

Projet de définition à des fins d'utilisation ultime

Granulat dérivé de pneus

Préparé par Kelvin Igwe pour l'ACARP

Août 2021

INTRODUCTION

Chaque année, à l'échelle mondiale, on estime à un milliard le nombre de pneus qui arrivent à la fin de leur vie utile. La gestion des pneus usés selon des méthodes écologiquement rationnelles et productives est importante afin d'éviter qu'ils ne se retrouvent dans des sites d'enfouissement là où ils posent un risque pour l'environnement et la santé humaine (L'Association canadienne des agences de recyclage des pneus, 2019).

Le Canada dispose de programmes de recyclage des pneus bien établis par lesquels plus de 346,467 tonnes de pneus en fin de vie ont été recyclés en divers produits en 2019 (ACARP, 2019). Le granulat dérivé de pneus (GDP) est l'un de ces produits. Selon une cote de l'Agence de protection environnementale des États-Unis (USEPA), la production de GDP à partir de pneus hors d'usage constitue l'une des meilleures pratiques exemplaires (USEPA, 2016). Pour chaque tonne de GDP transformé, ce qui correspond à environ 1,15 mètres cubes, on détourne une centaine de pneus des sites d'enfouissement (Eco Green Equipment, 2021).

FABRICATION DU GDP

Le GDP est fait principalement de pneus de type tourisme et camionnette (PTC) mais on utilise aussi les pneus hors route (HR) (Meles et al., 2014). En fait, on privilégie parfois les pneus hors route parce que le granulat provenant de ces pneus plus épais donne un produit fini plus uniforme en ce qui a trait à la taille et à la forme comparativement au granulat conventionnel (Meles et al., 2014).

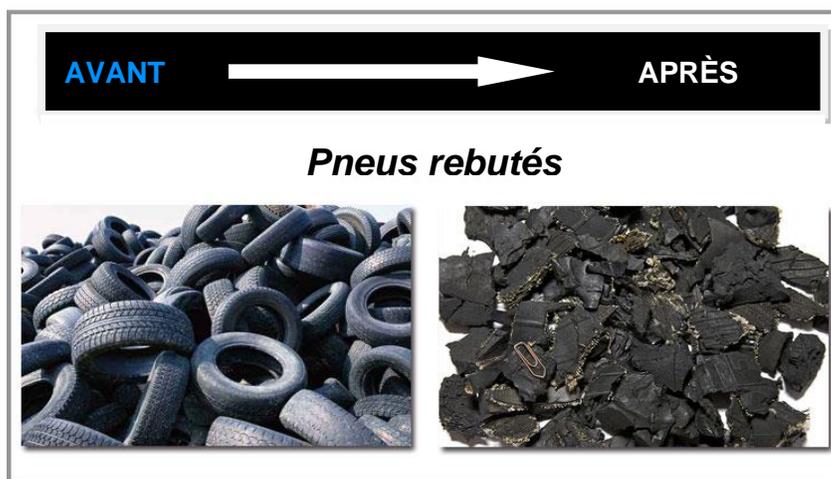


Figure 1. Des pneus rebutés avant puis après qu'ils aient été broyés pour faire du GDP (Wanrooe, 2019).

La transformation des pneus rebutés en GDP se fait à l'aide d'une déchiqueteuse, pour laquelle il existe divers types d'équipement. La déchiqueteuse peut être munie d'équipement de tamisage ou contenir un arbre unique ou deux arbres de coupe. (Ningbo Sinobaler Machinery Co., Ltd., 2015).

Déchiqueteuse à arbre unique

Les pneus rebutés arrivent par la trémie et sont dirigés vers l'arbre de coupe à l'aide d'un bras hydraulique, ce qui permet un déchiquetage correctement effectué par les lames rotatives. Les pneus sont déchiquetés jusqu'à ce que les morceaux soient suffisamment petits et qu'ils puissent passer au travers des mailles d'un tamis, assurant ainsi un produit de taille uniforme (Ningbo Sinobaler Machinery Co., Ltd., 2015). La déchiqueteuse à arbre unique de la figure 2 est conçue pour déchiqueter jusqu'à 12 tonnes de pneus rebutés à l'heure.



