour réduire la pollution des pneus usagés.

Nous verrons dans la partie valorisation des pneus, les différents types de valorisation, spécialement la production des granulés, ainsi qu'une application réelle d'une étude pour une création d'une entreprise de recyclage des pneus usagés pour la production de ces granulés, dans le marché algérien.

1.3.Composition du pneu :

Le caoutchouc est la principale matière première utilisée dans la fabrication des pneus, et on utilise aussi bien le caoutchouc naturel que le caoutchouc synthétique. Le caoutchouc naturel se trouve sous forme de liquide laiteux dans l'écorce de l'arbre, *Hevea Brasiliensis*.



Figure 1-8 Arbre à caoutchouc naturel, Hevea Brasiliensis. [15]

Pour produire le caoutchouc brut utilisé dans la fabrication des pneus, le latex liquide est mélangé à des acides qui provoquent la solidification du caoutchouc. Des presses extraient l'excès d'eau et transforment le caoutchouc en feuilles, Qui sont ensuite séchées dans de grands fumoirs, pressées en énormes balles et expédiées aux usines de pneus du monde entier. Le caoutchouc synthétique est produit à partir des élastomères, un polymère présent dans le pétrole brut.



Figure 1-9 Feuilles de caoutchouc. [16]

Ces élastomères donnent de l'élasticité au composé et jouent un rôle important dans l'adhérence et la résistance mécanique d'un pneu. Si la bande de roulement des engins de chantier ou des poids lourds est en caoutchouc naturel, le caoutchouc synthétique est principalement utilisé dans la conception de la bande de roulement des pneus de tourisme ou de moto pour prolonger la durée de vie du pneu.

Le noir de carbone est un autre composant important du caoutchouc des pneus. Le noir de carbone est une poudre fine et molle qui se forme lorsque du pétrole brut ou du gaz naturel est brûlé avec un manque d'oxygène, ce qui entraîne une combustion incomplète et la formation d'une quantité

importante de particules fines. La fabrication des pneus nécessite une grande quantité de ces particules noires de carbone. Le noir de carbone donne au pneu un aspect noir, mais améliore également sa résistance à l'usure [17].

La silice est un ingrédient introduit plus tard pour améliorer la résistance à la déchirure du caoutchouc et permettre une économie de carburant, une bonne adhérence à froid et une durée de vie prolongée pour certains pneus [17].



Figure 1-10 Noir de Carbone. [18]

Le soufre et d'autres produits chimiques sont également utilisés dans les pneus. Certains produits chimiques maintiennent la souplesse du caoutchouc pendant qu'il est façonné en pneu, tandis que d'autres protègent le caoutchouc des rayons ultraviolets du soleil. Ces ingrédients sont mélangés de manière précise, dans les bonnes proportions et intelligemment sélectionnés, pour fournir un matériau de type gel qui répond aux exigences de résistance, de flexibilité et même d'adhérence, selon le type de pneu souhaité [17].

En plus de la gomme, d'autres éléments sont introduits lors du processus de fabrication du pneu pour façonner son cadre afin qu'il soit à la fois rigide et souple lorsqu'il entre en contact avec le sol. Ainsi, lors de la fabrication des pneumatiques, leurs propriétés isolantes et thermiques sont renforcées par des fibres textiles comme le nylon, l'aramide ou le polyester. Les fibres métalliques renforcent également les renforts des pneumatiques pour multiplier par dix leur résistance et leur rigidité face aux différentes sollicitations auxquelles ils seront soumis, comme le gonflage. Ces renforts sont efficaces et prendront de nombreuses formes (nappes, tiges, etc.) pour renforcer la zone du pneumatique [17].

Pourcentage des matieres constituant le pneu d'un véhicule léger

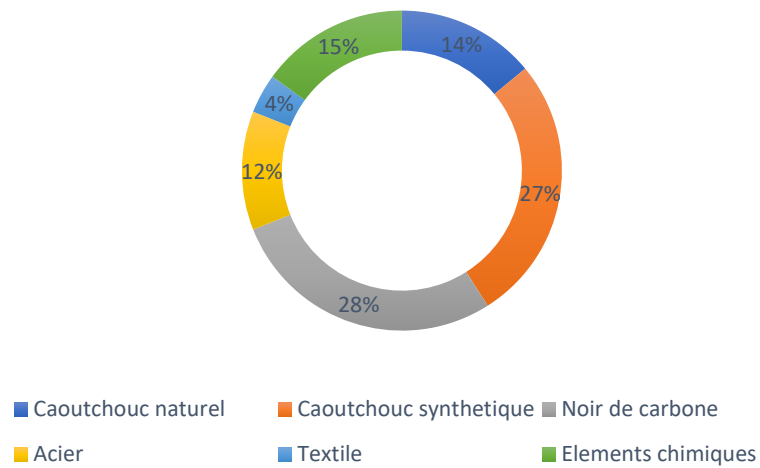


Figure 1-11 Graphique représentant le pourcentage des matières d'un pneu léger. [19]

Pourcentages des matieres constituant le pneu d'un véhicule lourd

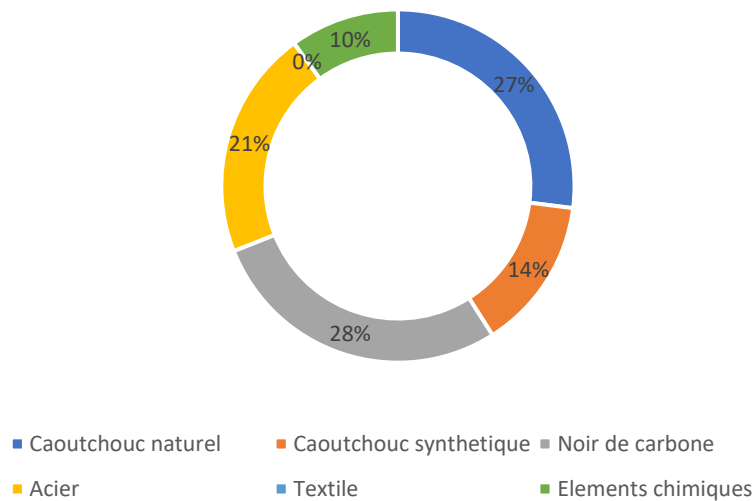


Figure 1-12 Graphique représentant le pourcentage des matières d'un pneu lourd. [19]

- Assemblage d'un pneu :

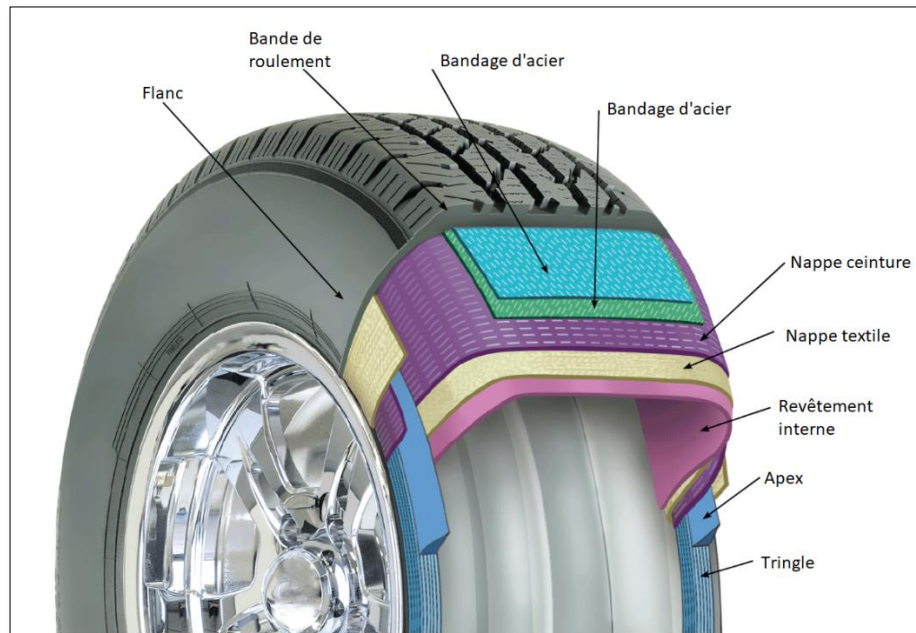


Figure 1-13 Composants d'un pneu..

- Flanc :

Composé de caoutchouc et reliée à la bande de roulement par l'épaule. Utilisé pour recouvrir les nappes de carcasse sur les côtés du pneu, qui offre une résistance à l'abrasion, aux éraflures et aux intempéries.

- Bande de roulement :

Le composé de caoutchouc et le motif de la bande de roulement garantit un kilométrage important, assure l'adhérence et la résistance à l'abrasion, ainsi qu'une bonne évacuation de l'eau.

- Bandage d'acier :

Il s'agit généralement de deux ceintures avec des câbles d'acier disposés à des angles opposés. Les ceintures assurent la stabilité de la bande de roulement du pneu

- Améliore le maintien de la forme et de la stabilité directionnelle
- Réduit la résistance au roulement
- Augmente la performance kilométrique du pneu

- Nappe ceinture et la nappe textile :

La plupart des pneus ont une ou deux nappes de carcasse, chacune d'entre elles étant généralement composée de cordes de polyester, de rayonne ou de nylon dans une couche de caoutchouc. Les nappes de carcasse constituent la structure du pneu et lui confèrent la résistance nécessaire pour contenir la pression de gonflage.

- Revêtement interne :

Composé de caoutchouc utilisé pour maintenir la pression de gonflage à l'intérieur du pneu.

- Apex :

Un composé de caoutchouc placé au-dessus du faisceau du talon, il améliore la stabilité directionnelle et Facilite la précision de la réponse en courbe

- Tringle :

Au cœur du talon, la tringle est constituée de fils d'acier incrustés dans du caoutchouc. Le cœur garantit une attache sécurisée au bord de la jante [20].

1.4.Processus de fabrication des pneus :

Le pneu est issu d'un assemblage complexe de plus de 100 matières premières. Sa fabrication passe par ces principales étapes [21]:

- Le mixage des matières premières :

En premier lieu la matière première est contrôlé et placé chacune dans sa zone de stockage par des robots automatiques.

Les caoutchouc naturel et synthétique sont mélangés à plus de soixante-deux autres éléments mais surtout à la silice. Cette dernière augmente non seulement l'adhérence et la durée de vie du pneu mais diminue aussi la consommation du carburant et la distance de freinage.

Une fois ces matières premières mixés nous aurons le premier mélange du pneu nommé « master batch » une gomme à laquelle des agents vulcanisant vont être ajoutés pour assurer la cuisson, le master batch devient alors « final batch ».

La conformité des matières premières et des mélanges est assurée à travers des tests opérés au niveau du laboratoire interne à l'usine où sont aussi développés les recettes spécifiques aux pneus.

- La fabrication des composants :

Le pneu est composé de neuf à onze couches et renforcé par une dizaine de matériaux dédiés à cet effet le tout fabriqué dans le bloc des composants.

La nappe textile est faite à base de gomme, renforcée par du textile à très haute résistance. Dans les pneus nous avons besoin d'une plus grande résistance au poids et donc le pneu est renforcé par deux couches de ces nappes.

La nappe ceinture ce sont des petites bandes faites à base de gomme renforcée par des fibres de nylon elles ont pour rôle de donner aux pneus sa capacité à résister à la vitesse de conduite.

Des fils métalliques seront revêtus de gomme pour donner ce que nous appelons **les ceintures métalliques** ou **bandages d'acier** ce sont deux couches qui ont pour rôle en plus du tissage des

nappes textiles de créer la structure radiale du pneu qui va augmenter sa stabilité sa traction et sa protection.

Le talon, est un cerceau métallique couvert de gomme auquel sera ajouté une couche de gomme supplémentaire appelée **apex**. Le tout est placé sur le côté du pneu et a pour rôle de maintenir la forme circulaire de ce dernier et épouser parfaitement la jante.

- L'assemblage :

Une fois les composants arrivés au bloc d'assemblage la construction du pneu se fait automatiquement en trois phases par des machines de haute technologie et précision :

- Lors de la première phase les deux ceintures métalliques sont collées l'une à l'autre auxquels s'ajoute la nappe ceinture et enfin la bande de roulement.
- En deuxième phase les machines assemblent le revêtement, la nappe textile et l'apex.
- Et enfin en troisième phase les deux parties sont assemblés pour constituer le pneu cru qui sera dirigé vers la cuisson.

- La cuisson :

La cuisson du pneu se fait dans des moules, ces derniers donnent aux pneus le dessin spécifique à la bande de roulement et les marquages sur les flancs. L'opération nécessite deux sources de chaleur, de l'intérieur par une membrane gonflé à la vapeur d'eau et de l'extérieur par les parois chauffées des moules.

- L'inspection :

Une fois le pneu cuit et refroidi, les tests sur produits finis s'opèrent : l'inspection visuelle, le test d'uniformité et de géométrie, la répartition du poids, le test de force, le test de résistance à très haute vitesse et d'endurance aux grandes charges.

Et tout au long du processus le pneu passe par une multitude de points de contrôle qualité en vérifiant plus de 320 caractéristiques.

Une fois le pneu passé par tous les points de contrôle et approuvé par l'intelligence artificielle il est mis sur des raques grâce à des robots puis dans des zones de stockage spécialement conçu à cet effet.

1.5.Processus de fabrication des granulés (recyclage des pneus)

C'est le processus de valorisation des pneus usagés afin de fabriquer des granulés ou la poudrette de caoutchouc et pouvoir l'utiliser dans plusieurs transformations citées précédemment.

Après la collecte et le tri, les pneus usagés passent par un nombre de phases pour les transformer en granulés (>2mm de diamètre) puis en poudrette (≥ 2 mm de diamètre), le processus est le suivant :



Étape 1 : enlèvement du fil d'acier

Figure 1-14 processus de granulation.

Cette étape consiste à décercler les pneus en enlevant les cercles de métal présent dans les côtés à l'aide d'une machine qui arrache directement les triangles de pneus.



Figure 1-15 Machine de tréfilage des pneus.

Étape 2 : découpage de pneus :

Elle consiste à découper les grands pneus en morceaux pour pouvoir les introduire dans le broyeur



Figure 1-16 Résultat de découpage des pneus.

Étape 3 : déchiquetage :

Après l'étape 2, les morceaux de pneus seront déposés sur le convoyeur manuellement qui emmène vers le déchiqueteuse pour les découper en petits morceaux, le reste du processus est automatique.



