



Fiche technique

Procédé	Traitement des pneus usagés																																																													
Types de déchets entrants (Input)		Les pneumatiques/pneus usagés représentent plus de 85% des déchets de caoutchouc. Les pneumatiques sont les pneus équipant les Véhicules Légers (voitures particulières), les Véhicules Utilitaires, les Poids Lourds, les deux roues motorisées, les véhicules agricoles, de génie civil, les avions et autres. Ils proviennent des producteurs, importateurs, distributeurs, collecteurs et exploitants d'installation de traitement.																																																												
Définition 	<p>Un pneu est constitué de caoutchouc (naturel et artificiel), d'adjuvants chimiques (soufre, noir de carbone, huiles, etc.), de câbles textiles et métalliques. Il est traditionnellement divisé en trois grandes zones¹ :</p> <ul style="list-style-type: none"> la « zone sommet » est principalement constituée de la bande de roulement, couche de gomme épaisse en contact avec la chaussée ; la « zone flanc » du pneu est constituée d'une zone latérale de gomme souple, capable de supporter une déformation à chaque tour de roue, et résistante aux chocs (trottoirs) ; la « zone bourrelet » ou « zone basse » a pour fonction d'assurer l'accroche à la jante, grâce à deux anneaux métalliques (les « tringles ») prenant appui sur la jante au niveau du « talon ». Cette zone transmet les couples entre la roue et le pneumatique, elle assure aussi l'étanchéité pour les pneus « tubeless » (sans chambre à air). Cette étanchéité est assurée par une nappe recouvrant l'intérieur du pneu, elle est coincée par les deux tringles : la « gomme intérieure », à base de butyle. 																																																													
Références juridiques	Il n'existe aucune directive spécifique pour ce type de déchets, mais la Directive 2000/53/CE sur la fin de vie des véhicules prescrit que les pneus représentent une partie importante des véhicules d'occasion et que la réutilisation ou le recyclage de ces matériaux doit être prévus. D'autre part la directive sur les décharges (1999/31/CE) impose la restriction de l'enfouissement des pneus.																																																													
Principales composantes	<p>Les données suivantes peuvent être utilisées comme composition générale² :</p> <p>Table 1 – Composantes matérielles contenues dans les pneus usagés</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">Composantes</th> <th rowspan="2">d'après BUWAL en % de la masse</th> <th colspan="4">d'après LfU en % de la masse</th> </tr> <tr> <th>Auto-mobile</th> <th>Camion léger</th> <th>Camion</th> <th>Moyenne</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Polymères hydrocarbonés</td> <td>Caoutchouc naturel</td> <td rowspan="2">47,0</td> <td>21</td> <td>19</td> <td>31</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Caoutchouc synthétique</td> <td>24</td> <td>23</td> <td>14</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Substances actives de remplissage et de suie</td> <td>21,5</td> <td>28</td> <td>26</td> <td>21</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Acier</td> <td>16,5</td> <td>12</td> <td>18</td> <td>24</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tissus</td> <td>5,5</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Oxyde de zinc</td> <td>1,0</td> <td rowspan="3">11</td> <td rowspan="3">10</td> <td rowspan="3">9</td> <td rowspan="3">10</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Soufre</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Divers</td> <td>7,5</td> </tr> </tbody> </table>					Composantes		d'après BUWAL en % de la masse	d'après LfU en % de la masse				Auto-mobile	Camion léger	Camion	Moyenne	Polymères hydrocarbonés	Caoutchouc naturel	47,0	21	19	31	24	Caoutchouc synthétique	24	23	14	21	Substances actives de remplissage et de suie		21,5	28	26	21	26	Acier		16,5	12	18	24	16	Tissus		5,5	4	4	1	3	Oxyde de zinc		1,0	11	10	9	10	Soufre		1,0	Divers		7,5
Composantes		d'après BUWAL en % de la masse	d'après LfU en % de la masse																																																											
			Auto-mobile	Camion léger	Camion	Moyenne																																																								
Polymères hydrocarbonés	Caoutchouc naturel	47,0	21	19	31	24																																																								
	Caoutchouc synthétique		24	23	14	21																																																								
Substances actives de remplissage et de suie		21,5	28	26	21	26																																																								
Acier		16,5	12	18	24	16																																																								
Tissus		5,5	4	4	1	3																																																								
Oxyde de zinc		1,0	11	10	9	10																																																								
Soufre		1,0																																																												
Divers		7,5																																																												