Figure 2. Une déchiqueteuse à arbre unique. Source : (Eco Green).

Dans la courte vidéo ci-dessous vous pouvez voir le fonctionnement d'une déchiqueteuse à arbre unique :

<https://youtu.be/rR60TNkeGN8>

Déchiqueteuse à deux arbres de coupe

Les pneus rebutés arrivent par la trémie et sont déchiquetés par deux arbres de coupe jusqu'à ce qu'ils soient entièrement déchiquetés et évacués. À l'inverse de la déchiqueteuse à arbre unique, les copeaux de pneus ne sont pas tamisés, ce qui donne un produit brut et de taille non uniforme (Ningbo Sinobaler Machinery Co., Ltd., 2015). La déchiqueteuse à deux arbres de la figure 3 est conçue pour traiter jusqu'à 30 tonnes de pneus rebutés à l'heure.

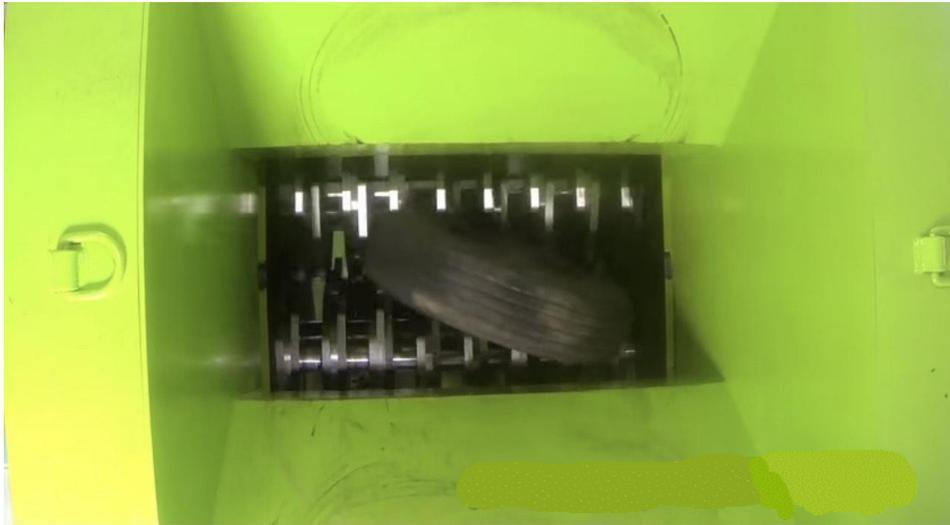


Figure 3. Une déchiqueteuse à deux arbres de coupe. Source: (Eco Green).

Dans la courte vidéo ci-dessous vous pouvez voir le fonctionnement d'une déchiqueteuse à deux arbres de coupe : <https://youtu.be/fzhY7bHykF0>

Outre le caoutchouc, les broyats qui sortent des déchiqueteuses contiennent aussi de l'acier et des fibres. Dans le cadre de l'opération de transformation du GDP, on se sert d'une machine pour réduire la taille des broyats et retirer la fibre de nylon au besoin (Eco Green Equipment, 2021). Comme l'acier est un matériau de valeur, on le revend à des entreprises manufacturières d'acier. Quant à la fibre, puisqu'il n'existe pas de marché pour celle-ci, généralement on la jette.