Figure 1-17 Entrée de la déchiqueteuse.

Étape 4 : Broyage :

Le résultat de l'étape 2 rentre dans le broyeur afin qu'il soit broyé en petits morceaux.



Figure 1-18 Entrée et sortie de broyeur.

Étape 5 : Tamisage :

La sortie du broyeur entre dans un convoyeur tamiseur pour faire sortir les granulés du mélange broyé.



Figure 1-19 Convoyeur tamiseur du broyeur.

Puis ceux qui ne sont pas sortis du convoyeur tamiseur seront réinjectés dans le broyeur par l'aide d'un nouveau convoyeur et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il passe par le tamiseur.



Figure 1-20 Convoyeur de réinjection dans le broyeur.

Étape 6 : dernier traitement :

Les particules sorties de l'étape 5 entrent dans un convoyeur puis subissent un dernier traitement ou le petit fil de textiles est enlevé grâce aux séparateurs de métaux.



Figure 1-21 Convoyeur de sortie de l'étape 5.

Puis les granulés entrent dans un tamiseur vibrant pour faire sortir les granulés ou poudrettes de diamètre spécifique (ça dépends du tamiseur), les granulés non conformes au diamètre spécifié du tamiseur vont retourner au broyeur.



Figure 1-22 Séparateur de métal et tamis vibrant.



Figure 1-23 Retour des granulés non conformes.

Les granulés ou poudrette conforme au diamètre de tamis vont sortir du dernier convoyeur et tomber dans un bassin.



Figure 1-24 Sortie des granulats et poudrette.

Une commande sur un diamètre plus petit peut entraîner un passage par un autre tamis vibrant spécifique.



Figure 1-25 Tamis de commande spécifique.

Il existe aussi d'autres machines moins automatiques qui peuvent remplacer quelques étapes du processus notamment au début dans le premier déchiquetage.

Quelques autres machines :



Figure 1-26 Séparateur des 2 côtés du pneu.



Figure 1-27 Séparateur des cercles d'acier.



Figure 1-28 Machine de découpe en bandelettes.



Figure 1-29 Machine de broyage des bandelettes de caoutchouc.

Remarque : Les figures utilisées dans cette section sont prises lors de notre stage au sein de l'usine de recyclage des pneus de Ain Torki - Aïn Defla (EURL JETE GRAIN).

1.6.Valorisation des pneus :

1.6.1. Les déchets dans le monde :

Les pneus usés sont parmi les sources de déchets les plus importantes et les plus problématiques et, en raison de leur grande forme et volume, ils occupent aussi beaucoup d'espace. Cependant, les pneus usagés sont aussi l'un des déchets les plus réutilisables.

Dans le passé, la plus grande part des déchets industriels (y compris les pneus usagés) était considérée inutilisables, la principale préoccupation de la gestion des déchets étant l'identification de solutions d'élimination et non la façon dont nous pouvons minimiser leur génération ou comment nous pouvons les réutiliser et les valoriser. L'élimination des déchets de pneus en caoutchouc est devenue l'un des problèmes environnementaux majeurs dans le monde. Chaque année des millions de pneus sont rejetés, jetés ou enterrés partout dans le monde, représentant une menace très sérieuse pour l'écologie [22]. En outre, le déversement illégal de pneus constitue une grave menace pour la santé publique en raison du rejet de produits chimiques et de polluants dans le sol, les eaux souterraines et les rivières environnantes.

Chaque année, entre 1,2 et 1,5 milliard de pneus sont mis hors service, et la quasi-totalité de cette quantité est restée pendant longtemps non valorisable [23].



Figure 1-30 Décharge illégale de pneus et danger de pollution. [24]

Mais aujourd'hui, l'application des principes du développement durable implique une nouvelle approche des déchets par des concepts respectueux de l'environnement et il est nécessaire de réévaluer les options de gestion de ces déchets afin d'augmenter leur utilisation et de réduire drastiquement les quantités à éliminer, ou stockage. À cette fin, la hiérarchie des déchets devrait être appliquée en mettant l'accent sur la réutilisation, le recyclage et de récupération, tandis que l'élimination des déchets doit être interprétée comme la dernière option disponible qui correspond au niveau le plus élevé de perte et d'altération des ressources [25].

1.6.2. Les déchets pneumatiques en Algérie :

Le développement industriel en Algérie a apporté de nouveaux modes de consommation à ses habitants, générant de grandes quantités de déchets. Malgré de nombreux programmes, ces déchets potentiels sont souvent gérés de manière improductive. En effet, en l'absence d'une véritable stratégie de collecte et de recyclage, les communes algériennes sont confrontées à des difficultés de gestion des déchets municipaux et à des problèmes environnementaux non maîtrisés. C'est ainsi que surgissent les problèmes d'hygiène et de santé publique, affectant la santé des personnes.

Malheureusement, tous ces problèmes environnementaux ont un impact négatif direct ou indirect sur l'efficacité économique et sociale, la productivité et la durabilité du patrimoine naturel, affectant ainsi le développement durable du pays.

Les pneus usagés sont des déchets encombrants, polluants et non biodégradables. Les opérations de stockage et de collecte de ces déchets sont difficiles en raison de leur grande taille, de leur stockage difficile et des coûts de transport élevés. De plus, le nombre de pneus usagés ne cesse d'augmenter. Elle était évaluée en 2009 à plus de 1 million d'unités par an, soit environ 26 000 tonnes/an et un stock d'environ 130 000 tonnes. Le 18 juin 2020, l'A.N.D. a annoncé que le taux de pneus usagés par an s'élevait à 318 077,29 tonnes pour une quantité recyclée estimée à 5 606 t/an, malgré que la capacité de traitement des acteurs de valorisation soit de 18 200 t/an [26]. Et d'après la même association en 2022 les quantités générés par an en 2021 de pneus usagés sont de 249 326 tonnes, et la quantité recyclée est 9 598,624 tonnes, alors que la capacité de traitement installé entre les entreprises qui exercent la valorisation est augmenté à 32 000 T/an. Les quantités de pneus usagés en 2021 ont diminué à cause de la pandémie du COVID dans les 2 dernières années.

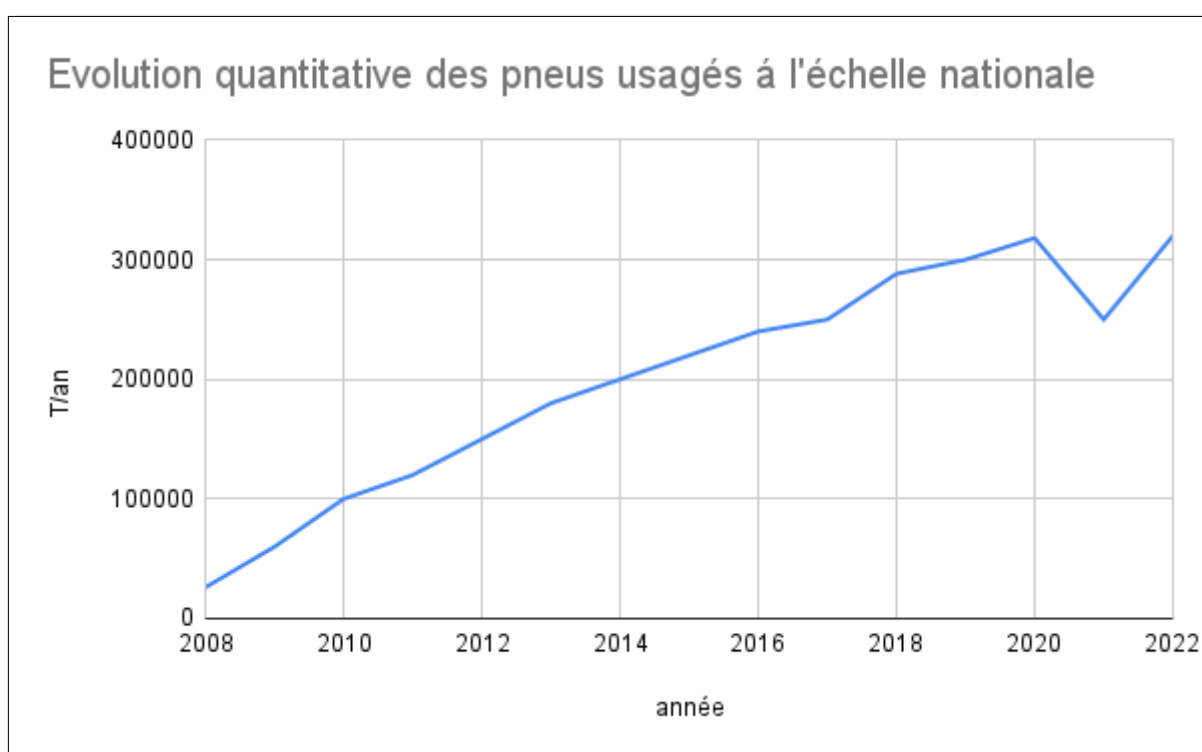


Figure 1-31 Quantité de pneus usagés par an de 2008 à 2022.

Alger, Tizi Ouzou, Annaba et Ouargla représentent les wilayas dont l'équipe chargée de collecter les données sur les pneus usagés auprès de l'Agence nationale des déchets en 2018 a constaté une augmentation de la densité de ce type de déchets. D'autres wilayas avaient à l'époque des densités inférieures à 100 000 T.

Selon le premier ministre en 2018 l'Algérie importe 7 millions de pneus par an ce qui représente 2% des produits du groupe « biens de consommation non-alimentaires » d'après le Ministère des Finances dans son rapport “STATISTIQUES DU COMMERCE EXTERIEUR DE L’ALGERIE” sortie en 2019. Ce qui veut dire 7 millions de pneus vont rentrer dans le marché des pneus usagés dans un certain nombre d'année de VL (véhicules légers) ou PL (poids lourd), Outre la différence de taille, la différence de structure est également importante, la présence de métal est de 15% et 25%. Les pneus VL conviennent aux voitures particulières et aux camionnettes avec une moyenne de 4 pneus. Les pneus PL conviennent aux camions, autocar et autobus, tracteurs routiers et remorques. Les camions ont en moyenne 8 pneus (selon le nombre d'essieux, un camion peut être équipé de 6 à 12 pneus), les voitures particulières et les bus et remorques ont 6 pneus, et les tracteurs routiers ont 8 pneus (généralement, les tracteurs routiers peuvent avoir 6 à 10 pneus, selon le nombre d'essieux). Les tracteurs agricoles, véhicules spéciaux et motos sont équipés de pneumatiques désignés par Autres, avec en moyenne 2 pneus moto et 4 pneus véhicules spéciaux et tracteurs agricoles. La durée de vie d'un pneu dépend de plusieurs paramètres (technologie du pneu, nombre de tours, freinage, etc.).

1.6.3. La valorisation des PUNR :

La Figure 1-32 l'acheminement des pneumatiques usagés qui est le suivant : Une fois démontés et sortis, ils sont stockés dans les garages, puis collectés par le collecteur qui trie les pneumatiques pour une sélection de pneus réutilisables ou à rechapés. Les pneus non réutilisables sont soit entreposés entiers, soit déchiquetés ou broyés pour être expédiés aux transformateurs et valorisateurs.

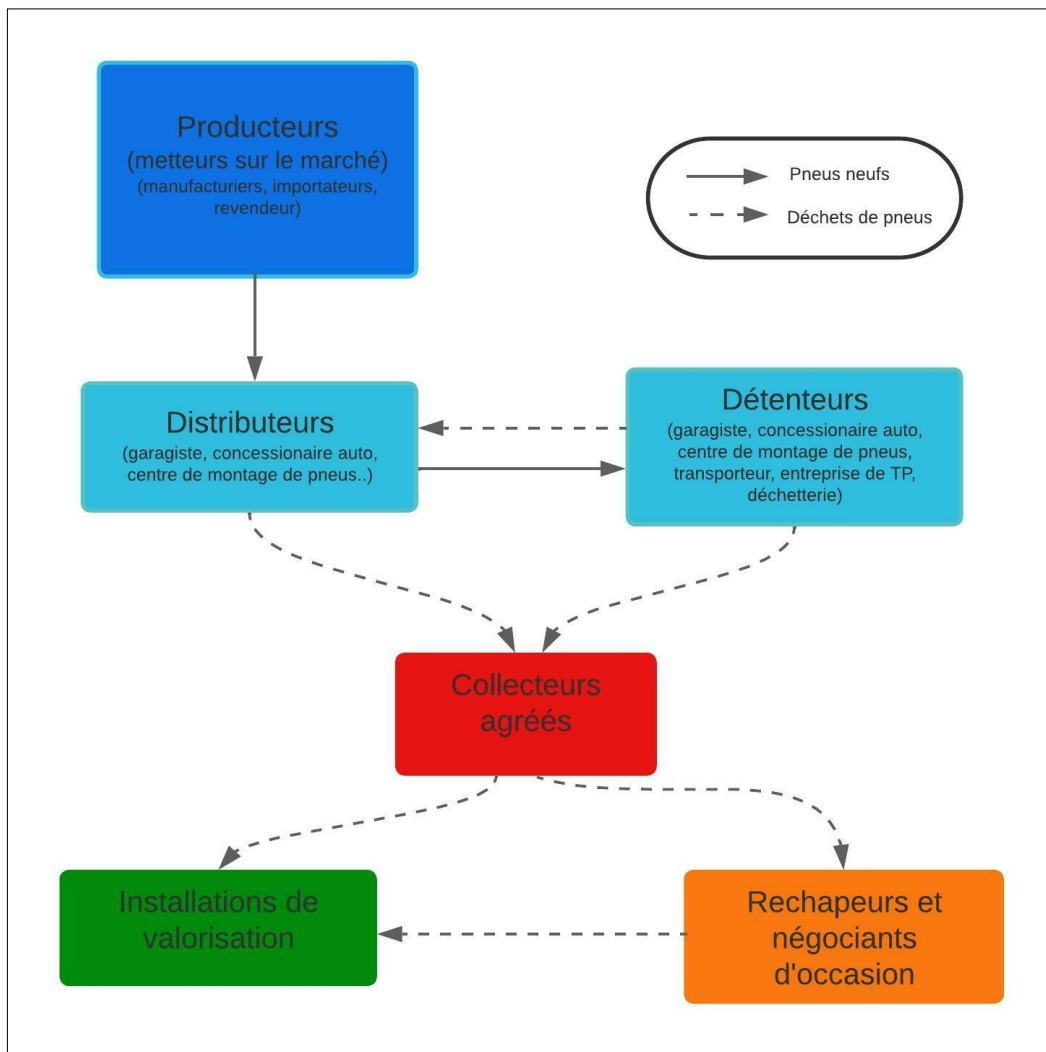


Figure 1-32 Cheminement des pneus neufs et/ou usagés. [27]

Le recyclage des pneus usagés peut prendre l'une des formes suivantes :

a) Pneu entier

1. Remblayage des bassins d'eau de pluie lors de la lutte contre les inondations :

Les pneus remplissaient le bassin tout en retenant beaucoup d'eau pure. La résistance des pneumatiques lui permet de couvrir ces bassins et même d'y aménager des parkings ou des routes.