¹ fr.wikipedia.org/wiki/Pneumatique

² Handbook for Practical Waste Management Implementation in Romania (NWMP implementation) 2004

Table 2 – Composition chimique des pneus usagés

Substances	Composition d'après BUWAL
Noir de carbone	≈ 70%
Fer	16%
Hydrogène	7%
Oxyde de zinc	1%
Soufre	1%
Oxygène	4%
Azote	0,5%
Acide stéarique	0,3%
Halogènes	0,1%
Composés du cuivre	200 mg/kg
Cadmium	10 mg/kg
Chrome	90 mg/kg
Nickel	80 mg/kg
Plomb	50 mg/kg

BUWAL = Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Suisse)

LfU = Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Allemagne)

Un pneu demande plusieurs étapes de fabrication. Des produits intermédiaires « semi-finis » sont fabriqués avant d'être assemblés pour faire le produit fini³ :

- la gomme : les caoutchoucs naturels (issus du latex produit par l'hévéa) et synthétiques (issus de la pétrochimie) sont mélangés avec des huiles et des charges renforçantes (noir de carbone ou silice, qui améliorent la résistance à l'usure). Ce mélange est ensuite travaillé avec le soufre (vulcanisation) et les autres adjuvants pour être conditionné avant d'être utilisé.
- les fils textiles et métalliques : les fils textiles sont essentiellement synthétiques. Ces fils sont retordus pour les rendre plus résistants, et sont imprégnés d'un polymère qui assurera leur adhérence à la gomme, dans la nappe carcasse. Les fils métalliques sont en acier recouvert de laiton. L'adhérence de ces câbles au caoutchouc résulte de la formation de sulfures et de polysulfures de cuivre, à partir du cuivre constitutif du laiton et du soufre utilisé pour la vulcanisation du caoutchouc. Les fils métalliques sont tréfilés, puis tressés en câbles. Ils serviront à réaliser les tringles et les nappes de ceinture. Les nappes de renfort (carcasse et de ceinture) sont calandrées : les fils (textiles ou métalliques) placés parallèlement, sont pris en sandwich entre deux minces couches de gomme. Ces nappes sont ensuite coupées puis réassemblées afin d'obtenir l'angle de fil souhaité.
- les nappes de gomme : la bande de roulement, ainsi que plusieurs couches de différentes gommes sont utilisées dans le pneu, afin de constituer ou renforcer certaines zones (épaule, flanc, talon) : évacuation de la chaleur, protection contre les agressions chimiques, etc. Ces nappes sont fabriquées par extrusion.

³ fr.wikipedia.org/wiki/Pneumatique

Les différents procédés de traitement



Le traitement des pneus usagés peut suivre différentes voies⁴ :

1. Valorisation matérielle
 - a. Recyclage
 - b. Réutilisation
 - c. Rechapage
2. Valorisation énergétique
 - Utilisation thermique
3. Elimination
 - Enfouissement

Schéma des différentes filières de traitement des pneus usagés :