APPLICATIONS DU GDP

Bien que le GDP puisse servir à titre de carburant, la première voie de valorisation du produit est la production de matériau géotechnique destiné à des projets de génie civil. En effet, les diverses propriétés du GDP, soit perméabilité élevée, conduction thermique, résistance au cisaillement et compressibilité, en plus d'un faible poids unitaire, en font un produit de substitution économique par rapport aux matériaux conventionnels tels que la pierre, le gravier et la terre (Scrap Tire News, 2020). Généralement, le GDP sert de matériau de remplissage lorsqu'on le mêle avec de la terre ou qu'on le dépose en couches alternantes avec de la terre, selon les besoins spécifiques d'un projet. Étant donné que le GDP est très souvent mêlé à de la terre, les piles de pneus très salis sont généralement considérées comme acceptables à titre de matière première (U.S. EPA, 2016).

Voici quelques applications communes pour le GDP :

Fondations : Il peut être avantageux d'utiliser le GDP comme matériau de remblai pour les murs de fondations d'immeubles résidentiels et commerciaux étant donné ses qualités isolantes et sa capacité à faciliter le drainage de l'eau. De plus, le poids léger du GDP contribue à réduire la pression exercée sur le mur, ce qui donne lieu à une conception plus économique des murs ne nécessitant pas autant de béton ou d'acier pour supporter la pression (Scrap Tire News, 2020).

Remblai de plate-forme et remblai routier : On se sert du GDP comme matériau de remblai, seul ou mêlé à de la terre, pour former les remblais routiers et les remblais de murs de soutènement. Dans le cas des remblais routiers, on renforce la construction de toile géotextile et d'une couche de fondation en terre intercalée entre la couche de granulat dérivé de pneus et la route. L'usage de GDP pour construire des remblais routiers en présence de sols d'assise compressibles et peu solides est avantageux étant donné son poids léger et son coût réduit comparativement aux matériaux conventionnels (Scrap Tire News, 2020).

Fondation isolante pour les routes : Une couche de GDP sous une route peut contribuer à empêcher le sol de fondation de geler dans les endroits où le climat est rigoureux, particulièrement là où les sols de fondation tendent à libérer un excès d'eau au printemps. La perméabilité élevée du granulat dérivé de pneus permet le drainage de l'eau sous les routes, ce qui réduit le risque d'endommagement de la surface de la route (U.S. EPA, 2016).

Construction de fosses septiques : le GDP peut servir de matériau de remblai, à la place de gravier concassé dans la construction de champs d'épuration de fosses septiques (U.S. EPA, 2016). La haute perméabilité et le faible poids du granulat peuvent contribuer à augmenter de 30 pour cent la capacité de drainage du champ d'épuration comparativement à de la pierre (Eco Green Equipment, 2021).

Construction de trains légers sur rail : On se sert de GDP dans la construction de trains légers afin de réduire les vibrations causées par les trains qui passent, un atout pour les entreprises et propriétés privées environnantes. L'on recommande de déposer une couche de 30,5 cm (12 pouces) de GDP sous le ballast de pierres des voies ferrées (Eco Green Equipment, 2021).

Construction de décharges : On se sert de GDP comme couche de drainage dans les systèmes de collecte des lixiviats afin d'obtenir un bon drainage et d'empêcher la barrière argileuse d'en-dessous de geler dans les régions où le climat est rigoureux. On s'en sert aussi à titre de remblai dans les tranchées de recirculation du lixiviat qui distribuent de nouveau le lixiviat collecté vers la décharge. (Scrap Tire News, 2020). La perméabilité du GDP permet aussi de collecter les gaz de décharge (Scrap Tire News, 2020). En Alberta, l'on donne la préférence au GDP pour les systèmes de collecte de lixiviat de décharge car cette pratique fournit un marché durable pour des produits dérivés de pneus provenant du programme d'intendance de la province.