Figure 1-33 bassin en pneus usagés [40]

2. Sous-couches routières :

Technique des Ponts-et-chaussées permet de stabiliser certaines routes de montagne avant de poser l'asphalte

3. Remblai allégé :

Des pneus entiers (véhicules lourds ou légers) de même dimension sont utilisés comme matériau léger pour le remblai. Ce processus utilise 5 pneus de camion ou 25 pneus de voiture par mètre cube. Il permet d'offrir un remblai allégé pour des ouvrages solides et résistants aux chocs simples et rapides à mettre en œuvre.

4. La technique pneusol :

Pneusol est composé d'une combinaison de pneus pleins, partiellement coupés (un flanc enlevé) ou entièrement coupés (deux flancs et une bande de roulement) et de vieux pneus (camions ou bus) poudrés, collants ou de rebuts. Les éléments pneumatiques servent de renforts aux mottes [28] [29].

La bande de roulement ou le flanc est découpé et assemblé en nappe par des attaches. Ces bandes peuvent être placées sur le bord ou aplaties. Là où les côtés sont utilisés, ils reposent à plat. La technique a été développée par le Dr Nguyen Thanh LONG, ingénieur au LCPC à Paris, au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées à Paris, et est largement utilisée depuis 1982. Diverses applications sont liées aux structures de maintien, aux structures de réduction de cisaillement ou de charge, aux écrans antibruit, aux remblais et aux structures de protection des remblais [30].

Le principal avantage de cette structure, Outre ses performances techniques, c'est essentiellement la simplicité de son exécution et l'adaptabilité de la structure au terrain et la déformabilité du sol. En Algérie, au Canada, aux États-Unis et en France, il existe plus de 2000 œuvres à travers le monde promouvant les pneumatiques selon différentes technologies.

En 1986, plus de 12 ouvrages Pneusol Anti Marston ont été construits en Algérie [31]. Le



Figure 1-34 la technique pneusol á Bou-smail [38]

premier terrain d'essai algérien de la technologie Pneusol est l'ouvrage de stabilisation du talus de remblai d'environ 5 m de haut et 50 m de large au niveau de l'ouvrage actuel OC 1 (soit avec environ 3500 pneus poids lourds) projet de contournement de Bou-Smail. En étroite collaboration avec les experts de l'École National des Travaux Publics (ENTP), l'étude du projet expérimental ainsi que les instructions de calcul ont été confiées au Contrôle Technique National des Travaux Publics (CTTP).

Les pneus usagés peuvent aussi être écologiquement détruits et le matériau obtenu peut être utilisé pour d'autres fins. Le recyclage des pneumatiques usagés aboutit à trois catégories de produits (granulés de caoutchouc, fil d'acier et fils d'acier synthétiques et textiles) qui peuvent être récupérés, ce qui permet des économies massives d'énergie et de matières premières :

b) Pneu surdimensionné

1. Usage spécifique :

Par exemple : distributeur d'aliment ou panier pour animaux



Figure 1-35 Recyclage des pneus en panier pour animaux. [55]

2. Broyats de pneus :

Des morceaux de pneus de 25 mm à 350 mm pour des utilisations dans différentes applications industrielles.



Figure 1-36 Déchiquetas de pneus. [47]

3. Aciéries :

Utilisés en broyats pour remplacer l'anthracite dans les aciéries électriques, car il contient une grande quantité de carbone pour diminuer la rouille de ferrailles usagées.



Figure 1-37 Usine de fabrication d'acier. [46]

4. Le Béton :

L'idée est d'incorporer des granulats ou des fibres textiles issues du concassage de pneus usagés dans des mortiers et bétons à base de ciment.

Grâce à cette combinaison, à la fois le poids du béton peut être réduit et ses propriétés peuvent être améliorées (amélioration de la résistance à la fissuration et de la capacité de déformation de ces matériaux).



Figure 1-38 Coulage de béton. [53]

De plus, de toute évidence, l'utilisation du caoutchouc dans les formulations de béton apporte un gain d'énergie considérable. Avantages « DÉC » (Demande de l'Énergie Cumulée) pour le transport de 10 mètres cubes de béton sur une distance de 30 kilomètres est estimée entre 6% et 8% [32].

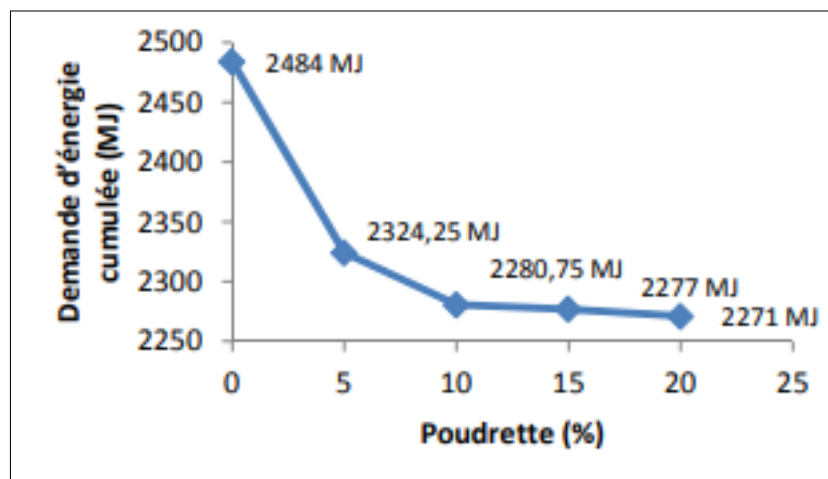


Figure 1-39 Évolution de la Demande de l'Énergie Cumulée des bétons en fonction du taux de la poudrette en remplacement du sable. [32]

5. Murs anti-bruit :

Les murs sont construits en béton caoutchouté : La couche insonorisant est composée de pierre et de particules de caoutchouc à 40 %, provenant de pneus usagés. Ces murs sont aussi efficaces que les murs en béton normaux pour réduire les



Figure 1-40 Mur anti-bruit. [54]

niveaux de bruit et sont plus efficaces que les panneaux de bois ou de plastique tout en ayant une durée de vie plus longue. Grâce au recyclage de 7 800 pneus de voitures usagés, les murs antibruit utilisent 46,4 tonnes de caoutchouc par kilomètre. De plus, ces murs antibruit ont un prix de 10 à 18 % inférieur à celui de produits similaires sur le marché (en Europe).

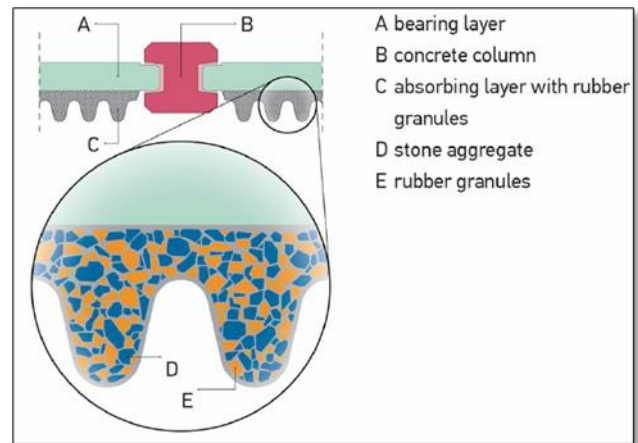


Figure 1-41 structure du mur anti-bruit [39]

6. Granulats pour le tartan :

Des granulats pour maintenir l'herbe synthétique des stades de football pour éviter la maintenance et l'entretien par rapport au gazon naturel en plus de la préservation des ressources d'eau.



Figure 1-42 Gazon synthétique. [42]

7. Sols sportifs et aires de jeux :

Le caoutchouc offre un amorti et une élasticité qui protègent les athlètes : une partie de l'impact de la course est absorbée par le sol et protège leur colonne vertébrale tout en améliorant leurs performances.

La surface en caoutchouc sèche rapidement, l'excès d'humidité s'évacue facilement, la saleté et la boue sont considérablement réduites et il y a moins d'adhérence sur le verglas ou la glace. Le sol est toujours disponible, qu'il pleuve ou qu'il vente.



Figure 1-43 Sol sportif à base de caoutchouc. [50]

En ce qui concerne les aires de jeux pour enfants, en plus d'être faciles à entretenir, leur avantage non négligeable est dans leur capacité à atténuer fortement les effets des chutes et les dommages souvent associés à celles-ci.



Figure 1-44 Sol d'une aire de jeux à base de caoutchouc. [41]

c) Valorisation en Poudrette

Ce sont des particules de caoutchouc d'un diamètre inférieur à 2 mm, Son coût d'acquisition dépend de sa finesse, de son origine chimique et de la présence de corps étrangers. Les copeaux sont utilisés comme charges dans les mélanges utilisés pour produire des pièces et ne sont pas affectés par des contraintes mécaniques ou dynamiques élevées. Comme exemple d'utilisation, nous avons :

1. Industrie automobile :

Tapis pour voitures et camions, joints de portes, pare-chocs, planchers pour fourgon



Figure 1-45 joints de fourgon en caoutchouc [51]

2. L'asphalte caoutchouté :

Les autoroutes fabriquées à partir de caoutchouc recyclé sont plus fluides, durent plus longtemps et nécessitent beaucoup moins de matériaux de pavage que l'asphalte conventionnel.

La pose d'enrobé caoutchouté ne nécessite aucun équipement spécifique et n'apporte donc aucun investissement supplémentaire à l'opérateur. Le mélange résultant peut être appliqué à l'aide d'un équipement de pavage conventionnel ou peut être pulvérisé.



Figure 1-46 Route en asphalte caoutchouté. [44]

L'enrobé à chaud permet de recycler 1,85 à 3,3 pneus par tonne d'enrobé, soit 230 à 410 pneus par kilomètre pour un revêtement de 5 cm d'épaisseur. L'application au pistolet permet de recycler 30 à 45 pneus par tonne de colle, soit 250 à 800 pneus par kilomètre de trafic.

3. Tapis et revêtement de sols :

Des tapis de caoutchouc pour le revêtement de sols à base de poudrette moulée à plat pour différent utilisations.

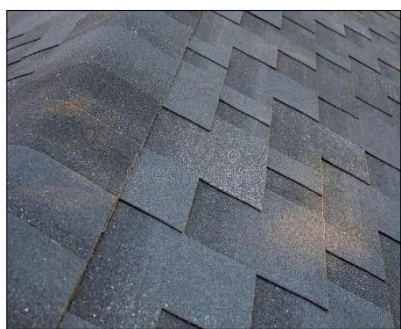


Figure 1-48 Bardeau de toit en caoutchouc. [45].

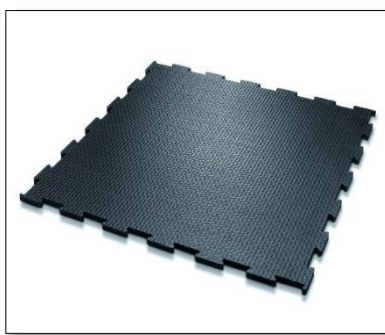


Figure 1-47 Tapis pour chevaux. [49]

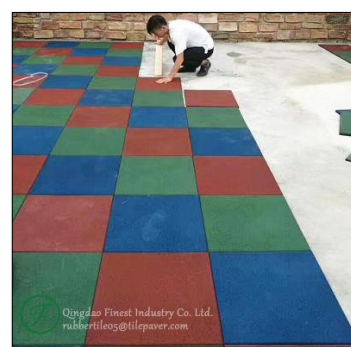


Figure 1-49 Tapis de salles de sport. [48]

4. Constructions :

Comme les dos d'ânes, garnitures pour les constructions de travaux publics, thibaudes



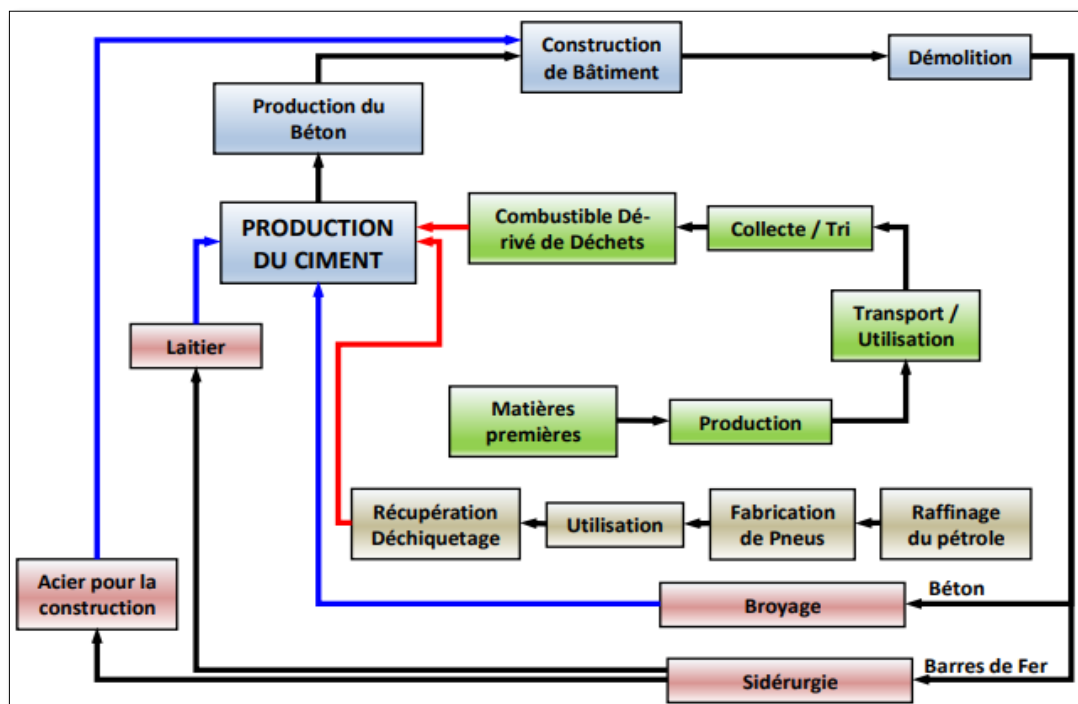
Figure 1-50 Dos d'ânes en caoutchouc. [52]

d) Valorisation énergétique

Les pneus usagés, qui ont longtemps eu des problèmes environnementaux, peuvent trouver de nouvelles destinations en raison de leur nature. Les pneus sont en caoutchouc et sont une précieuse

A photograph showing a large pile of discarded tires in the foreground, with an industrial facility featuring tall smokestacks and complex piping in the background under a clear blue sky.

