
Soumis le : 02 Novembre 2010
Forme révisée acceptée le : 25 Avril 2011
Email de l'auteur correspondant :
h_trouzine@yahoo.fr

Problématique des pneumatiques usagés en Algérie

Habib Trouzine^{a,b}, Aissa Asroun^a, Nasser Asroun^a, Farid Belabdelouhab^c, Nguyen Thanh Long^d

^aDépartement de Génie Civil, Université Djilali Liabes, BP 89, Sidi Bel Abbes 22000, Algérie

^bSciences et Modélisation, IMB Bordeaux 33000, France

^cEcole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Rue Sidi Garidi, BP 32 Alger, 16051, Algérie

^dInventeur et Expert en Pneusol, Retraité du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Paris, France

Abstract

Preserving the environment is a shared responsibility. Used tires represent an annoying and polluting waste. This article discusses the issue of waste tires in Algeria by defining the used, non-retractable tire. We suggest a model to estimate the number of waste tires in Algeria whose results seem to reflect the quantities of the yearly imported tires by our country. A reading of the Algerian regulations on solid waste management is then proposed. Finally a survey analysing the different recycling procedures for used tires is undertaken where civil engineering remains the most privileged field for tire waste recovery.

Key words: Waste tires, Quantities; Estimation; Reglementation; Valorizing; Tiresoil

Résumé

La préservation de l'environnement est une responsabilité commune. Les pneumatiques usagés représentent un déchet encombrant, polluant et préoccupant. Dans cet article, la problématique du pneu usé en Algérie est étudiée. Après avoir défini le pneu usagé non rechapable, nous proposons un modèle d'estimation du gisement des pneus usagés en Algérie. Les résultats semblent en bonne concordance avec les quantités de pneus importées chaque année par notre pays. Une lecture de la réglementation algérienne sur la gestion des déchets solides est ensuite proposée. Enfin, une enquête sur les différentes filières de valorisation des pneus usagés est entreprise. Le secteur du génie civil par la technique Pneusol, semble être le secteur leader de valorisation de ce déchet.

Mots clés : Déchets pneumatiques ; Quantités ; Estimation ; Réglementation ; Valorisation ; Pneusol.

1. Introduction

Le stockage et l'élimination des pneumatiques usagés sont devenus des préoccupations graves pour l'environnement à travers le monde. Des centaines de millions de pneus hors d'usage, sont générés et cumulés dans les États-Unis et de nombreux autres pays à travers le monde, chaque année [1], [2], [3].

Depuis 2004, chaque année, l'Algérie importe en moyenne 49,62 milliers de tonnes de pneumatiques en caoutchouc, selon l'Agence Nationale de Promotion du Commerce Extérieur. Sachant que chaque pneu neuf vendu génère un pneu usagé, et tenant compte de la perte de masse due à l'usure du pneu une fois usé, on se retrouve avec environ 45,65 milliers de tonnes de pneus usagés, chaque année.

Les filières classiques de valorisation des pneus usagés qui nécessitent souvent une technologie avancée, sont généralement concentrées dans les pays riches [4]. Le développement de nouvelles filières de valorisation des pneus usagés, reste cependant toujours en grande demande partout dans le monde [3].

Nous proposons dans cet article, une enquête sur les pneus usagés en Algérie. Après la présentation du PUNR, nous donnons un modèle d'estimation du gisement des pneus usés en fonction du parc automobile de notre pays. Une lecture de la réglementation algérienne, concernant la gestion des déchets, est ensuite proposée. Une enquête sur les différentes filières de valorisation de ces déchets, est alors présentée. Cette enquête fait ressortir que la technique Pneusol est la principale filière de valorisation des pneus usés en Algérie.

2. Définition du PUNR

Il convient de distinguer les pneus usagés (PU) et les pneus usagés non rechapables (PUNR). C'est ces derniers qui sont effectivement des déchets. En effet un pneu usagé et surtout celui du poids lourd, peut avoir une deuxième voir une troisième vie après rechapage. Des traces de vieillissement, peuvent apparaître sur les PUNR telles que l'usure de la bande de roulement, des craquelures ou des fissures.