PROJETS NOTABLES

Le GDP est en usage dans beaucoup de projets de génie civil en de nombreuses parties du monde, où il s'est avéré un matériau efficace dans les diverses applications où il a été utilisé. Parmi certains de ces projets, notons les suivants :

CANADA

- **Halifax, Nouvelle-Écosse, 2016** : On s'est servi de GDP pour construire à moindre coût une bretelle de sortie à haute circulation pour la gare d'autobus de Ragged Lake. Ce faisant, la municipalité a économisé jusqu'à 140 000 \$ (Moore, 2016). On s'est servi de GDP à cause de l'efficacité du produit dans la construction de routes lorsque la nappe phréatique est près de la surface et en présence d'un sol pauvre.
- **Halifax, Nouvelle-Écosse, 2016** : On a utilisé du GDP pour construire le système de drainage du terrain de balle de Shubenacadie afin de permettre un drainage durant la nuit. On a appliqué du GDP parce que le produit est plus compressible que de la terre (Moore, 2016).
- **Comté de Stettler, Alberta, 2013** : L'Alberta Recycling Management Authority (ARMA) et le comté de Stettler se sont servi de GDP à titre de matériau de remplissage léger à la place de l'argile utilisée généralement dans la construction de remblais pour une section du chemin Range 184 situé entre les chemins de canton 360 et 361. Après achèvement des travaux on a remarqué que l'élasticité du GDP permettait d'obtenir un remplissage moins rigide qui néanmoins réussissait à fournir la force et le comportement structurels requis. (Parkland Geotechnical Consulting Ltd, 2016).
- **Edmonton, Alberta, 2013** : On a construit un remblai de 80 mètres afin de relier le périphérique Anthony Henday au Centre de gestion des déchets d'Edmonton. On a choisi le GDP étant donné son poids léger et sa grande perméabilité (Meles et al., 2014).
- **Nouveau-Brunswick, 2007** : On s'est servi de GDP à titre de matériau de remplissage léger dans la phase 1 de la construction du remblai de la Route 1 après qu'un premier remblai se soit affaissé à cause d'un fond meuble d'argile marine. L'usage de GDP a permis de renforcer la capacité de soutènement du sol d'assise (Hoppe & Oman, 2013).
- **Winnipeg, Manitoba, 2000** : On a construit un remblai de 305 mètres à l'aide de GDP sur un sol mou afin qu'il serve de matériau de plate-forme isolant thermique dans le but de limiter la pénétration du gel et de prévenir l'endommagement de la route (Hoppe & Oman, 2013).

ÉTATS-UNIS

- **Mankato, Minnesota, 2010** : On s'est servi de GDP comme matériau de remplissage léger afin de stabiliser la tourbe située sous le remblai du pont de la route de comté Blue Earth 12 qui s'était fissuré après sa construction (Hoppe & Oman, 2013).
- **Comté de Sonoma, Californie, 2008** : on a appliqué du GDP comme couche de plate-forme du chemin Geysers dans le but de fournir un remplissage léger pour réparer le dommage par affaissement provoqué par la saturation du sol du remblai en période de pluie intense (Cheng, 2016).
- **Indiana, 2008** : On a utilisé un mélange de GDP et de terre comme remblai léger pour l'élargissement de la route SR-110 dans le comté de Marshall et de la route SR-19 dans le comté d'Elkhart. Il a fallu surélever la

route au-dessus de la tourbe afin de réduire au minimum le tassement du sol (Hoppe & Oman, 2013).

- **Riverside, Californie, 2007** : On s'est servi de GDP comme matériau de remplissage léger afin de réduire la pression derrière le mur de soutènement du projet 207, construit dans le but d'élargir l'échangeur autoroutier de la I-215/route 60/route 90. Le GSP a servi comme matériau de remblai et comme matériau de drainage (Cheng, 2016).