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



33

On conclut que le pneu usagé peut avoir différents types de récupération de l'économie circulaire cités dans la partie 1.2., tout dépend du traitement que le pneu va subir, dans le Tableau 1, on va présenter les formes de valorisation du pneu avec son option de récupération pour chaque forme.

Tableau 1 options de retour des types de valorisation.

		Pneu entier	Pneu surdimensionné	Poudrette	Valorisation énergétique
Option de retour	Caoutchouc	Reuse	Recycle	Recycle	Recover
	Acier	/	Recover	Recover	Recover

Conclusion :

Au final, le caoutchouc étant indéfiniment recyclable, tout porte à croire à une valorisation prometteuse, et on est loin de tout inventer sur la nouvelle vie que peuvent avoir les pneus hors usage.

Chapitre 2 : L'étude de marché

Introduction :

Dans cette partie, on va analyser le marché du recyclage des pneus en Algérie par une démarche inspirée du livre 'Réussir son étude de marché pour un Business Model efficace' [34] écrit par Catherine Léger-Jarniou (descriptif en annexe A).

2.1.L'idée :

Les déchets pneumatiques, appelé communément l'or noir est un trésor à exploiter et à faire valoriser de plusieurs façons différentes. Le projet de création d'entreprise de recyclage des pneus usagés non rechapables, est une idée qui pourrait apporter un avancement, en répondant aux attentes des clients prospects dans l'industrie économique du pays et plus précisément l'industrie écologique et environnementale sachant que l'Algérie s'ouvre de plus en plus sur ce contexte.

- Comment démarrer de cette idée et l'enrichir ?

L'objectif de ce projet de création d'entreprise est de valoriser un déchet non biodégradable. Les pneus usagés peuvent être recyclés en caoutchouc de différentes tailles, allant des copeaux de caoutchouc aux miettes de caoutchouc et à la fine poudre de caoutchouc. Ces produits sont très demandés dans différentes industries et aussi ils peuvent subir une décomposition chimique ou séparation du contenu des pneus usagés en différents matériaux, de la pyrolyse pour produire du fioul, du noir de carbone et du gaz de synthèse. Mais ce dernier présente un risque d'explosion si la technique n'est pas bien maîtrisée par des experts.

La transformation du pneu en granulés de caoutchouc, est l'opportunité à saisir, d'autant plus que la demande des granulés de caoutchouc est forte.

On utilise la méthode QQOCCP pour comprendre et cerner les aspects de ce projet.

Quoi ?

Le quoi, l'objet est différent au début du processus de ce qui en résulte à la fin, dans cet acte de recyclage, deux produits sont concernés :

En amont : la matière première le pneu usagé qui va être recycle

En aval : le produit final du processus : granulés de de caoutchouc de différents diamètres, en addition d'un résidu d'acier précieux.

Qui ?

Les parties prenantes du projet sont :

- L'équipe de l'entreprise : effectif gérant et personnel
- Le fournisseur : fournisseur de matière première
- Le client : l'acheteur du produit

Où ?

Le site d'implantation de l'entreprise, qui abritera des machines.

Emplacement des fournisseurs.

Emplacement des clients.

Quand ?

Le problème des pneus usagés perdure depuis toujours, mais avec l'augmentation de la production dans toutes les industries confondues a fait que le transport a augmenté et donc le nombre de pneus usés aussi. De plus du parc automobile qui ne cesse d'augmenter.

Comment ?

Processus de transformation du pneu usagé en produit fini, par le biais d'une succession de machines.

Pourquoi ?

- Diminuer la pollution visuelle.
- Prévenir la pollution atmosphérique, en cas d'incendie.
- Valoriser un déchet non biodégradable.
- Apporter une valeur économique et sociale

2.2.Clients :

- Segments de clients :



Différents profils de clients se présentent à nous, qui exercent différentes activités en utilisant les granulés de caoutchouc.

- Les clients ont besoin d'un produit qui va satisfaire leurs attentes, à savoir une bonne qualité du produit, un délai de livraison à respecter et un prix attractif.

Les clients demandent des diamètres spécifiques selon leur activité.

- En Algérie, les clients les plus fréquents bien qu'ils soient peu en termes de nombre, sont ce qu'on appelle les granulateurs. L'utilisation des granulats de caoutchouc rentre dans la production des terrains sportifs et du gazon synthétique, les producteurs de ces derniers sont les premiers demandeurs du marché sachant que la majorité des mairies sur le territoire possède un stade sportif, et donc la demande sur les terrains augmente.
- L'entreprise de production de ciment, Lafarge a intégré l'utilisation du caoutchouc dans son processus de fabrication comme combustible, en remplaçant le gaz de 5 à 10% de leur consommation.
- L'exportation vers les pays asiatiques, notamment la chine et l'inde est un marché prometteur, une entreprise chinoise qui est installée à Boumerdes sise à Hammadi, cherche à exporter vers la chine.

2.3.Fournisseurs :

Les fournisseurs des pneus usagés plausibles pour l'entreprise sont :

- Des conventions avec des entreprises comme par exemple : la SNVI (Société Nationale des Véhicules Industriels), ETUS (Entreprise des Transports Urbains et Suburbain), SAPPL-MB (Société Algérienne de Production de Poids Lourds – Mercedes Benz), Iris Tyres pour les recycleurs de pneus légers, qui prévoit prochainement de produire les pneus de type poids lourds.

Avec ces entreprises on peut signer et convenir d'un contrat, pour qu'ils fournissent leur stock de pneus usagés mensuel ou annuel, sur plusieurs années.

- Cependant, les collecteurs privés sont ceux dont on bénéficie une part majoritaire ou même totale, car en Algérie les pneus sont retrouvés jetés dans la nature, au bord de la route, des rivières, dans les champs, sur les toits des maisons, etc.

Ces collecteurs vendent les pneus usagés :

- Au kilogramme, par de grandes quantités entre 25 à 35 DZD/Kg
- Par pneu, si de petites quantités entre 200 à 500 DZD le pneu, dépendant de la qualité et du transport.

Ils sont notre principal fournisseur dans cette étude.

2.4.Le marché et concurrence :

- Model PESTEL :

La méthode PESTEL permet « de déterminer les caractéristiques générales de l'environnement qui influencent ou sont susceptibles d'influencer significativement le développement de l'entreprise et donc sa stratégie future. » (Brulhart et al., 2015, p. 30).

Il nous aide à identifier les facteurs qui pourraient influencer positivement et/ou négativement la performance d'une entreprise

- Politique :

Consommer énergies qui ne nécessitent pas l'extraction de ressources non renouvelables (circuit fermé viable), contribuer à réaliser la RSE (responsabilité sociale des entreprises) pour satisfaire les lois environnementales mondiales.

Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) est le premier responsable de la politique nationale de l'environnement.

- Economique :

Réhabilitation (économie du coup des fondations), exonération des taxes (IRG et TAP) pour les 10 premières années, remise de 90% pour le loyer pour la première année et de 50% la deuxième année (ANDI).

- Social :

Malgré que les personnes ne soient pas imprégnées de la culture du recyclage, ce projet apportera une valeur ajoutée qui est le confort et un environnement sain, plus les emplois qui seront créés.

- Technologique :

La recherche et le développement dans ce domaine est relativement faible et quasi-inexistant en Algérie par rapport à ce qu'on peut trouver en Europe.

- Environnemental :

Plusieurs institutions encouragent le recyclage, notamment l'agence nationale des déchets qui accompagne les entreprises et qui les oriente dans le processus de création, d'implantation et des ressources nécessaires au type d'activité voulu.

- Légal :

- Cadre juridique [3] [35]:

Les pneus hors d'usage sont classés comme déchets spéciaux « classe S » sous le code « 16.1.1 » sans aucun critère de dangerosité, selon la réglementation algérienne.

Les déchets spéciaux, selon le décret exécutif n° 06-104 du 28 février 2006

Fixant la nomenclature des déchets, sont : « tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers ni assimilés à des déchets inertes ».

Conformément aux dispositions de la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, tout générateur et/ ou détenteur de déchets, est tenu d'assurer ou de faire assurer la valorisation des déchets engendrés par des matières qu'il importe ou écoule et les produits qu'il fabrique et Lorsqu'un producteur et/ou détenteur de déchets ne peut éviter de créer et/ou de récupérer des déchets, il est tenu de fournir ou de faire assurer, à ses frais, l'élimination écologiquement rationnelle de ses déchets.

▪ Choix de la forme juridique :

Les créateurs de cette entreprise, sont au nombre de 4. L'une des nouvelles formes juridiques initiée en Algérie est la SPAS, Société Par Action Simplifiée dédiée aux startups, présentée dans le journal officiel n°32 paru le 14 mai 2022 [36].

La société par actions simplifiée se caractérise par le fait qu'elle est instituée sans obligation d'un minimum d'associés ou de capital.

Les associés fixent le montant du capital et décident de la répartition du pouvoir et des responsabilités dans l'entreprise, ce qui veut dire que les prérogatives sont attribuées librement, comme exemple :

- Définir la stratégie de l'ensemble de l'entreprise
- Conduire la gestion opérationnelle
- Prendre les décisions d'investissement
- Mettre en place une organisation de travail

Les actionnaires peuvent vendre leurs parts sans l'approbation du reste des actionnaires n'ont pas l'obligation de tenir des assemblées générales mais certaines décisions doivent être prises collectivement.

L'analyse du modèle PESTEL soulève notamment les avantages écologiques et sociaux que présente le projet. Le tableau ci-dessous recense les diverses opportunités et menaces à considérer :

- Matrice SWOT :

Tableau 2 Représentation de la matrice SWOT du marché algérien du recyclage des PUNR.

FORCES	FAIBLESSES
- Processus de meilleur qualité (nettoyage des pneus) que les concurrents - Offre de granulés de 3 diamètres différents. - Retour sur investissement rapide et conséquent - Simple infrastructure	- L'absence d'un programme de formation ou de recyclage des agents administratifs et des ouvriers. - Filière récente - Absence d'un système performant de collecte
OPPORTUNITES	MENACES
- Marché en expansion et développement - Institutions environnementales encourageant le recyclage - Quantité de pneus usagés jetés et détenu par certains organismes est importante - Réduction de l'importation - Manque d'entreprises de recyclage des PUNR	- L'opinion publique sur le recyclage est faible - Problèmes bureaucratiques - Manque d'entreprises actives dans l'utilisation de granulés comme MP localement - Absence d'aide gouvernementale (subvention) - Pas d'initiative en R&D - Manque d'investissement public - Pratiques sauvages (décharges en plein air, vente illicite...) - Risque de concurrence

La matrice SWOT à première vue nous démontre que les menaces sont plus importantes que les opportunités et les forces, mais ces menaces on peut les définir comme « négligeable » par rapport aux opportunités, car avec un apport capital personnel et les quantités de PUNR non recyclés présente sur le marché, la demande du marché et le positionnement de notre offre, l'entreprise peut devenir pérenne. Sans pour autant omettre de les prendre en considération et de les faire basculer vers des opportunités, pour un environnement d'évolution optimal.

- Les concurrents :

Le marché algérien connaît cette dernière décennie une ouverture dans le domaine écologique environnemental, due à une influence internationale d'une part et une affluence des matières et produits éligibles d'autre part, ce qui a contribué au développement d'une chaîne logistique inverse et la création d'un flux de retour des produits en fin de cycle de vie. Ayant comme objectif, la protection de l'environnement en valorisant ces déchets dans des applications industrielles économiques.

Le Tableau 3 montre le recensement des entreprises créées dans le domaine du recyclage des pneus usagés non rechapables (PUNR) par année. On remarque du tableau que le domaine est frais en matière de développement, croissance et d'évolution, sachant que l'une des premières entreprises a été créée en 2014. On remarque aussi que sur 8 entreprises, 3 d'entre elles soit 37.5% sont pérennes (la plus ancienne créée en 2017), or que plus de la moitié 62.5% ont fermé durant la même période 2019 – 2020.

Tableau 3L'état actuel des entreprises ouvertes depuis 2014 dans le domaine du recyclage des pneus usagés.