2.1. Principaux constituants d'un pneu

Si on effectue une coupe, d'un pneumatique de type radial, dans le sens transversal (Figure 1), sa complexité, par le nombre de constituants, apparaît avec beaucoup de netteté, on distingue alors : (www.michelin.fr)

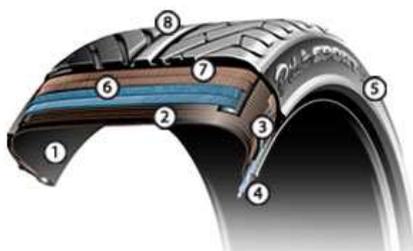


Fig. 1. Coupe transversale d'un pneu Michelin (www.michelin.fr).

- Une feuille d'un caoutchouc synthétique
- La nappe carcasse
- Un bourrage zone basse
- Les tringles
- Les flancs
- Les nappes sommets.
- La bande de roulement.

Il reste ensuite à réaliser les sculptures et à vulcaniser l'ensemble pour rendre cet assemblage parfaitement solidaire.

Les caractéristiques des pneumatiques pour véhicule léger et poids lourds, sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1.

Les caractéristiques des pneumatiques [5].

Caractéristiques	(VL)	(PL)
Poids moyen ¹ .	7 kg	50 kg
Densité moyenne	0,2 entier	0,4 déchiqueté
Diamètre intérieur	0,30 m	0,55 à 0,66 m
Diamètre extérieur	0,60 m	1,10 à 1,20 m
Nombre de pneus /m ³	20	3

¹ A l'usage, un pneu VL perd environ 1 kg de gomme et un pneu PL environ 4 kg.

2.2. Caractéristiques mécaniques des PUNR

Un pneu usé non rechapable conserve encore de nombreuses qualités, ce qui en fait une véritable matière première. Mécaniquement, les armatures du pneu doivent être souples pour lui donner une bonne déformabilité. Elles doivent par ailleurs supporter des efforts de traction importants et posséder une bonne adhérence avec le matériau de remblai.

Des essais mécaniques ont été effectués par des chercheurs dans le domaine du Pneusol sur une presse munie d'un enregistreur d'efforts de traction en fonction de la déformation sur des pneus usagés. A noter que toutes les marques de pneus, ont été testées, les résultats obtenus sont les suivants :

La valeur moyenne de la résistance à la traction des bandes de roulement est de 65 kN, avec un écart type de 24 kN. La probabilité pour que toutes les bandes de roulement, aient une résistance supérieure à 26 kN est de 90 %. Elle n'est que de 80 % pour une résistance supérieure à 36 kN.

Il n'y a pratiquement pas de différence entre les deux flancs d'un même pneu. Les résistances des flancs varient de 17 à 25 kN, selon le taux d'armatures, avec un écart type de 10 kN [5].

2.3. Critères de durée de service des PUNR

Les résultats des travaux de recherches, publiés par de très nombreux chercheurs, ont montré la complexité du phénomène de vieillissement du caoutchouc de pneumatique. Il apparaît que les paramètres influençant cette détérioration, sont nombreux, mais que finalement leurs actions restent négligeables. On peut néanmoins, en dénombrer quatre très importants.

La lumière et la chaleur : (les rayons Ultra-Violets) ont pour effet de provoquer une décomposition superficielle qui se manifeste par un dessèchement du caoutchouc avec apparition de craquelures plus ou moins profondes. Un tel problème ne se pose pas si le pneumatique est complètement enterré car il serait totalement à l'abri de la lumière. En plus, dans un remblai, la température moyenne en profondeur varie dans une fourchette relativement étroite (3 à 4°C) suivant la teneur en eau du matériau. Près de la surface du sol, elle est beaucoup influencée par les variations saisonnières. Il reste néanmoins, que la température la plus grande qui serait de l'ordre de 15°C, est beaucoup plus faible que celle subie par le pneu lors de son utilisation [5].

L'ozone : le caoutchouc est influencé par l'ozone, mais la présence de ce dernier est faible voire négligeable dans le sol.

L'acidité du sol : on sait qu'un acide fort (PH de l'ordre de 1) détruit le caoutchouc. Or pour l'eau extraite des remblais, le PH est généralement de l'ordre de 4 à 5, ce qui montre qu'en général les sols naturels sont relativement peu acides.