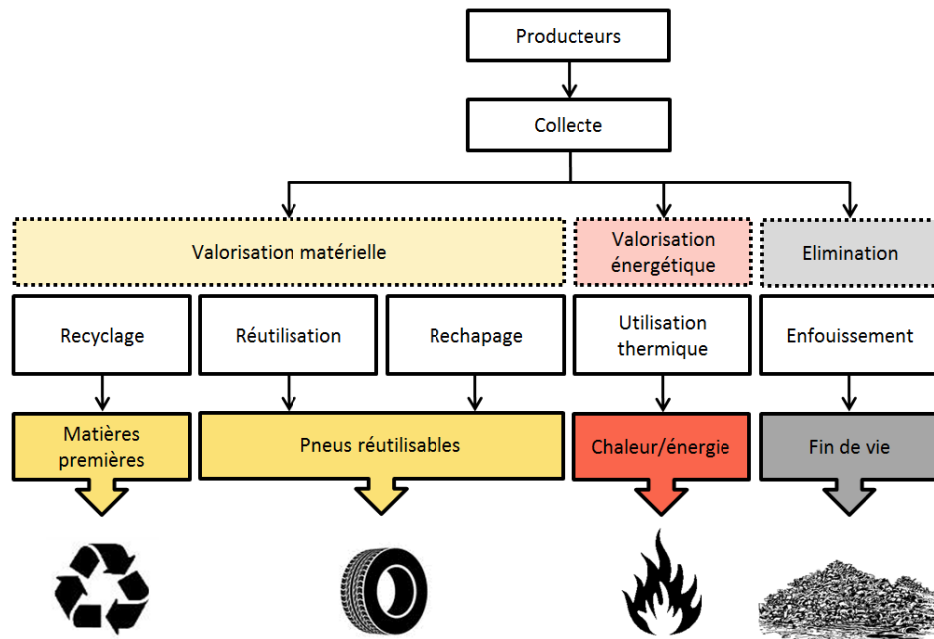


Figure 1 – Les différentes filières de traitement des pneus usagés


Coûts




Coûts	Coûts variables selon le traitement choisi, la technologie utilisée et la capacité de l'installation
Investissement et exploitation	minimum 220 \$/tonne de pneus usagés à traiter ⁵ > 1.800 MAD/tonne


⁴ Handbook for Practical Waste Management Implementation in Romania (NWMP implementation) 2004


⁵ www.recycle.net/recycle/assn/narra/europe.html


Spécifications du procédé 1a	Recyclage
<p>Description du procédé</p> 	<p>Le recyclage⁶ (valorisation matière) est le processus de traitement et de transformation des pneus usagés qui en permet une nouvelle utilisation sous une autre forme, par exemple en broyats, en granulats ou en poudre. Il peut également s'agir, pour une faible part, de pneus entiers utilisés notamment dans certaines applications en Travaux Publics.</p> <p>Il existe plusieurs possibilités de réutilisation comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bétons • Aires de jeux • Carrières • Eclisses de tramway • Ecrans acoustiques • Enrobés routiers • Gazon synthétique • Murs de soutènement • Objets moulés • Pièces automobiles • Pistes d'athlétisme • Sol équestre <p>Dans le cas particulier du recyclage du carbone et du fer, cela consiste au traitement du noir de carbone et de l'acier contenu dans les broyats de pneus dans les fours d'aciérie électrique ou de fonderie, en se substituant en lieu et place à d'autres matières premières comme l'antracite ou le coke de fonderie.</p> <p>Il existe plusieurs possibilités d'utilisation comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aciéries • Fonderie • Sidérurgie
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Procédé simple - Les matières premières sont réutilisées
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Le transport vers les zones à faible revenu peut s'avérer coûteux - Le marché pour reprendre les matières premières doit être existant

⁶ www.aliapur.fr/fr/les-applications/voies-de-valorisation/la-valorisation-matiere

Spécifications du procédé 1b	Réutilisation
<p data-bbox="188 275 352 331">Description du procédé</p> 	<p data-bbox="432 275 1415 365">Seuls les pneus rainurés peuvent être directement réutilisés. En raison de leur qualité optique inférieure, ces pneus sont souvent exportés vers les zones à faible revenu et donc moins fréquemment réutilisés dans la région / pays où ils ont été générés.</p> <p data-bbox="432 387 1054 421">Il existe d'autres possibilités de réutilisation comme suit :</p> <ul data-bbox="480 439 1407 667" style="list-style-type: none"> • pour l'agriculture: comme poids sur les couvertures d'ensilage ; • pour les ports et les docks: comme butoirs de quai et protection pour l'arrimage de bateaux ; • pour l'aménagement paysager: comme protection contre l'érosion des barrages, les murs et les pentes ; • pour la protection du littoral: comme brise-lames ou digue ; • pour la pêche: dans les récifs artificiels pour l'élevage de poissons.
Avantages	<ul data-bbox="432 730 882 790" style="list-style-type: none"> - Procédé simple - Les pneus sont directement réutilisés
Inconvénients	<ul data-bbox="432 808 1177 837" style="list-style-type: none"> - Le transport vers les zones à faible revenu peut s'avérer coûteux