Entreprise	Année de création	Etat actuel
Receco - Mostaganem	2018	Fermée en 2020
Douib recyclage caoutchouc - Setif	2014	Fermée en 2019
Recytech - Bouira	2017	Ouverte
Fonderie power – Alger	2019	Fermée en 2020
Maplac - Boumerdes	2014	Fermée en 2020
Eurl jete grains – Ain defla	2019	Ouverte
Entreprise - Setif	2017	Ouverte
Entreprise - Tipasa	2021	Fermée en 2021

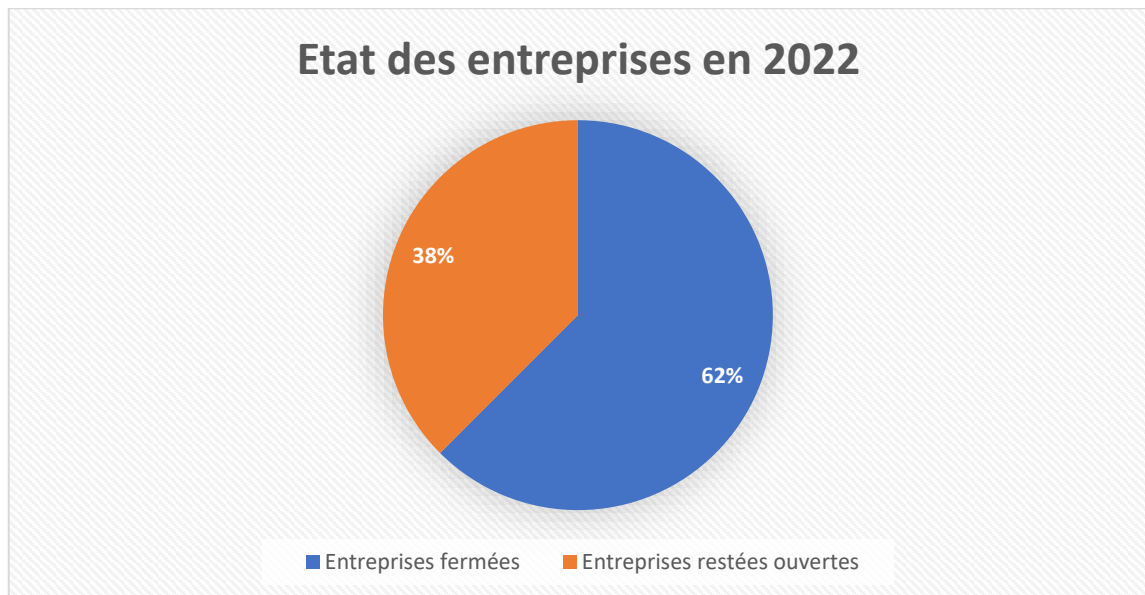


Figure 2-1 Graphique montrant le pourcentage d'entreprises ouvertes et non ouvertes en 2022.

Les raisons principales à cause desquelles ces entreprises ont fermé :

- La crise sanitaire du Covid-19 qui a débuté fin 2019 – début 2020
- Les barrières et problématiques rencontrés aux autorités.

Mais malgré cela l'activité des entreprises qui font le recyclage des pneus usagés en granulation de caoutchoucs ont une totalité productive de 9 598,624 T/An, alors que la capacité de traitement installé entre les entreprises qui exercent la valorisation matière est près de 32 000 T/An (rapport de l'A.N.D. en annexe C). La forte demande du marché n'est pas comblée, l'entreprise peut se positionner et détenir une partie du marché. Ceci montre que le marché présente une opportunité d'investissement pour une éventualité d'ouverture d'entreprise de recyclage des pneus.

Dans la partie étude économique, nous répondrons à la question : est-ce rentable d'ouvrir cette entreprise de recyclage des PUNR ?

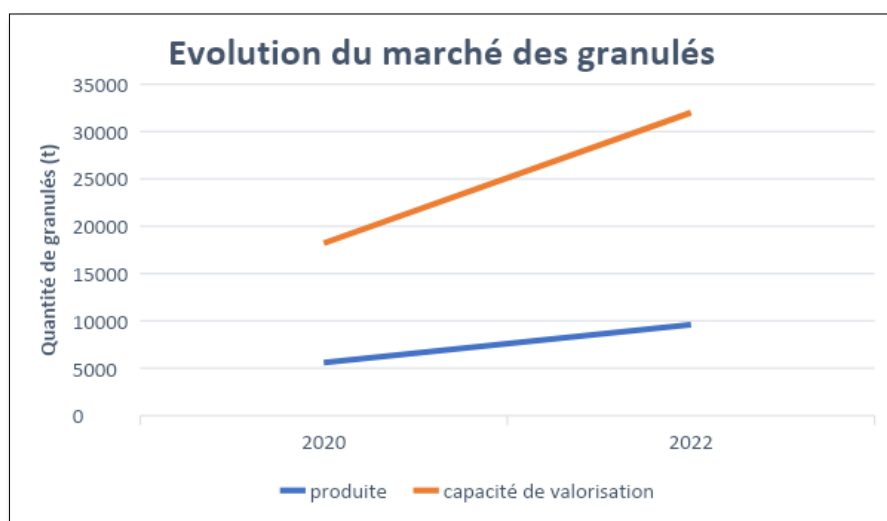


Figure 2-2 Evolution du marché des granulés entre 2020 et 2022.

Le graphique de la Figure 2-2 montre deux courbes croissantes des granulés produits et la capacité de valorisation du marché de ces granulés. On remarque que le marché est en expansion et est passé de 18000t/AN en 2020 jusqu'à 32000 t/AN en seulement 2 années ce qui représente 320% de ce qui est produit maintenant, soit 10000 t/AN.

Une part de marché de $32000 - 10000 = 22000$ tonnes/AN n'est pas satisfaite et donc, vide.

Conclusion :

Nous concluons que malgré quelques barrières d'entrées le marché du recyclage des pneus en Algérie est prometteur et il y a une grande place vide à occuper et de très grandes parts du gâteau ou les quatre autres forces du model de porter sont faibles :

- L'intensité de la concurrence (car ils sont peu et la demande dépasse l'offre)
- Le pouvoir de négociation des clients (le cout de transport est bas et les concurrents sont peu nombreux)
- Le pouvoir de négociation des fournisseurs (car ils veulent s'en débarrasser de leurs déchets au lieu de les stocker)
- La menace des produits de substitution (car le prix des granulés est très faible)

D'où la facilité de pénétrer ce marché.

Chapitre 3 : Etude économique

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons établir une étude financière de réalisation d'une usine de recyclage des pneus usagés en Algérie, on entamera cette étude par le calcul du capital, puis nous établirons une étude de faisabilité financière par une étude interne (cout de revient) et une étude externe (prix psychologique) et nous finirons par le calcul du temps de récupération des capitaux.

3.1.Besoins de démarrage :

Ici on va lister les dépenses et investissements qu'on devrait faire avant de se lancer dans l'activité.

3.1.1. Immobilisations incorporelles :

- Frais d'établissement :

Il comprend :

- Les frais d'études d'architecture qui sont de 100 000 DZD.
- Permis de construire 1 500 DZD
 - Frais d'installation et d'ouverture des compteurs :
 - Électricité 300 000 DZD
 - L'eau 300 00 DZD
 - Frais de dossier :

Nous devons signer un contrat de 33 ans avec un paiement de 18 premiers mois pour la signature du contrat avec le prix de 100 DZD/m² le mois, et d'après l'étude technique la superficie nécessaire est de 90 m x 60 m = 5600 m². L'état algérien applique une exonération sur les deux premières années, de 90% la 1 ère année et 50% la 2ème année, le montant est le suivant :

1 ère année : $5600 \text{ m}^2 * 100 \text{ DZD} * 12 * 0,1 = 648\,000 \text{ DZD}$

2 -ème année : $5600 \text{ m}^2 * 100 \text{ DZD} * 12 * 0,5 = 3\,240\,000 \text{ DZD}$

Pour les 18 premiers mois on obtient :

$5600 \text{ m}^2 * 100 \text{ DZD} * 12 * 0,1 + 5600 \text{ m}^2 * 100 \text{ DZD} * 6 * 0,5 = 2\,352\,000 \text{ DZD}$

- Frais de notaire :

Les frais du notaire pour les contrats de location 1% du montant du contrat de location si inférieure à 500.000 DZD et 0,75% dans le cas où le montant du contrat est supérieur à 500.000 DZD.

2 352 000 DZD > 500 000 DZD

Donc les frais du notaire sont :

$$2\,352\,000 * 0,75\% = 17\,650 \text{ DZD}$$

3.1.2. Immobilisations corporelles :

- Enseigne et éléments de communication :

Cartes de visite, site internet d'une valeur de 195000 DZD

- Travaux et aménagements :

Pour les travaux de construction de toute l'usine, y compris le hangar de stockage et les bureaux administratifs, 8 000 000 DZD (calculés par l'équipe technique à une estimation près)

- Matériel :

Toute la ligne de production fabriquée en Algérie coûte 6 000 000 DZD, et le matériel de transport et l'outillage des machines coûte 1 000 000 DZD

- Matériel de bureau :

Les meubles d'administration, Fourniture, ordinateur, imprimante sont estimés à un coût de 200.000 DZD.

3.1.3. Stock de matières et produits :

C'est la matière première suffisante pour le départ de l'activité (7 premiers jours), La moyenne du coût d'une tonne de PUNR est de 4 000 DZD, la capacité de production de la machine est d'une tonne par heure et la durée de travail par jour est de 8 heures, ce qui veut dire 11 tonnes de pneus par jour, donc le coût de matière première de début est :

$$4000 \text{ DZD/t} * 11 \text{ t/jrs} * 7 \text{ jrs} = 308\,000 \text{ DZD}$$

3.1.4. Trésorerie de départ :

C'est la somme d'argent gardée en prévision du démarrage de l'activité pour financer le cycle d'exploitation avec 935 000 DZD.

Remarque 1 : La formation du personnel et une garantie de 18 mois sont inclus dans l'offre de la machine.

Remarque 2 : Les frais utilisés dans ce chapitre ont été communiqués par l'usine de JETE GRAINS de ain-torki et par des collègues qui travaillent sur l'étude technique de ce projet, en plus de l'agence nationale de développement et de l'investissement (ANDI).

Investissements et financements

Projet : recyclage des PUNR
 Porteur de projet : Latreche Abdelkhalak / Bouarour Kahina

Tableau 4 Investissements incorporelles et corporelles du projet.

INVESTISSEMENTS	Montant en dinar algérien
Immobilisations incorporelles	3 084 650,00
Frais d'établissement	115 000,00
Frais d'ouverture de compteurs	400 000,00
Frais de dossier	2352000,00
Frais de notaire ou d'avocat	17 650,00
Logiciels, formations	0,00
Caution ou dépôt de garantie	0,00
Immobilisations corporelles	15 395 000,00
Enseigne et éléments de communication	195 000,00
Travaux et aménagements	8 000 000,00
Matériel	7 000 000,00
Matériel de bureau	200 000,00
Stock de matières et produits	308 000,00
Trésorerie de départ	935 000,00
TOTAL BESOINS	19 722 650,00
FINANCEMENT DES INVESTISSEMENTS	Montant en dinar algérien
Apport personnel (des 4 actionnaires)	19 722 650,00

3.2. Etude de faisabilité économique :

3.2.1. Étude interne :

On fait une étude de prix en interne pour calculer les coûts de revient de chacun des 4 produits finis : granulés des 3 diamètres :

- d1 pour les granulés de diamètre supérieure à 5 mm
- d2 pour les granulés de diamètre inférieur à 4 mm
- d3 pour les poudrettes de diamètre inférieur à 2 mm
- a pour le fil d'acier

Notre business suit une économie d'échelle ou l'augmentation de la quantité de production entraîne une réduction dans les coûts unitaires de produits finis à cause des charges fixes

Coût total = Coûts variables + Coûts fixes

Où les coûts fixes sont relatifs aux charges internes fixes (coût d'administration, gestion de production, location ...), et les coûts variables sont relatives aux charges directes relatives à la production (matières premières, électricité + eau ...).

Les besoins de personnels sont :

Tableau 5 Salaires et nombre d'effectif requis.

Catégorie	Effectif	Salaire net (DZD/ mois)
Comptable	1	40 000
Gestionnaire de production	1	50 000
Gestionnaire de stock	1	38 000
Technicien	1	34 000
Ouvrier	10	30 000
Total	14	462 000

- La location comme cité précédemment, pour la première année est de 10%, ce qui veut dire un montant de 54 000 DZD/mois

- Les charges de consommation d'eau sont estimées à 10 000 DZD le mois et l'électricité est calculé par rapport à la consommation de la machine et on trouve 80 000 DZD
- Le conditionnement des granulats et poudrettes dans des big bags d'une tonne qui coûtent 300 DZD la pièce et pour un travail de 22 jours par mois et une production de granulés de 8 tonnes le jour, on obtient 52 800 DZD.

$$8 \text{ t/jr} * 22 \text{ jr} * 300 \text{ DZD/t} = 52\,800 \text{ DZD}$$

- La matière première est achetée de chez les fournisseurs (collecteurs ou autres) avec un prix moyen de 4 000 DZD la tonne, avec une capacité de machine de 11 tonnes par jours, durant un mois on aura :

$$11 \text{ t/jr} * 4000 \text{ DZD} * 22 \text{ jr} = 968\,000 \text{ DZD}$$

Le recyclage d'un pneu usagé nous donne environ 30% d'acier et 70% de granulés

- Autres charges sont les frais de déplacement, de fourniture, de nettoyage ...

Dans le Tableau 6 on va calculer les prix de revient par répartition des charges sur les 4 produits finis.

On pose la durée d'amortissement des investissement à 2 ans (Nous calculerons cette durée dans la partie 3.3). On obtient des amortissements mensuels de :

$$A = (\text{immobilisations corporelles} + \text{immobilisations incorporelles}) / 24$$

$$A = 744\,985,42 \text{ DZD}$$

On estime que la demande sur les 3 types de granulés est égale donc la production journalière de granulés ou poudrette (8 tonnes) est divisée sur 3

Tableau 6 Calcul du prix de revient interne.

Charges	Coûts en DZD	Clé de répartition	Ventes en DZD			
Fixes			d1	d2	d3	a
Salaires des employés	462 000	Tous les employés de l'entreprise.	115 500	115 500	115 500	115 500
Charges sociales des employés	138 600		46 000	46 000	46 000	46 000
Location	54 000		13 500	13 500	13 500	13 500
Autres	35 000		8 750	8 750	8 750	8 750
Dotations aux amortissements	744 985,42		186 246,35	186 246,35	186 246,35	186 246,35
Variables						
Matière première	968 000	0,3 * 968 000 pour l'acier et 0,7 * 0,33 * 968 000 pour chaque (d)	225 866,67	225 866,67	225 866,67	290 400
Électricité + eau	90 000		22 500	22 500	22 500	22 500
Conditionnement	52 800	Le conditionnement que pour granulés	17 600	17 600	17 600	0
Total (DZD)			635 963,02	635 963,02	635 963,02	682 896,35
Quantité journalière produite (kg)			2 666,67	2 666,67	2 666,67	3 000
Quantité mensuelle produite (kg)			58 666,67	58 666,67	58 666,67	66 000
Prix de revient (DZD/kg)			10,84	10,84	10,84	10,35

Donc le prix de revient unitaire de chaque produit est de :

- Granulés (les 3 diamètres) = 10,84 DZD ~ 11 DZD
- Fil d'acier = 10,35 DZD ~ 11 DZD

3.2.2. Étude externe :

L'étude externe est menée par rapport aux prix proposés par la concurrence la concurrence, on a obtenu les prix suivants :

Tableau 7 Étude des prix de ventes des produits finis chez les concurrents.