L'eau : K. Ab-Malek et A. Stevenson (1986) ont mis en évidence le bon comportement des pneus dans l'eau de mer. Ils ont en effet effectué des analyses poussées sur des échantillons de pneus, se trouvant dans un bateau coulé par les Allemands pendant la seconde guerre mondiale. Quarante-deux ans après, toutes les armatures sont absolument intactes. Leurs caractéristiques mécaniques n'ont pas changé, seule la teneur en eau du caoutchouc, a légèrement changé en quelques points des pneus [6].

3. Gisement du pneumatique usagé non rechapable

Le nombre de pneumatiques consommés progresse régulièrement avec la croissance du parc automobile. Malgré l'amélioration de la longévité des pneumatiques, le gisement de ces déchets reste très important.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour estimer le nombre de pneus usagés, générés par an.

Aux Etats Unis, le US.EPA (US Environmental Protection Agency) estimait qu'entre 1990 et l'an 2000 pour tous les états du pays, chaque citoyen génère un (01) pneu usé par an [7]. Pour l'Etat de la Californie, le CIWMB (California Integrated Waste Management Board) proposait un coefficient de (0,915) puis de (0,958) pneus usagés générés par personne par an [7]. L'Etat de la Floride calcule le nombre de pneus usés générés par an, par un modèle basé sur la vente des pneus neufs par an. L'Etat de Washington propose un modèle basé sur les immatriculations des véhicules [8].

L'Université de Sacramento en Californie propose un nouveau modèle d'estimation des déchets pneumatiques, basé sur les étapes suivantes [8] :

1. Calculer le nombre de nouveaux pneus vendus ou entrant dans l'Etat chaque année.
2. Assigner ces pneus par catégories de véhicule.
3. Estimer la durée de temps, avant qu'ils entrent dans le flux de déchets en fonction des anciennes statistiques.
4. Tabuler le poids de ces déchets pneumatiques.
5. Calculer les quantités par pneu usé par personne et par tonnes.

Au Canada, le nombre de pneus usés, est estimé en fonction du nombre de pneus neufs vendus (Chaque pneu neuf vendu génère un pneu usé) [9]. La même méthode est utilisée en France.

Selon une enquête réalisée par l'Ecole Nationale des Travaux Publics auprès de la Sonatrach, en 1994, pas moins de 1 million de pneus usagés, ont été dénombrés contre 385000 unités en 1990. Ces chiffres sont éligibles à la hausse à cause de l'augmentation du nombre de véhicules ces trois dernières années [10].

Faute de statistiques récentes et précises sur le gisement de pneumatiques usagés en Algérie, une estimation de ce déchet par type de pneu, est proposée selon la méthodologie suivante :

1. Estimation du parc automobile algérien selon le genre.
2. Calcul du nombre de pneus en circulation selon le type (VL, PL, Autres).
3. Estimation de la durée de vie d'un pneu selon le type en Algérie.
4. Calcul du nombre de pneus usagés et tonnage selon chaque type de pneu.
5. Calcul du nombre de pneus usés par personne par an.

Sur la base des statistiques de l'Office National des Statistiques (http://www.ons.dz/them_sta.htm)

concernant la répartition du parc automobile par genre de véhicules au 31/12/2006 ainsi que les immatriculations des véhicules automobiles durant le premier semestre 2007, nous avons calculé le nombre de véhicules en circulation au premier semestre 2007 par genre. Le parc automobile national algérien compte 3445129 véhicules qui se répartissent en 60,226 % de véhicules de tourisme, 9,431 % en camions et 20,134 % en camionnettes. Les autocars et autobus représentent 1,605 % du parc. Les tracteurs routiers 1,568 %, les tracteurs agricoles 3,659 %, les remorques 3,012 %, les motos 0,276 % et les véhicules spéciaux 0,089 %.

Nous avons classé les pneus usagés non rechapables en trois catégories. Les pneus VL (Véhicules légers), les pneus PL (Poids lourds) et Autres. En plus de la différence en dimension entre les pneus VL et PL, la différence de structure est très importante, avec la présence de métal à un taux de 15 % et de 25 % respectivement.