Spécifications du procédé 1c	Rechapage
<p>Description du procédé</p> 	<p>Le rechapage n'est possible que pour les pneus où la carcasse du pneu est encore intacte. En principe, ce processus de régénération peut être appliqué à tout type de pneu. Cependant pour des raisons de sécurité, les pneus de voitures ne peuvent être rechapés qu'une seule fois alors que les pneus de camions peuvent être rechapés jusqu'à trois fois. Des tests spécifiques et des procédures de mesures assurent que le rechapage ne se fait que sur des pneus dont la carcasse est entièrement intacte. Pour le rechapage, l'ancienne bande de roulement usée est enlevée et une nouvelle bande de roulement est appliquée sur la carcasse. Les méthodes utilisées à cet effet sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le rechapage à chaud ; • le rechapage à froid (utilisé en particulier pour les pneus de camions de grands diamètres 15 "). <p>A noter que le rechapage d'un seul pneu de voiture nécessite environ 2 à 3 kg de caoutchouc comme matière première, alors que pour un pneu de camion 16 à 20 kg sont nécessaires. D'autre part, la demande en énergie pour le rechapage d'un pneu est d'environ 30% par rapport à la production d'un pneu vierge.</p>
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Procédé simple - La demande en énergie n'est que de 30% par rapport à la production d'un pneu vierge - Les pneus sont réutilisés
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite de la matière première (caoutchouc) - Le contrôle de la carcasse des pneus doit être très rigoureux

Spécifications du procédé 2	Utilisation thermique
<p>Description du procédé</p> 	<p>Les pneus usagés ont un pouvoir calorifique de 26 à 32 MJ par tonne. Cela les rend particulièrement intéressant comme combustible secondaire. En effet, ils peuvent être utilisés dans des fours à ciment, les centrales électriques et les usines de papier. Actuellement l'utilisation thermique est l'option la plus utilisée pour l'élimination des pneumatiques usagés aussi bien en Europe que dans le reste du monde.</p> <p>Il est principalement possible d'utiliser des pneus usagés pour les trois types d'incinération dans un four à ciment (calcinateur, étape d'incinération primaire et secondaire). Cependant, à grande échelle les applications n'ont réussi que pour l'étape d'incinération secondaire. C'est pourquoi à ce jour les pneus usagés sont uniquement utilisés pour ce processus. Dans ce cas, ils n'ont pas besoin d'être déchiquetés et fournir une matière première en dehors de leur valeur thermique.</p> <p>Les pneus usagés peuvent également être utilisés dans les centrales électriques alimentées au charbon mais il est nécessaire de les broyer au préalable ce qui rend le processus trop coûteux.</p> <p>Une autre option pour l'utilisation thermique des pneumatiques usagés est la pyrolyse. Le gaz de synthèse générés peut être utilisé dans des générateurs à gaz tandis que l'huile de pyrolyse donne une source d'alimentation pour différents produits pétrochimiques ou également un carburant. L'acier récupéré peut être réutilisé comme matière première dans la production d'acier.</p> <p>L'hydrogénation et la gazéification seraient également des alternatives possibles, mais ne sont pas des solutions rentables.</p>
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction du volume entrant - Permet de traiter les déchets dangereux et toxiques
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Technologie complexe et coûteuse - Nécessite une installation à grande échelle pour être économiquement rentable - Doit être équipé d'un dispositif de traitement des gaz toxiques

Spécifications du procédé 3	Enfouissement
Description du procédé 	L'enfouissement des pneus usagés en décharges pour déchets dangereux n'est pas une option appropriée. Certaines dispositions légales sont acceptaient mais ne le seront plus à l'avenir. La mise en décharge des pneus usagés présente un risque d'incendies très élevé d'où en découle de grands dommages sur l'environnement (pollution de l'air).
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Enfouissement sécurisé des matières dangereuses et potentiellement dangereuses - Prévention des émissions nocives par le biais de mesures de protection spécifiques telles qu'une étanchéité de base, une étanchéité de surface et les systèmes de collecte des lixiviats et des gaz - Sécurisation de longue durée par des mesures de sécurité spécifiques et une phase post-opératoire - Option économiquement avantageuse par rapport à d'autres options de traitement plus coûteuses
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Le pouvoir énergétique des pneus n'est pas utilisé - Grands dommages sur l'environnement (pollution de l'air), dans le cas où ceux-ci sont brûlés - Nécessite un contrôle et un suivi durable et intensif