LES ASPECTS ÉCONOMIQUES DE L'USAGE DU GDP

L'usage du GDP à titre de matière géotechnique peut contribuer à réduire le coût des projets

À poids égal, le GDP coûte moins que les matériaux conventionnels dans les projets de génie civil. De même, sa légèreté contribue à réduire les frais de transport. CalRecycle a fait faire une analyse coûts-bénéfices dans le but d'évaluer des projets pour lesquels on a opté d'utiliser le GDP plutôt que des matériaux de remplissage conventionnels. On a conclu que le coût du matériau et les frais de transport sont beaucoup moindres que pour tous les autres matériaux étudiés, y compris le gravier concassé, les dalles de béton flottantes, la pierre ponce, le polystyrène expansé, le schiste argileux expansé et les copeaux de bois. Dans le comté de Sonoma, en Californie par exemple, les coûts de réparation d'une route de montagne érodée devant être réparée tous les dix ans a coûté 50 % de moins que le devis estimé par le comté grâce à l'usage de GDP (Cheng, 2016).

La durabilité plus élevée du GDP par rapport aux matériaux de remplissage traditionnels contribue à réduire la fréquence du travail d'entretien des structures de génie civil ce qui permet une réduction générale des coûts. Dans le comté de Santa Barbara, toujours en Californie, on a utilisé du GDP dans le projet de construction du chemin Palomino. Les ingénieurs avaient prédit que les réparations effectuées avec du GDP allaient durer quatre fois plus longtemps que les projets routiers utilisant des matériaux de remplissage conventionnels. (Université d'État de Californie, 2021).

La perméabilité élevée du GDP par rapport à celle du gravier peut aussi contribuer à réduire la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires pour obtenir le taux de drainage exigé par de nombreux projets (Université d'État de Californie, 2021).

L'industrie du GDP contribue à l'économie locale

La transformation et l'usage du GDP pour des projets de génie civil contribuent à assainir l'environnement ainsi qu'à stimuler l'économie locale par la création d'emplois. Là où il y a beaucoup de pneus rebutés existe l'occasion de construire et d'exploiter des installations de transformation de pneus rebutés en GDP ou en d'autres produits dérivés de pneus. La collecte et le transport de pneus vers une installation de transformation peuvent également contribuer à l'économie. À l'heure actuelle, la plupart des provinces et territoires disposant d'un règlement sur la gestion des pneus offrent des mesures incitatives visant à encourager les activités décrites ci-dessus, ainsi qu'à aider au démarrage et à la viabilité d'entreprises.

INCIDENCE SUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

Certains ont soulevé des inquiétudes par rapport au risque sanitaire que pourrait causer la lixiviation de substances toxiques contenues dans les pneus lorsque ceux-ci se trouvent dans des sols humides. Le département de génie civil de l'université du Maine a mené une étude importante visant à évaluer les risques pour la santé humaine et l'environnement de diverses applications du GDP, notamment sur la qualité de l'eau potable et de l'eau douce et sur la faune et la flore marines. L'étude a révélé que bien qu'il soit probable que le GDP accroisse les niveaux de fer et de manganèse dans la nappe phréatique, ces composants auraient une capacité limitée à se déplacer de l'endroit où le GDP a été appliqué. Il s'ensuit que tout impact potentiel dépendrait largement des conditions de l'eau et du sol de l'endroit. Lorsque le pH de la nappe phréatique est neutre, le GDP risque fort peu d'avoir un quelconque impact sur la qualité de l'eau (U.S. EPA, 2016).

MULTIPLIER LES POSSIBILITÉS DU GDP

Malgré tous les avantages potentiels qu'offre le GDP, il reste que son adoption à titre de matériau de prédilection dans les projets de génie civil demeure réservée (Scrap Tire News, 2020). Cela peut être dû en partie à cause de préoccupations d'ordre environnemental persistantes, bien que les constatations indiquent qu'en autant que le GDP est fabriqué selon des normes acceptées, il est peu probable que le produit ait un impact sur l'environnement (Moore, 2016). Un autre facteur d'hésitation est le fait que les ingénieurs préfèrent utiliser des produits qu'ils connaissent, selon des méthodes bien établies plutôt que d'avoir à calculer les quantités et ratios spécifiques de GDP nécessaires pour chaque projet individuel.