Les pneus VL, équipent les véhicules de tourisme et camionnettes avec une moyenne de 4 pneus

Le type de pneus PL, équipe les camions, autocars et autobus, tracteurs routiers et les remorques. La moyenne est de 8 pneus pour les camions (un camion peut être équipé de 6 à 12 pneus selon le nombre de ponts), 6 pneus pour les autocars et autobus ainsi que les remorques et de 8 pneus pour les tracteurs routiers (un tracteur routier peut être équipé généralement de 6 à 10 pneus selon le nombre d'essieux).

Les tracteurs agricoles, véhicules spéciaux et motos, sont équipés de type de pneu désigné par autres avec une moyenne de 2 pneus pour les motos et 4 pneus pour les véhicules spéciaux et tracteurs agricoles.

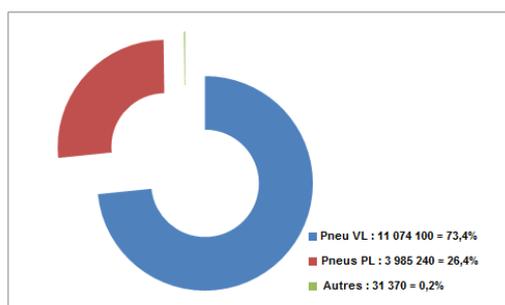


Fig. 2. Estimation des pneus en circulation selon type au 1^{er} semestre 2007.

La longévité d'un pneu dépend de plusieurs paramètres (technologie du pneu, nombre de cycles de rotation, freinage...etc.). Nous avons considéré pour notre estimation, que pour les pneus de types VL, deux pneus sur quatre sont changés tous les cinq ans en moyenne. Pour les pneus de types PL, deux sur six entrent dans le flux de déchets tous les quatre ans en moyenne.

A partir de ces chiffres, le gisement de pneumatiques usagés en Algérie, est estimé par ce modèle à 1 439 514 pneus usés par an (Figure 2), soit 25918,5 tonnes de pneus usés par an. Ces pneus sont repartis en 1 107 410 pneus usés de type VL par an et 332 104 pneus usés de type PL par an, soit 0,0413 pneu/personne/an. (L'Office National des Statistiques, estime que 34,8 millions de personnes résidaient en Algérie au 16 avril 2008 selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008).

Notons que 1 tonne PUNR = 139 pneus type VL = 18,5 pneus type PL = 2m³ pneus broyés. (<http://www.aliapur.fr/>)

Tableau 2.

Quantités de pneus usagés générés par an en Algérie selon le modèle proposé.

Types de pneus	Quantités		
	Pneus/an	Tonne/an	Pneu/personne/an
VL	1 107 410	7 966,97	-
PL	332 104	17 951,53	-
Total	1 439 514	25 918,50	0,0413

Une autre estimation du gisement pneumatique usagé en Algérie est proposée. Elle est basée sur le tonnage de pneus neufs entrants en circulation. Les pneus neufs en Algérie sont, soit produits localement, soit importés. Michelin Algérie détient 30 % de la part du marché algérien avec une production annuelle de 700 000 pneus, essentiellement poids lourds (*Quotidien Liberté du 14 juin 2007*). Environ 60 % de la production Michelin Algérie (spécialisée dans la fabrication des pneus poids lourds) est exportée. Ses principaux clients locaux sont SNVI, BTK

Tiaret et les fabricants de remorques (*Quotidien El Watan du 03 mai 2008*). A partir de ces informations, on peut supposer que les pneus neufs destinés au remplacement de pneus usés sont essentiellement des pneus importés.

Selon le Réseau d'Information Commercial ALGEX (www.promex.dz), l'Algérie a importé les quantités suivantes de pneumatiques neufs en caoutchouc (Tableau 3).

4. Réglementation

Pour se placer dans une logique de développement durable, il a été nécessaire à l'Algérie de construire, sur la base d'un constat, une stratégie nationale de l'environnement dans une perspective décennale, à la fois bénéfique pour l'environnement et le développement durable.