Concurrent	Prix de granulés (DZD)	Qualité de granulés /5	Prix du fil d'acier
Recytech (El Hachimia)	40	4,5	50
EURL Jete grains (Ain torki)	38	3	35
Bouguerne ak (Sétif)	37	2,5	40
EURL Mon Oiseau (Tizi-Ouzou)	37	2	40
Moyenne	38	3	41,25

On remarque que les usines qui vendent les granulés avec un prix < 38 ont une qualité inférieure à 3 parce qu'ils n'ont pas un système de nettoyage de pneus dans leur processus de granulations et la seule usine qui vend des granulés de haute qualité est l'usine d'El Hachimia avec un prix de 40 DZD/kg.

Et pour l'acier, il est vendu au prix du ferraille (déchets de métaux ferreux) pour toutes les usines.

On a aussi la moyenne du prix unitaire de vente des granulés en KG est de 38 DZD, et la moyenne du prix unitaire du fil d'acier est de 41,25 DZD, la moyenne de la qualité dans le pays est de 3 / 5.

En tenant compte de la qualité des granulés qu'on va produire non seulement pour le système de nettoyage mais aussi pour un système de classification des pneus à l'entrée du processus, la qualité qu'on va produire est de 4 / 5 qui n'atteint pas la qualité de " RECYTECH " à cause du matériel

de haute qualité qu'ils utilisent, mais elle est meilleure que celle des autres usines qui n'ont pas des procédures de gestion de qualité, On aura un prix logique acceptable de ~ 39 DZD.

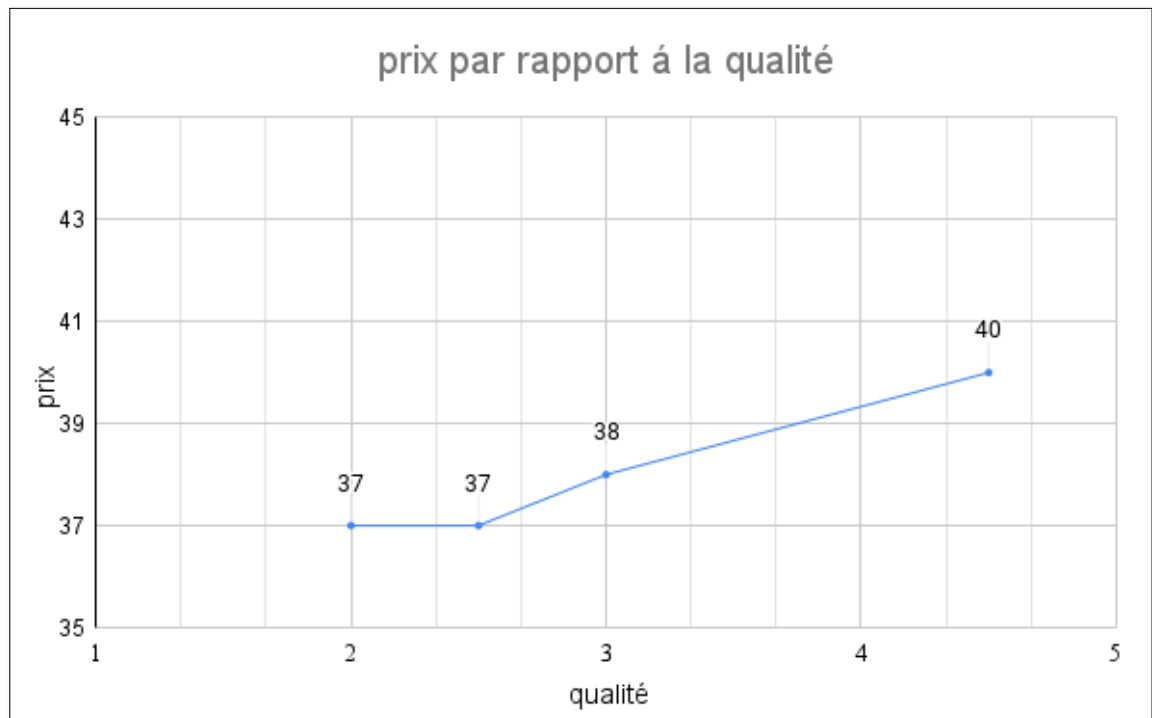


Figure 3-1 Graphique montrant le prix de granulés par rapport à la qualité.

Pour pouvoir pénétrer le marché et avoir des parts, on diminue notre prix de vente des granulés à 35 DZD de différents diamètres pour attirer la clientèle et le fil d'acier est vendu à 40 DZD.

3.3. Calcul du temps de retour sur investissement (ROI) :

3.3.1. Chiffre d'affaires :

Parts de marché vide = demande - l'offre

D'après l'association nationale des déchets, le marché de la poudrette est en déséquilibre car la demande est en excès par rapport à l'offre ou la demande est de 32 000 T/an et l'offre cette est de 9 598,624 T donc la part de marché vide cette année est 22 401,376 T/an.

Capacité de production de l'usine en granulés :

$$253 \text{ jr/an} * 8 \text{ T/jr} = 2024 \text{ T/an}$$

Donc l'entreprise est limitée par sa capacité de production qui est de 2024 tonnes/an.

La demande sur le fil métallique est considérée infinie car la demande est trop forte en plus, il est vendu au prix du ferraille.

$$\text{Chiffre d'affaires (annuel)} = 2024 \text{ T/an} * 35000 \text{ DZD} + 3 \text{ T/jr} * 253 \text{ jr/an} * 40000 \text{ DZD}$$

Ca = 101 200 000 DZD/an

Dans un mois de 22 jours sans jours fériés le chiffre d'affaires est de 8 800 000 DZD.

3.3.2. Les charges fixes :

Salaires des employés, charges sociales des employés, location, autres (les frais de déplacement, hébergement du site web, fourniture, nettoyage ...).

Charges fixes = 462 000 + 138 600 + 54 000 + 35 000 = 689 600 DZD

3.3.3. Les charges variables :

Elles varient d'un mois à un autre tout dépend de la production dans ce mois-ci,

Ce sont les matières premières (pneus usagés), électricité, eau, conditionnement.

La TVA est de 19%.

On considère que la production commencera en septembre 2022.

Détails amortissement

Tableau 8 Les amortissements.

Amortissements incorporels	Amortissements corporels
Frais d'établissement	Enseigne et éléments de communication
Logiciels, formations	Achat immobilier
Droits d'entrée	Travaux et aménagements
Frais de dossier	Matériel
Frais de notaire ou d'avocat	Matériel de bureau
2 484 650,00 DZD	15 395 000,00
17 879 650,00 DZD	

3.3.4. Calcul du temps de ROI :

Compte de résultats prévisionnel

Les 3 premiers mois :

Tableau 9 Compte de résultats des 3 premiers mois.

	sep. 2022 (21 jours)	oct. 2022 (22 jours)	nov. 2022 (21 jours)
Produits d'exploitation	8 400 000	8 800 000	8 400 000
Chiffre d'affaires HT vente de marchandises	8 400 000	8 800 000	8 400 000
Charges d'exploitation	50 400	52 800	50 400
Achats consommés	50 400	52 800	50 400
Marge brute	8 349 600	8 747 200	8 349 600
Charges externes	1 132 176,54	1 181 057,96	1 132 176,54
Frais de déplacement et hébergement	10 000	10 000	10 000
Eau, électricité, gaz	85 909,09	90 000	85 909,09
Fournitures diverses	16 600,79	17 391,30	16 600,79
Entretien matériel et vêtements	33 333,33	33 333,33	33 333,33
Nettoyage des locaux	8 333,33	8 333,33	8 333,33
Loyer et charges locatives	54 000	54 000	54 000
Collecte de pneus	924 000	968 000	924 000
Valeur ajoutée	7 217 423,46	7 566 142,04	7 217 423,46
Salaires employés	462 000	462 000	462 000
Charges sociales employés	138 600	138 600	138 600
Excédent brut d'exploitation	6 616 823,46	6 965 542,04	6 616 823,46
Impôt (19%)	1 257 196,45	1 323 452,98	1 257 196,45
Excédent net d'exploitation	5 359 626,55	5 642 089,05	5 359 626,55
Dotations aux amortissements	5 359 626,55	5 642 089,05	5 359 626,55
Reste du retour	12 520 023,45	6 877 934,4	1 518 307,85

Le 4^{ème} mois :

Tableau 10 Compte de résultats du 4^{ème} mois.

	Déc 2022 (21 jours)
Marge brute	8 349 600
Valeur ajoutée	7 217 423,46
Excédent brut d'exploitation	6 616 823,46
Excédent net d'exploitation	5 359 626,55
Dotations aux amortissements	1 518 307,85
Reste du retour	0

Les 3 premiers mois (septembre, octobre, novembre) vont recouvrir 16 361 342,15 DZD de l'investissement initial, il ne reste alors que 1 518 307,85 DZD le quatrième mois (Décembre) apportera 5 359 626,55 de bénéfice, donc le temps de retour sur investissement est de 4 mois, plus précisément :

En considérant les flux de revient uniforme, après les 3 mois de septembre, octobre et novembre, il ne reste que $1\,518\,307,85 \text{ DZD} \times 21 / 5\,359\,626,55 \text{ DZD} = 6$ jours supplémentaires pour récupérer l'investissement initial. Il faut donc 3 mois et 6 jours pour atteindre le temps de retour sur investissement (le 08 décembre 2022).

Conclusion :

D'après les résultats obtenus dans ce chapitre, où les coûts de revient sont largement supérieures aux prix psychologiques et le temps de récupération des investissements de départ est 3 mois et 6 jours qui est une faible période, on conclue la rentabilité et la faisabilité économique de notre entreprise.

Chapitre 4 : Business model

Introduction :

Dans cette partie on va définir le modèle économique de l'entreprise autrement dit le Business Model de l'entreprise, pour cela on utilise le Template Business Model Canvas conçue par Alex Osterwalder présenté dans son livre [37], qui nous permettra d'organiser et de cartographier les paramètres clés de notre projet pour garder la mémoire de notre évolution et innovations, ce qui nous facilite de trouver l'innovation et de se démarquer des concurrents.

4.1.La proposition de valeur :

- 1- La valeur écologique qui consiste à donner une deuxième vie au pneu après sa décomposition pour avoir des parties toutes réutilisables. En vrai c'est une façon de transformer un déchet en matière première en évitant son abondance dans la nature ou d'être brûlé, car les pneus ne sont pas biodégradables et contiennent de nombreux composés chimiques. Laissez dans la nature, il pollue le sol et pollue le paysage. Lorsqu'il est brûlé, il libère des substances toxiques qui polluent l'atmosphère.
- 2- La demande qu'on souhaite satisfaire est celle des granulés de caoutchouc, en plus de l'acier dans un contexte de relation B2B (business to business) dans l'ouest de l'Algérie.

L'unique usine dans la wilaya de Relizane et les wilayas qui l'entourent, en plus de ça la qualité des granulés sera meilleure que la majorité des autres usines à cause du processus de nettoyage avant l'entrée des matières premières (qui est utilisé juste par l'usine d'EL HACHIMIA à Bouira et qui est reconnu pour sa qualité). Donc, non seulement l'augmentation de la disponibilité des granulés dans la région, la qualité aussi est proposée comme une valeur par notre entreprise. Les produits qu'on propose sont des granulés de caoutchouc de 3 diamètres différents en plus de l'acier fortement demandé.

- Les granulés de caoutchouc avec une production journalière de 8 tonnes en trois diamètres :
 - moins de 2 mm ;
 - moins de 4 mm ;
 - 5mm et plus.
- Fils d'acier avec une production journalière de 3 tonnes.

Par rapport au produit :

- Les granulés :

- Les granulés remplacent le caoutchouc dans les industries des produits non destinées à l'agroalimentaire (sacs, tapis, pots, chaussures, porte carte, dos d'âne).
 - Il peut être utilisé sous forme de granulats libres qui maintiennent les fibres de l'herbe synthétique des stades de sport.
 - Sols sportifs souple apportant de nombreux avantages aux sports (course à pied, équitation) et sols d'aires de jeux pour enfants (une couche de 8 mm peut amortir la chute d'un enfant de plus de 2 m).
 - Incorporation dans les mortiers et béton à base cimentaire.
 - Remplacement de l'anthracite que les aciéries électriques utilisent pour réduire la rouille des ferrailles usagées.
- L'acier :
 - L'acier extrait des pneus est d'une qualité supérieure.

Par rapport au client :

- Le prix est attirant pour le client en plus de la qualité pour les 2 types de produits, surtout pour ceux qui sont en train d'importer la matière première de l'étranger.
 - La proximité de l'entreprise par rapport aux clients de la région (délais et coûts de livraison réduits).
- 3- L'utilisation de nos produits participe à l'autosuffisance en matière de caoutchouc, en plus de la création de l'emploi, la fabrication nationale et l'amélioration de la qualité de vie (moins de déchets pneumatiques sur les trottoirs).

Value Proposition Canvas

company:

Recytire SPAS

by:

Latreche A. and Bouarour K.

Date:

À la création

Version:

0

Produit

Bénéfices

Fournir la matière première en poudre de caoutchouc pour différents produits en caoutchouc.
Fournir la matière première en acier pour des utilisations en aval.
Fournir des granulés pour les gazons synthétiques.

Caractéristiques

Granulat :
Amortissement du choc.
Absorption du bruit.
Remplacement du caoutchouc pur.
Peut être utilisé comme combustible.
L'acier :
Bonne qualité d'acier.

Expérience

L'utilisation de nos produits va participer à absorber l'importation et réaliser l'autosuffisance, la préservation de l'environnement, augmenter la durée de vie des ressources, limiter les dégâts du choc, diminuer la pollution sonore, remplacer des ressources limitées.

Client

Bénéfices recherchés

Économiser de l'argent.
Délai de livraison plus petit.
Meilleure qualité.
Attirer une grande clientèle

Les aspirations

Matière de caoutchouc.
Acier.
Disponibilité de matière.

Les problèmes

La non qualité par rapport au caoutchouc pure, coûts de changement, gros délai de livraison, rapport qualité/prix insatisfaisant, scalabilité.

Produit

- élimination des déchets pneumatiques.
- granulés de caoutchouc.
- fil d'acier.

Client Ideal

Fabricant de produits en caoutchouc.
Fabricant de produits en acier.