Afin de pallier à ces obstacles, les gouvernements et les universités prennent des mesures afin d'inciter davantage l'usage du GDP. L'État de Californie est un chef de file à la fois en matière de recherche et d'applications. En effet, le California Department of Resources Recycling and Recovery (CalRecycle) a établi en 2012 à l'Université d'État de Californie le Centre de technologie en matière de granulat dérivé de pneus (Tire Derived Aggregate Technology Center) ou TTC. Le TTC fournit de la recherche et des services de mise à l'essai de matériaux afin de contribuer à faire accepter l'usage du GDP par les ingénieurs des secteurs privé et public, cela donnant lieu à de plus grands débouchés pour des projets utilisant le GDP (Université d'État de Californie, 2021). Cette collaboration et mise en commun de ressources a donné lieu à la création d'un produit important : la publication en 2016 du tout premier guide complet d'utilisation de granulat dérivé de pneus. Ce guide présente des pratiques novatrices en matière de conception et de construction à l'aide de GDP dans des applications de génie civil. En outre, en vue de réduire les obstacles financiers, CalRecycle offre aux ingénieurs civils des subventions pour des projets utilisant du GDP. Bien qu'au départ on se soit concentré sur l'usage du GDP dans des projets routiers, CalRecycle et le TTC mènent des essais démontrant les avantages possibles d'utiliser le GDP dans les travaux de fondations et de murs de soutènement, ainsi que dans des applications de fosses septiques et d'infrastructures d'eaux pluviales.

Plus près de nous, le Red River College, au Manitoba a collaboré avec OTR Recycling Corp, Tire Stewardship Manitoba et Manitoba Hydro dans un projet de recherche concernant l'usage de GDP en remplacement de

matériau naturel dans la construction de fondations de maisons. Un rapport qu'ils ont publié en 2018 démontre que le GDP n'a aucun impact négatif et offre un rendement accru par rapport aux matériaux conventionnels lorsqu'il est utilisé comme matériau de remblai ainsi que sous les dalles de caves de maisons (Rashwan, 2018). Ces constatations ont permis à l'industrie de la construction du Manitoba de reconnaître la valeur du GDP, et les ingénieurs de la Cité de Winnipeg ont approuvé l'usage du GDP en autant que les demandes de permis de construction soient accompagnées de rapports géotechniques (Rashwan, 2018).

CONCLUSION

Grâce à des efforts soutenus de développement de produit et de forts antécédents en matière d'applications, on a prouvé que le GDP constituait un substitut sécuritaire et durable aux matériaux conventionnels nécessaires dans une vaste gamme de projets de génie civil.

L'on s'attend à ce que l'usage du GDP prenne de l'ampleur étant donné son rendement exemplaire et la constatation de plus en plus croissante des défis que posent les agrégats conventionnels, à titre d'exemple les préoccupations environnementales liées à l'extraction du gravier (Marshall, 2021). Les aspects économiques de l'usage du GDP soutiennent son utilisation et l'élaboration rapide de directives d'utilisation aide les ingénieurs à adopter un matériau nouveau avec lequel ils sont moins familiers. Dans certains endroits, on peut aussi trouver des incitatifs permettant aux ingénieurs et aux promoteurs de projets d'utiliser le GDP et de constater par eux-mêmes les avantages que ce produit offre tant en matière d'économie que de rendement des matériaux. Enfin, la chaîne d'approvisionnement associée au recyclage des pneus usés contribue à appuyer l'économie locale, là où le GDP est fabriqué.

Avec le nombre croissant d'études et la mise sur pied de plus en plus de projets, l'on s'attend à ce que l'intérêt pour l'usage du GDP continue de prendre de l'ampleur parmi les ingénieurs civils de partout au monde, et cela dans une vaste gamme d'applications.

Références :

L'Association canadienne des agences de recyclage des pneus (ACARP). *Données nationales*. (2019).