Au sens de la loi (Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets) on entend par déchet : *tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien, meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou d'éliminer.*

Selon le Décret exécutif n° 06-104 du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux (Journal officiel du 5 mars 2006). Les déchets sont classés en quatre catégories : *les déchets ménagers et assimilés (MA), inertes (I), spéciaux (S) et spéciaux dangereux (SD).*

Les déchets spéciaux selon le même décret exécutif 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.

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.

La loi algérienne précise que 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.

Lorsque le générateur et/ou le détenteur de déchets est dans l'impossibilité d'éviter de générer et/ou de valoriser ces déchets, il est tenu d'assurer ou de faire assurer, à ses frais, l'élimination de ses déchets de façon écologiquement rationnelle, 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, article 7 et 8 et de ses textes d'application.

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

Tableau 3.

Quantités de pneus en caoutchouc importées par l'Algérie depuis 2006 (www.promex.dz).

Périodes	2006	2007	2008	2009	1 ^{er} semestre 2010
Quantités (Milliers de tonnes)	61,58	70,462	60,37	21,43	45,52

La taxe est prélevée pour les pneus produits localement, à la sortie d'usine, par les fabricants de ces produits. A l'importation, la taxe est prélevée par les services des douanes sur la valeur CAF (Coût, Assurances et Fret) des quantités importées. (Décret exécutif n°: 07-117 du 21 avril 2007 fixant les modalités de prélèvement et de reversement de la taxe sur les pneus neufs importés et/ou produits localement.

La taxe sur les pneus neufs importés et/ou produits localement, a été fixée à 10 DA/pneu pour les pneus de poids lourds et 05 DA/pneu pour les pneus de véhicules légers. 50 % de la valeur de cette taxe est affectée au FEDEP (Le Fonds National pour l'Environnement et la Dépollution).

En Europe, les pneus hors d'usage, sont des déchets banals répertoriés sous la rubrique 16 01 03 du Catalogue Européen des Déchets. Il est interdit d'abandonner, de déposer dans le milieu naturel ou de brûler à l'air libre les pneumatiques. La collecte et le traitement des pneumatiques usagés, prévoient plusieurs obligations pour chaque intervenant de la filière d'élimination. Les producteurs sont tenus de collecter ou de faire collecter à leurs frais, les pneumatiques usagés que les distributeurs ou détenteurs tiennent à leur disposition, dans la limite des tonnages qu'ils ont mis sur le marché national, l'année précédente. Il leur incombe également de valoriser ou de détruire les pneumatiques usagés ainsi collectés. Les distributeurs ont l'obligation de reprendre gratuitement les pneumatiques usagés dans la limite des tonnages et des types de pneumatiques qu'ils ont vendus l'année précédente. Ils doivent ensuite remettre les pneumatiques au choix à des :

- Collecteurs agréés
- Eliminateurs agréés
- Entreprises de travaux publics et de génie civil
- Agriculteurs pour le maintien de bâches d'ensilage.

5. Filières de valorisation

Le cheminement des pneus usagés est organisé comme suit : Après le démontage des pneus usagés, ils sont

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

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

5.1. Le rechapage

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

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

5.2. La valorisation énergétique

Le pneumatique, de par son origine polymérique, a un excellent pouvoir calorifique (**3 tonnes de pneus = 2 tonnes de fuel**) (<http://www.aliapur.fr/>).

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

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

Autres valorisations thermiques : elles sont actuellement très limitées. De nombreux projets existent, cependant, celles-ci sont développées notamment par des recapeurs soucieux de valoriser des pneus, ne pouvant être rechapés et des rebuts de rechapage, afin de produire

in situ de l'énergie nécessaire aux unités de production. Ces projets butent sur des contraintes réglementaires. Les pneus usagés sont considérés comme des « déchets », et non des « combustibles », et à ce titre, soumis à une réglementation contraignante notamment en terme d'émissions dans l'air.

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

5.3. La valorisation sous forme de matières premières

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

Poudrettes : il s'agit de particules de caoutchouc dont les dimensions sont inférieures à 2mm. Son coût d'obtention dépend de sa finesse, de son origine chimique et de l'absence ou non de corps étrangers. Les poudrettes sont utilisées comme charges dans des mélanges servant à produire des pièces, ne subissant pas de contraintes mécaniques ou dynamiques élevées. Comme exemple d'utilisation, on a la fabrication de bandages et de roues pleines (caddie, poubelles, tondeuses, brouettes...), la modification des revêtements routiers (diminution du bruit et de l'aquaplaning du fait d'un drainage en surface)...etc.