Substituts

Le caoutchouc neuf.
L'acier neuf.

4.2.Les segments de marché :

Le but de l'entreprise est de vendre 50% de sa production en local et 50% à l'exportation.

Les segments locaux :

- Les constructeurs de tapis de sports achètent le Matico (granulés de diamètre 4 mm) pour revêtement sportif pour terrain de football constitué de gazon synthétique et de diamètre 2 mm et 4 mm pour la fabrication des tapis de sports.
- Les constructeurs des aires de jeux utilisent les granulés de 5 mm et plus.
- Les fabricants de joint en caoutchouc
- Ferrailleurs pour les fils d'acier.

Les segments d'exportation :

- L'usine chinoise à Hammadi (Alger) achète tous les diamètres de granulés et avec n'importe quelle quantité.
- Les usines étrangères qui exigent une meilleure qualité.

Nous prévoyons aussi de réaliser le MVP (Minimum Viable Product) dans le cadre de la stratégie d'utilisation des ressources avancées. Nous recherchons la viabilité d'un nouveau produit pour le marché de masse ou à usage interne qui est la fabrication des tapis en caoutchouc tout en créant des couches supplémentaires autour de l'idée de base, en tirant parti des commentaires des utilisateurs réels ; ceci demande un processus de fabrication en aval de notre ligne de production et donc de nouvelles charges et une nouvelle étude de faisabilité.

4.3.Relations clients :

- L'entreprise travaille avec l'ensemble des usines locales avec des commandes.
- Le reste de sa production mensuelle est transféré et vendu à l'usine de Hammadi qui est ensuite destinée vers la chine sous un contrat longue durée.

4.4.La stratégie de distribution :

- La réalisation d'un site web de l'entreprise.
- Les annonces sur les sites de ventes nationales comme Ouedkniss et même internationales
- La publicité au niveau des entreprises clientes.
- Pour le local, le client se charge de la récupération de sa commande a la fin de sa réalisation ou par quantités.

- Pour l'exportation, elle dépend des incoterms dans le contrat de commande signé avec les clients (transférés vers le port ou la récupération de l'usine).
- Pour l'usine chinoise : déposer la marchandise dans le port.
- Le fil d'acier se vend sur place à l'usine.

4.5. Les activités clés :

- La collecte des pneus.
- La fabrication de poudrette
- Le stockage
- La vente des granulés et du fil d'acier.

4.6. Les ressources clés :

- Les pneus par le biais de :
 - Des contrats avec des entreprises de transport privées et étatiques (ETUSA, CMA CGM...) pour la récupération des pneus usagés.
 - L'achat des stocks de punr (pneu usé non rechapable) de chez les entreprises qui utilisent les camions lourds pour des prix raisonnables (intérêt des deux côtés)
 - Les collecteurs de pneus usagés
 - Les vulcanisateurs.
 - Les décharges et les centres de déchets.
 - Les enchères.
- Électricité
- Machines : la ligne de production (le broyeur, le tamiseur, la déchiqueteuse, la machine à enlever le fil d'acier.)
- Local : 90*60 m², à la zone industrielle d'oued rhiou, Relizane.
- Ressources humaines :
 - 1 comptable
 - 1 responsable de production
 - 1 gestionnaire de stocks

- 1 technicien
- 10 ouvriers

4.7.Les partenaires clés :

- L'usine chinoise de Hammadi pour l'achat des granulés.
- GICA Chlef (Filiale de Groupe Industriel des Ciments d'Algérie) qui va nous vendre un stock de 120 000 tonnes de PUNR.

4.8.La structure de coûts :

- Frais de personnels : 462 000 DZD
- La location du site :
1ère année : 54 000 DZD (10%),
2ème année : 270 000 DZD (50%),
Depuis la 3ème année : 540 000 DZD (100%).
- Électricité
- Eau
- Matière première

4.9.Les différentes sources de revenu et la stratégie de pricing :

Le prix des granulés qui se vend au local sera fixé à 35 DZD qui est un bon prix par rapport à la concurrence qui les vend entre 38 DZD et 40 DZD le kilogramme, en plus de la meilleure qualité qui va nous faire gagner une bonne part de marché.

Pour les grandes quantités et les contrats de ventes, le prix sera discuté avec l'acheteur à condition de ne pas descendre d'une marge de 2 DZD/kg.

Pour l'exportation, le prix sera discuté dans un contrat signé entre les deux parties qui prend en charge le conditionnement et le transport vers le port tout dépend de l'incoterm (EXW : qui comprends juste le conditionnement ou FCA : pour le conditionnement, chargement du premier transport, douane export et le préacheminement)

Le fils d'aciers est vendu avec un prix de 40 DZD, ou la demande locale est forte et n'est jamais satisfaite.

Nom de l'entreprise :
Recytire SPAS

Date:
À la création

Conclusion (Business Model Canvas) :

<i>Partenaires clés</i> ● GICA Chlef ● Usine chinoise ● Les usines étrangères	<i>Activités clés</i> ● Production de caoutchouc ● Transport ● Vente ● Marketing	<i>Offre (proposition de valeur)</i> ● Élimination des pneus usagés non rechapables. ● Fournir les granulés de caoutchouc. ● Fournir de l’acier. ● Création d’emplois ● Contribuer à la sensibilisation de l’opinion publique.	<i>Relation client</i> ● Vente aux commandes ● Vente directe ● Contrat ● Convention	<i>Segments de clientèle</i> ● Les fabricants de produits en caoutchouc ● L’usine chinoise de Hammadi ● Les fabricants d’herbe synthétique ● Les ferrailleurs
	<i>Ressources clés</i> ● Les pneus usagés non rechapables. ● Local loué avec des aides gouvernementales ● Personnel		<i>Canaux de distribution</i> ● Les annonces ● Le site web ● Vente sur place ● Transport vers le port	
<i>Structure des coûts</i> ● Les pneus ● Coûts fixes (personnel, location ...) ● Coûts variables (électricité, eau, coût de fabrication ...)			<i>Sources de revenus</i> ● 35 DZD/KG les granulés ● 40 DZD/KG le fil d’acier ● Prix discuté dans un contrat de vente	

Conclusion générale et perspectives

Pour sa survie, notre modèle économique emprunte d'innombrables ressources qui ne peuvent être remboursées. Mais aujourd'hui ce modèle n'est plus viable et la transition vers un modèle circulaire est non seulement nécessaire pour protéger nos ressources naturelles limitées et réduire nos déchets et nos émissions polluantes, mais aussi souhaitable pour améliorer la qualité de vie, créer de nouveaux emplois et améliorer la santé humaine en limitant la pollution des sols, de l'eau et de l'air.

À travers ce travail, on essaye de fermer la boucle d'une ressource particulière qui est le caoutchouc des pneus et qui présente un déchet pour l'environnement après la fin de sa première vie, pour cela et pour les nombreuses possibilités de transformation et de valorisation, on essaye de lui donner une autre vie en le transformant en granulés et poudrette qui peuvent être l'aube d'innombrables produits.

De plus l'intérêt écologique, social et de préservation des ressources, cette étude économique a prouvé la rentabilité de s'investir dans le domaine de recyclage des pneus usagés particulièrement en Algérie où le marché ne satisfait qu'un tiers de la demande et les barrières d'entrées sont très faibles. Les résultats ont été très positifs ou ils ont montré que le délai de récupération des capitaux est très faible, et le projet est faisable et rentable.

Le parc automobile est en constante hausse en Algérie, ce qui va générer plus de déchets pneumatiques dont on doit s'occuper de transformer en matière première en vue d'alimenter d'autres industries. Cette année, l'AND a déclaré que le nombre de pneus usagés sortant par an est de 249 326 t/an, sans oublier le stock déjà existant (par exemple, GICA Chlef détient un stock de 120 000 tonnes de PUNR), tous ces déchets sont des ressources pour la création des granulés et donc de la matière première pour l'entreprise qu'on va créer.

On a aussi défini précisément comment l'entreprise va générer de l'argent en décrivant de manière détaillée notre activité et en mettant en place une stratégie via un business model ou modèle d'affaire, puis on a illustré ça via le Business Model Canvas.

Le recyclage des pneus en Algérie est nécessaire, souhaitable et attirant, pour cela la réussite d'une usine est presque sûre, bien qu'il y ait quelques obstacles bureaucratiques et barrières qu'on trouve

devant nous, mais d'après l'étude technique réalisé par nos partenaires et notre étude économique le projet est faisable et rentable.

Après l'étude technico-économique affirmative et le business model, un business plan doit être mis en place avant d'entamer les procédures administratives de réalisation du projet, le début de la production est prévu pour septembre 2022.

Et si ce projet puisse prendre une grande ampleur, pour un développement optimal, non seulement le gouvernement doit imposer des directives rigoureuses sur la collecte des PUNR, mais aussi on doit instaurer et intégrer la culture du recyclage et de l'écologie dans la vie quotidienne de chacun

Bibliographie

- [1] R. Le moine, *l'économie circulaire : stratégie pour un monde durable*, Dunod, 2018.
- [2] B. Djemaci, *La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments.Sciences de l'environnement.*, Normandie: Université de Rouen, 2012.
- [3] «agence nationale des dechets,» [En ligne]. Available: <https://and.dz/>. [Accès le 01 juillet 2022].
- [4] «customtour,» [En ligne]. Available: <https://www.customtour.ca/au-fil-du-temps/>. [Accès le 06 2022].
- [5] «tread wright,» [En ligne]. Available: <https://www.treadwright.com/blogs/treadwright-blog/the-history-of-tires>. [Accès le 20 juin 2022].
- [6] «AUTOIES,» [En ligne]. Available: <https://www.auto-ies.com/blog/belle-histoire-pneu>. [Accès le 06 2022].
- [7] [En ligne]. Available: <https://pxhere.com/fr/photo/394353>. [Accès le 06 2022].
- [8] [En ligne]. Available: <https://www.prints-online.com/first-pneumatic-tyres-4358604.html>. [Accès le 06 2022].
- [9] «Siligom,» [En ligne]. Available: <https://www.siligom.fr/tout-savoir-sur-le-pneu/histoire-du-pneu/>. [Accès le 06 2022].
- [10] [En ligne]. Available: <https://www.amazon.com/2-Pack-AR-PRO-Solid-Rubber-Assemblies/dp/B09333LXP6?th=1>. [Accès le 06 2022].
- [11] [En ligne]. Available: https://medium.com/@aigerim_14528/history-of-car-tires-from-ancient-times-to-the-modern-world-4a01c238899a. [Accès le 07 2022].
- [12] «resource panel,» [En ligne]. Available: <https://www.resourcepanel.org/>. [Accès le 05 juillet 2022].
- [13] «planeto scope,» [En ligne]. Available: <https://www.planetoscope.com/automobile/924-production-mondiale-de-pneus.html>. [Accès le 14 juin 2022].
- [14] L. c. r. d. l. c. e. normandie. [En ligne]. Available: https://neci.normandie.fr/sites/default/files/2017-12/Reglement%20AMI%20EC%202018_2.pdf. [Accès le 06 2022].
- [15] «sika finance,» [En ligne]. Available: https://www.sikafinance.com/marches/caoutchouc-naturel-la-production-mondiale-en-hausse-de-14-en-avril-2022_34607. [Accès le 06 2022].
- [16] «Istock,» [En ligne]. Available: <https://www.istockphoto.com/photos/rubber-latex-process-for-producing-rubber-sheet>. [Accès le 06 2022].

- [17] «made how,» [En ligne]. Available: <http://www.madehow.com/Volume-1/Tire.html>. [Accès le 13 juin 2022].
- [18] «keyvest,» [En ligne]. Available: <https://keyvestbelgium.be/products/product-range>. [Accès le 06 2022].
- [19] J. Araujo-Morera, R. Verdejo, M. A. López-Manchado et M. H. Santana, «Sustainable mobility: The route of tires through the circular economy model.,» *Waste Management*, n° %1126, p. 309–322, 2021.
- [20] «continental pneus,» [En ligne]. Available: <https://www.continental-pneus.fr/pneus/tout-sur-les-pneus/l-essentiel-sur-les-pneus/composants-pneus>. [Accès le 05 juillet 2022].
- [21] «iris tyres,» iris, [En ligne]. Available: <https://www.iris-tyres.com/>. [Accès le 10 juin 2022].
- [22] B. S. Thomas et R. C. Gupta, «Long term behaviour of cement concrete containing discarded tire rubber,» *Journal of Cleaner Production*, n° %1102, p. 78–87, 2015.
- [23] . J. Williams, «What can the world do with 1.5 billion waste tyres?,» *The Eart bound*, 2017.
- [24] R. Pérez, «elconfidencial,» [En ligne]. Available: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2016-05-13/quimica-fuego-incendio-sesena_1199904/. [Accès le 05 juillet 2022].
- [25] M. Batayneh, I. Marie et I. Asi, «Use of selected waste materials in concrete mixes,» *Waste Management*, n° %127(12), pp. 1870-1876, 2007.
- [26] a. n. d. dechets, *fiche signalitique : pneus usagés*, 2020.
- [27] PHILGEA et MORINGA, «ETAT DES LIEUX DE LA FILIERE DE GRANULATION DES PNEUMATIQUES USAGES EN FRANCE,EUROPE ET DANS LE MONDE,» ADEME, Angers, 2015.
- [28] H. Trouzine, A. Asroun et N.-T. Long, «Valorisations originales des pneumatiques usagees en genie civil,» chez *Risque et Environnement*, Grenoble, 2005.
- [29] C. Boutin, A. Boulebnane, P. Lareal et N. Long, «Approche théorique et expérimentale du Pneusol léger.,» chez *Colloque Franco-Polonais*, Douai, 1993..
- [30] D. Humphrey, «Civil engineering applications of tire derived,» CIWMB, California Integrated Waste Management, California, 2006.
- [31] N. Long, *Le Pneusol : recherches -réalisation –perspective,Thèse de doctorat, présentée à l'INSA Lyon,, Lyon: LCPC*, 1993.
- [32] N. KAID, F. A.H. SALEH, N. GOUFI, B. KUHIIRWA, A. AGE ABDUL OLIVEIRA et S. K. SEBSADJI, «RECYCLING AND VALORISATION OF NON-REUSABLE USED TYRES IN CONCRETE FORMULATION IN ALGERIA-ENVIRONMENTAL IMPACT,» *People's Democratic Republic of Algeria Ministry of Higher Education and*