<https://www.catraonline.ca/catra/national-data>

Cheng, D. X. (2016). (rep.). *Usage Guide Tire-Derived Aggregate (TDA) [Guide de l'utilisateur du granulats dérivé de pneus (GDP)]*. California Department of Resources Recycling and Recovery (CalRecycle). Tiré de

<http://dot.state.mn.us/mnroad/nrra/structure-teams/geotechnical/files/meetings/tda-user-guide.pdf>

California Department of Resources Recycling and Recovery. (22 février 2021). *Produits dérivés de pneus*.

<https://www.calrecycle.ca.gov/Tires/Products/>.

Université d'État de Californie. (2021). *Le Centre de technologie en matière de GDP*.

<https://www.csuchico.edu/cp2c/ttc/index.shtml>

Hoppe, M., & Oman, M. (2013). (rep.). *Usage de produits dérivé de pneus dans la construction de routes*.

Département des transports du Minnesota. Tiré de <https://www.lrrb.org/pdf/201320.pdf>

- Eco Green Equipment. (22 juin 2021). *L'agrégat dérivé de pneus change la donne dans le milieu de la construction*. <https://ecogreenequipment.com/how-tire-derived-aggregate-is-altering-the-construction-landscape/>.
- Marshall, P. (26 juillet 2021). Communication personnelle
- Meles, Daniel & Bayat, Alireza & Hussien, Mohammad & Nassiri, Somayeh & Gul, Mustafa. (2014). *Étude de l'usage du granulat dérivé de pneus comme matériau de remplissage dans la construction de remblais routiers*. *International Journal of Geotechnical Engineering*. 8. 182-190.
10.1179/1939787913Y.0000000015.
- Meles, T. Daniel (2014). *Applications du granulat dérivé de pneus comme matériau de remplissage des remblais routiers*. Tiré de <https://era.library.ualberta.ca/items/e2720930-b7c4-4fd6-a53d-ebe976d5a503>
- Moore, J. (20 juillet 2016). *Révolutionner la construction à l'aide de pneus recyclés*.
<https://www.dal.ca/news/2016/07/20/revolutionizing-construction.html>.
- Ningbo Sinobaler Machinery Co., Ltd. (12 août 2015). *Différence entre une déchiqueteuse à arbre unique et une déchiqueteuse à deux arbres de coupe*. Sinoshredder. <https://www.sinoshredder.com/what-is-the-difference-between-single-shaft-shredder-and-double-shaft-shredder/>
- Parkland Geotechnical Consulting Ltd. (janvier 2016). *Rapport Stettler* (No. RD5417).
- Province de la Nouvelle-Écosse. (19 novembre 2008). *Une solution pour la Nouvelle-Écosse à partir de pneus usés*. <https://novascotia.ca/news/release/?id=20081219007>.
- Rashwan S. *Démonstration de la viabilité de l'usage du granulat dérivé de pneus (GDP) en remplacement de matériaux naturels dans la construction de sous-sols de bâtiments résidentiels*. (2018). (rep.).
<https://www.tirestewardshipmb.ca/wp-content/uploads/TDA-project-final-report-for-TSM-June-2018.compressed.pdf>
- Scrap Tire News. (10 mars 2020). *Granulat dérivé de pneus*.
<https://scraptirenews.com/information-center/tda/>.
- Agence de protection environnementale des États-Unis (USEPA). (22 février 2016). *Applications en génie civil*.
https://archive.epa.gov/epawaste/conservation/materials/tires/web/html/civil_eng.html.
- Agence de protection environnementale des États-Unis. (décembre 2010). *Les pneus rebutés : Guide de gestion et d'applications de recyclage pour les É.-U. et le Mexique*.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100SGFE.PDF?Dockkey=P100SGFE.PDF>
- Wanrooe Hightech. (2019). *Image de pneus rebutés*. <https://www.wanrooe.com/economic-tire-twin-shaft-shredder/>.