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

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

5.4. La technique Pneusol en Algérie

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

Les éléments de pneus, sont utilisés comme renforts du massif de sol [11], [12].

Les bandes de roulement ou les flancs, sont découpés et associés en nappe par des attaches. Ces bandes peuvent être posées sur chant ou aplaties. Dans le cas de l'emploi des flancs, ceux-ci sont posés à plat. Cette technique développée au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Paris par Dr Nguyen Thanh LONG ingénieur du LCPC de Paris, est largement diffusée depuis 1982. Les différentes applications concernent des ouvrages de soutènement, des ouvrages réducteurs de poussées ou de charges, des murs anti-bruit, des ouvrages de protection des berges et des pentes et talus [13].

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

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

Plus de 12 ouvrages Pneusol Anti Marston, sont réalisés en Algérie en 1986 [5].

Le premier chantier expérimental algérien de la technique Pneusol, était les travaux de stabilisation d'un talus de remblai d'une hauteur de 5 m environ avec une largeur de 50 m (soit environ 3500 pneus poids lourds utilisés) au niveau d'un ouvrage courant OC 1-1 du projet de contournement de Bou –Smail (Figure 3). L'étude du projet expérimental, assortie d'une note de calcul, a été confiée à l'Organisme National de Control Technique des Travaux Publics (CTTP) avec l'étroite collaboration des experts de l'Ecole Nationale des Travaux Publics (ENTP).

Quelques ouvrages Pneusol réalisés en Algérie sont cités dans le tableau 4.

5.5. Autres techniques de valorisation des pneus usés dans le secteur du génie civil

Le TDA "Tires Derived Aggregate" ou Agrégats dérivés des pneus, sont des pneus usés déchetés avec différentes formes, dont les tailles varient de 50 et 300mm [1]. Les copeaux de pneus sont mélangés à du sable avec des proportions volumiques souvent égales. L'utilisation du TDA en Génie Civil, fait l'objet de la norme ASTM 6270-98 [13].

La technique Tires balles, utilise des pneus usés, généralement de véhicules légers (approximativement une centaine de pneus). Les balles de pneus ayant des formes pratiquement parallélépipédiques sont confectionnées à l'aide d'une presse et attachées par des câbles galvanisés ou en acier inoxydable [14].

Pour la technique Tirecel, les deux flancs des pneus, souvent de véhicules légers, sont enlevés. La bande de roulement ainsi obtenue, est attachée afin de former des cellules en forme du chiffre arabe 8. Les cellules de pneus

sont associées au sable. Ce matériau peut être utilisé pour les mêmes applications que le Geocell commercialisé [1].

Tableau 4.

Ouvrages Pneusol en Algérie [4].

Types d'ouvrage	Lieu de réalisation	Nombre d'ouvrage
Répartiteur de contrainte	Ain Temouchent (1986)	12 Ouvrages
Ouvrage de soutènement	Mur de soutènement provisoire Métro d'Alger (2002)	1 Ouvrage
Stabilité de talus	Renforcement d'un talus Evitement de la ville de Bousmail Wilaya de Tipaza (2005)	1 Ouvrage
Protection contre les glissements	Wilaya de Bejaia (2006)	1 Ouvrage
Stabilité de talus	Modernisation de la RN 11-Wilaya de Mostaganem (2007)	1 Ouvrage
Digue de Protection	Pont de Bou Arfa - Wilaya de Blida (2008)	1 Ouvrage



Fig. 3. Chantier expérimental Pneusol à Bou-Smail [4].

6. Conclusion

Le nombre de pneus usés est en augmentation, chaque année, par le simple fait de l'augmentation du parc automobile. Par l'instauration de la loi relative à la gestion des déchets, l'élimination écologique des déchets spéciaux est devenue obligatoire.