- [33] a. mekhlof, «L'ECONOMIE CIRCULAIRE ET L'INDUSTRIE DU CIMENT EN ALGERIE :situation présente et opportunités futures.,» *Journal de l'Economie Circulaire et Développement Durable*, n° %1Vol.2. No1., p. 79/85, 2021.
- [34] C. Léger-Jarniou, Réussir son étude de marché pour un Business Model efficace-6e éd.: L'essentiel en 4 étapes, Dunod, 2020.
- [35] H. Trouzine, A. Asroun, N. Asroun, F. Belabdelouhab et N. T. Longd, «Problématique des pneumatiques usagés en Algérie,» *Nature & Technology*, n° %15, p. 28, 2011.
- [36] *JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE* , n° %132, p. 26, 2022.
- [37] A. Osterwalder et Y. Pigneur, Business Model: Nouvelle Génération, PEARSON, 2010.
- [38] H. Trouzine, «Problématique des pneus usagés en Algérie,» University of Sidi-Bel-Abbes, Sidi-Bel-Abbes, 2011.
- [39] S. K. Lokhande, D. S. Sakhare, S. S. Dange et J. C. Mohindra, «A Short Review of Road Noise Barriers Focusing on Ecological Approaches,» *International Journal of Engineering & Technology Sciences*, pp. 1-17, 2021.
- [40] C. Clauzade, «Analyse du cycle de vie pour 9 voies de valorisation des pneus usages non reutilisables-document de référence,» *R&D Aliapur*, pp. 1-8, 2010.
- [41] «avarice laboratories,» [En ligne]. Available: <http://avaricelaboratories.in/peruse.aspx?cname=soft+play+flooring+outdoor&cid=25>. [Accès le 27 juin 2022].
- [42] «belrobotics,» [En ligne]. Available: <https://www.belrobotics.com/fr/blog/choisir-un-robot/terrain-synthetique-vs-terrain-naturel-le-match-des-avantages/>. [Accès le 28 juin 2022].
- [43] «cherifndiaye,» [En ligne]. Available: <https://www.cherifndiaye.sendigitour.com/accueil/>. [Accès le 29 juin 2022].
- [44] «consulpav,» [En ligne]. Available: <https://www.consulpav.com/news/2020.10.13-RARX-at-CORDIS/>. [Accès le 30 juin 2022].
- [45] «dreams time,» [En ligne]. Available: <https://fr.dreamstime.com/toit-asphalt-shingles-fen%C3%AAtre-mansarde-grenier-construction-toiture-r%C3%A9paration-goutti%C3%A8re-pluie-image109217930>. [Accès le 05 juillet 2022].
- [46] «flickr,» [En ligne]. Available: <https://www.flickr.com/photos/25294106@N07/2919369604>. [Accès le 16 juillet 2022].
- [47] «granulatex,» [En ligne]. Available: https://granulatex.com/broyat-de-pneumatiques/contenu_6202.html. [Accès le 20 juin 2022].

- [48] «made in china,» [En ligne]. Available: <https://m.made-in-china.com/product/Factory-Playground-Rubber-Flooring-Rubber-Tiles-Kindergarten-Rubber-Mats-School-Rubber-Flooring-868796865.html>. [Accès le 13 juin 2022].
- [49] «pagalbakelyje24,» [En ligne]. Available: <https://pagalbakelyje24.lt/plaques-caoutchouc-box-chevaux-k.html>. [Accès le 13 juin 2022].
- [50] «starsafetech,» [En ligne]. Available: <https://starsafetech.com/sol-caoutchouc-salle-de-sport-k.html>. [Accès le 05 juillet 2022].
- [51] «synchro system,» [En ligne]. Available: <https://www.syncro-system.fr/planchers-fourgons>. [Accès le 05 juillet 2022].
- [52] «techni contact,» [En ligne]. Available: <https://www.techni-contact.com/guides-achat/16-ralentisseurs-de-vitesse-guide-complet-des-formats-et-des-normes.html>. [Accès le 20 juin 2022].
- [53] «travauxbeton,» [En ligne]. Available: <https://travauxbeton.fr/decoffrage-beton/>. [Accès le 20 juin 2022].
- [54] G. S. Martins, «bybeton,» 27 04 2017. [En ligne]. Available: https://bybeton.fr/grand_format/caoutchouc-recycle-ecrans-acoustiques. [Accès le 05 juillet 2022].
- [55] S. RENASSIA, «positivr,» 16 07 2020. [En ligne]. Available: <https://positivr.fr/ce-bresilien-fabrique-des-paniers-pour-chiens-et-chats-a-partir-de-pneus-usages-x-photos/>. [Accès le 05 juillet 2022].

Annexes

A. Descriptif du livre : ‘Réussir son étude de marché pour un Business Model efficace’

L'étude de marché est essentielle avant de se lancer concrètement dans la création d'une entreprise ou d'un événement. Celle-ci a pour but de vérifier que votre idée créative, l'hypothèse de départ, répond à un besoin potentiel adéquat et solvable. Cette étude de marché ne peut garantir que les résultats obtenus vous apporteront un succès immédiat, mais elle peut vous avertir d'éviter un certain nombre d'écueils et d'erreurs.

Le livre décompose l'étude de marché par étapes (4 au total). Ce cheminement, partant de votre idée initiale vers l'évaluation de la concurrence et l'analyse du marché actuel vers la validation de l'offre et enfin la construction du business model de lancement, vous permet de valider chaque étape progressivement mais rapidement avant d'aller plus loin, vous évitant ainsi de perdre plus de temps et d'argent.

Le business model de startup doit évoluer dans le temps pour coller aux réalités du terrain et à vos aspirations. Pour accompagner votre croissance, de nouvelles études de marché doivent être menées, cette fois avec des ressources internes pour vous aider.

Apprendre la pratique des études de marché vous fera gagner du temps dans une meilleure maîtrise de vos objectifs et de vos réalisations. Pour mener à bien ce processus, vous devrez toujours :

- Mettre en avant votre avantage concurrentiel ;
- Fournir la preuve de la réussite du projet ;
- Montrer la cohérence du projet Réaliste mais ambitieux ;
- Soutenir le pragmatisme et le bon sens ;
- Avoir de la chance.

B. Questionnaires posés aux acteurs du marché :

B1. Les fournisseurs :

- Vous disposez de combien de pneus usagés en stock ?
- Combien de pneus usagés vous sortez par an ?
- Quel est le poids de vos pneus en moyenne ?
- Comment vous vous en débarrasser de ces déchets en général ?
- Aviez-vous déjà fait affaire avec des entreprises de recyclage ou des collecteurs ?
- Ces entreprises ou collecteurs sont-ils agréés par la loi ?
- A combien ils achètent ces pneus usagés, ou c'est gratuit ?
- Avez-vous signé un contrat pour la récupération de ces déchets ?
- Qui s'occupe du transport ?

B2. Les clients :

- Est-ce que vous utilisez les granulés de caoutchouc pour la fabrication d'autres produits ?
- Vous avez besoins de combien de granulés en tonne par an ?
- Est-ce que les granulés que vous utilisez sont locales ou exportés ?
- A quel prix vous les achetez ?
- Est-ce que votre demande peut être satisfaite localement ?
- Quels sont vos fournisseurs ?
- Notez la qualité de leurs granulés sur une échelle de 5 ?
- Quels diamètres de granulés de caoutchouc vous en avez le plus besoin dans votre activité ?
- Qui paye le transport ?
- A quel prix ? par distance ? où par quantité ?
- Quels sont les délais de livraison ?
- A quel prix vous êtes prêt a achetez ces granulés, si votre fournisseur sera á moins de 50 km de vous ?

B3. Les concurrents :

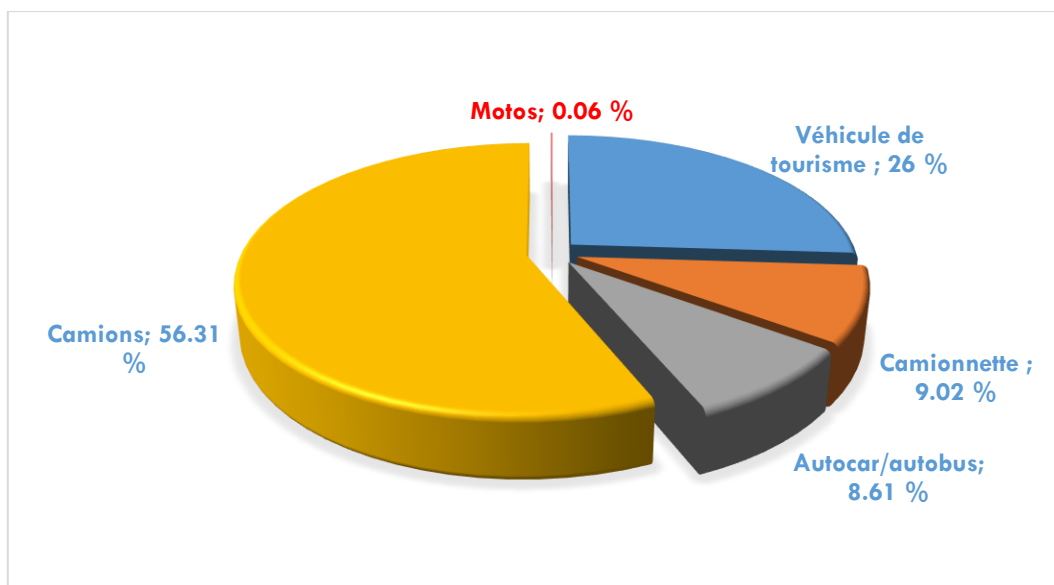
- Questionnaires concurrents :
- Date de création ?
- Etes-vous toujours ouvert ? si non, pourquoi ?
- Vous avez combien de lignes de production ?
- Quels sont les capacités de production de vos machines ?
- Quels sont les types de produits que vous fournissez ?
- Vous vendez vos produits á quel prix ?
- Combien est votre production annuelle pour chaque produit ?
- Quel est le diamètre de granulés le plus demandé ?
- Au bout de combien de temps vous avez récupéré vos investissements de départ ?
- Qui sont vos clients ?
- Qui sont vos fournisseurs ?
- Quels sont vos réseaux de distributions ?
- Bénéficiez-vous des aides gouvernementaux ?
- Est-ce que vous exportez ?
- Si oui :
 - A quel incoterm ?
 - Les prix sont-ils les mêmes qu'en Algérie ?
 - Y a-t-il des exigences de qualité ?

C. Rapport de l'Agence nationale des déchets :

Genre de véhicule	Poids moyens de pneus (Kg)	Tonne/An
Véhicule de tourisme	7.57	64 845
Camionnette	7.89	22 480
Autocar/autobus	56.11	21 467
Camions	56.11	140 378
Motos	4.06	156
Total	//	249 326

Quantité des pneus générés par An

Répartition des quantités des pneus générés par type de véhicule



L'activité principale des entreprises qui font le recyclage des pneus usagés c'est la granulation des caoutchoucs avec une totalité de **9 598,624 T/An**, alors que la capacité de traitement installé entre les entreprises qui exercent la valorisation matière est près de **32 000 T/An**.

Résumé

La fabrication et l'utilisation des pneus génèrent des déchets d'un volume considérablement grand. Ces déchets s'accumulent, polluent notre environnement, ont un impact négatif et représentent une menace pour l'écologie, la faune, la flore et l'être humain. La valorisation du déchet en fin de vie, le pneu usagé non rechapables, est important aujourd'hui pour éviter une problématique d'un gisement plus important dans les années qui suivent. Dans ce projet nous étudions la possibilité de créer une entreprise qui recycle les déchets du pneu dans le marché Algérien, le premier chapitre consiste en une introduction au pneu, de sa composition à sa fabrication à sa valorisation, dans le deuxième chapitre nous entamons l'étude du marché algérien de récupération des pneus usagés et leur valorisation, suivi d'une étude économique pour appuyer le projet, puis au final un business model pour décrire comment l'entreprise va créer de la valeur face à la concurrence.

Mots clés :

Recyclage, déchets, pneus, PUNR, granulés, économie circulaire, création d'entreprise, valorisation des pneus usagés, étude de marché, étude économique, étude de faisabilité, business model.

Abstract

The manufacture and use of tires generates waste of a considerably large volume. This waste accumulates, pollutes our environment, has a negative impact and represents a threat to the ecology, fauna, flora and human beings. The valorization of the waste at the end of life, the used tire not retreadable, is important today to avoid a problem of a more important deposit in the following years. In this project we study the possibility of creating a company that recycles tire waste in the Algerian market, the first chapter consists of an introduction to the tire, from its composition to its manufacture to its recovery, in the second chapter we start the study of the Algerian market of recovery of used tires and their recovery, followed by an economic study to support the project, then finally a business model to describe how the company will create value in the face of the competition.

Key words:

Recycling, waste, tires, ELT, pellets, circular economy, business creation, used tire recovery, market study, economic study, feasibility study, business model.

ملخص

ينتج عن تصنيع الإطارات واستخدامها حجم كبير من النفايات. تتراكم هذه النفايات وتلوث بيئتنا ولها تأثير سلبي حيث تمثل تهديدًا للبيئة والحيوانات والنباتات والبشر. يعد استرداد النفايات منتهية الاستعمال منها الإطارات المستعملة غير القابلة للتجديد، أمرًا مهمًا اليوم لتجنب مشكلة رواسب هذه النفايات الكبيرة في السنوات القادمة. ندرس في هذا العمل الجدوى الاقتصادية لإنشاء شركة تعيد تدوير نفايات الإطارات من أجل إنتاج حبيبات المطاط في السوق الجزائرية، نتطرق في الفصل الأول إلى مقدمة عن لإطار، من تكوينه إلى تصنيعه واستعادته، وفي الفصل الثاني نبدأ دراسة السوق الجزائرية لاستعادة الإطارات المستعملة وإعادة استعمالها، تليها دراسة للجدوى الاقتصادية المشروع، ثم أخيرًا نموذج عمل لوصف كيف ستخلق الشركة قيمة في مواجهة المنافسة.

الكلمات المفتاحية:

إعادة التدوير، النفايات، الإطارات، المطاط، الاقتصاد الدائري، إنشاء شركة، استعادة الإطارات المستعملة، دراسة السوق، الدراسة الاقتصادية، دراسة الجدوى، نموذج الأعمال.