En Algérie, la valorisation des déchets pneumatiques, en génie civil, semble être la principale filière consommatrice des pneus usagés. Matériaux non biodégradables et non toxiques, une fois enterrés, les pneus usés associés au sol, peuvent solutionner plusieurs problèmes rencontrés par l'ingénieur en génie civil. La technique Pneusol peut s'avérer plus rentable que d'autres filières de valorisation, partant du fait qu'elle ne nécessite aucun matériel spécifique ni main d'œuvre qualifiée. Cette technique est déjà adoptée dans notre pays et son futur semble prometteur.

References

- [1] Yoon, Y.W., Cheon, S.H., Kang, D.S., Bearing capacity and settlement of tire reinforced sands. *Geotextile and Geomembranes* 22 (5) (2004), 439–453.
- [2] Huang, B., Li, G., Pang, S.S., Eggers, J., Investigation into waste tire rubber- filled concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE* 16 (3) (2004), 187–194
- [3] J. Y. Wu, M Tsai, Feasibility study of a soil-based rubberized CLSM, *Waste Management* 29 (2009) 636–642
- [4] F. Belabdelouhab, H. Trouzine, *Le Pneusol en Algérie : recherche, réalisations d'ouvrages et protection de l'environnement – IVth International Congress on Renewable Energy and the Environment, Tunisie, 2009.*
- [5] N.T. Long, *Le Pneusol : recherches -réalisation –perspective, Thèse de doctorat préparée au LCPC, présentée à l'INSA Lyon, 1993.*
- [6] K. Ab-Malek, and A. Stevenson, The effect of 42 years immersion in sea water on natural rubber, *Journal of Materials Sciences*, n° 21(1986) , pp 147-154.
- [7] CIWMB (California Integrated Waste Management Board), *California Waste Tire Generation, Markets, and Disposal - 2002 Staff Report, CIWMB, California 2003.*
- [8] S. Blosser, M. Newman, T. McMahon and R. Wassmer, *Estimating annual waste tire generation, diversion and disposal in California, A study for CIWMB, California State University of Sacramento, 2006.*
- [9] OTS (Ontario Tire Stewardship), *Scrape Tire Diversion. Program plan - OTS, Ontario, 2004.*
- [10] CNES (Conseil National Economique et Social), *Note de conjoncture du premier semestre 2006, Conseil National Economique et Social, Division des Etudes Economiques. Alger, 2006.*
- [11] H. Trouzine, A. Asroun and N.T. Long, *Valorisations originales des pneumatiques usagés en génie civil - Actes des 23eme Rencontres Universitaires de Génie Civil, Risque et Environnement, Grenoble 2005.*
- [12] C. Boutin, A. Boulebnane, P Lareal, N.T. Long, *Approche théorique et expérimentale du Pneusol léger. Colloque Franco-Polonais, Douai, 1993.*

- [13] D. Humphrey, Civil engineering applications of tire derived aggregate. CIWMB California Integrated Waste Management Board, Waste Tire Forum. 2006
- [14] J.G. Zorenberg, B.C. Christopher, M.D. Oosterbaan, Tires bales in highway applications: feasibility and properties evaluation. Colorado Department of Transportation, Research Branch, Report No. CDOT-DTD-R-2005-2, 2005.
- [15] Algex-dz : Le portail algérien du commerce extérieur-Ministère du commerce [en ligne]. <http://www.promex.dz/> (consulté le 20 octobre 2010).
- [16] Aliapur : Filière Française de valorisation de pneus usagés [en ligne]. <http://www.aliapur.fr/modules/movie/scenes/home/> (consulté le 11 mai 2007).
- [17] Michelin France-Pneu : pneumatique, pneus auto voiture, 4x4, moto [en ligne]. <http://www.michelin.fr/michelinfr/index.jsp> (consulté le 15 janvier 2005).
- [18] Ministère des travaux publics [en ligne]. www.mtp.gov.dz (consulté le 08 aout 2006).
- [19] ONS : Office National des Statistiques de l'Algérie [en ligne]. <http://www.ons.dz/> (consulté le 3 juin 2008).
- [20] Secrétariat Général du Gouvernement Algérie : Journal Officiel [en ligne]. <http://www.joradp.dz/HFR/Index.htm> (consulté le 22 octobre 2010).