

Recyclage du plastique

Un aperçu du processus de recyclage mécanique et chimique des plastiques post-consommation

Le plastique est un matériau populaire que nous rencontrons régulièrement. Si certains objets en plastique sont destinés à n'être utilisés qu'une seule fois, d'autres sont conçus pour durer très longtemps. Quel que soit l'objet en plastique, il arrive généralement un moment où le consommateur n'en a plus besoin ou n'en veut plus. Il est peut-être vide, cassé ou inutilisable. Si l'objet ne peut pas être réutilisé, c'est à ce moment-là que nous sommes généralement encouragés à le déposer dans une poubelle de recyclage.

Tous les plastiques ne se retrouvent pas dans une poubelle de recyclage. Selon le gouvernement du Canada (2023), "seuls 9 % sont recyclés, le reste finissant dans nos décharges, dans les installations de transformation des déchets en énergie ou dans l'environnement". En outre, le plastique qui est "recyclé" peut ne pas être acheminé vers les installations appropriées (CBC, 2019).

Mais qu'advient-il du plastique qui arrive dans un centre de recyclage? Lisez la suite pour découvrir deux façons différentes dont les vieux objets en plastique sont prêts à être transformés en nouveaux articles en plastique!



Qu'est-ce que le plastique?

Les matières plastiques sont un groupe de matériaux qui peuvent prendre une forme lorsqu'ils sont chauffés et souples et qui conservent leur forme une fois refroidis et durcis. Il existe différents types de plastiques, mais ce sont tous des **polymères** (des molécules composées d'unités plus petites qui se répètent, appelées monomères - pensez à faire une grande structure de lego avec un tas de petits blocs identiques). Les plastiques présentent des caractéristiques telles qu'une grande solidité et durabilité, une résistance aux produits chimiques et à l'eau, un faible coût, un poids léger et une relative facilité de transformation. C'est pourquoi ils ont été largement utilisés comme matériaux d'emballage, de consommation, de transport et de construction. Malheureusement, l'élimination et la gestion inappropriées des déchets plastiques peuvent entraîner une pollution et une dégradation de l'environnement. (Environnement et changement climatique Canada, 2020).

L'économie circulaire est un système qui vise à minimiser les déchets et à maximiser l'efficacité des ressources en conservant les matériaux utilisés le plus longtemps possible. Il s'agit d'une alternative à l'économie linéaire traditionnelle dans laquelle les ressources sont extraites, utilisées et éliminées en tant que déchets.

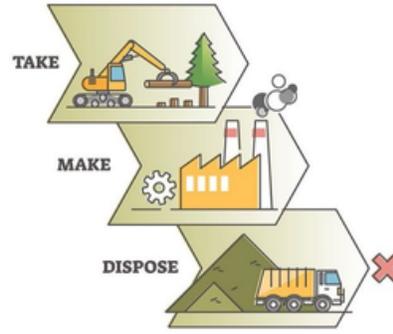
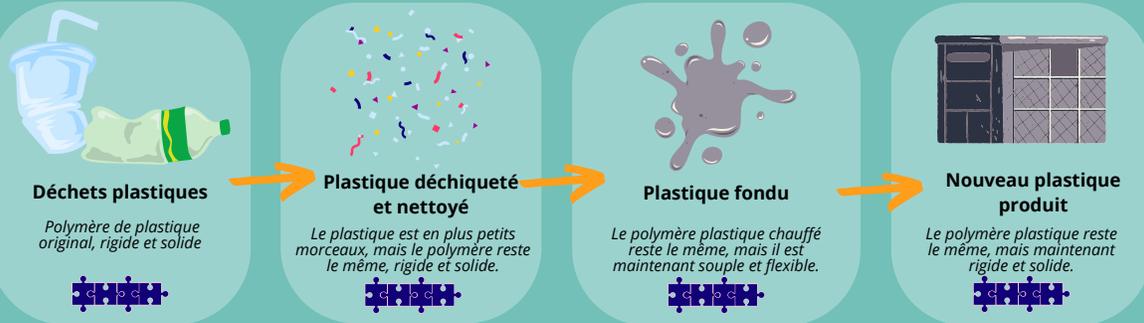


Figure 1. Économie linéaire et économie circulaire (Université d'Auckland, 2021)

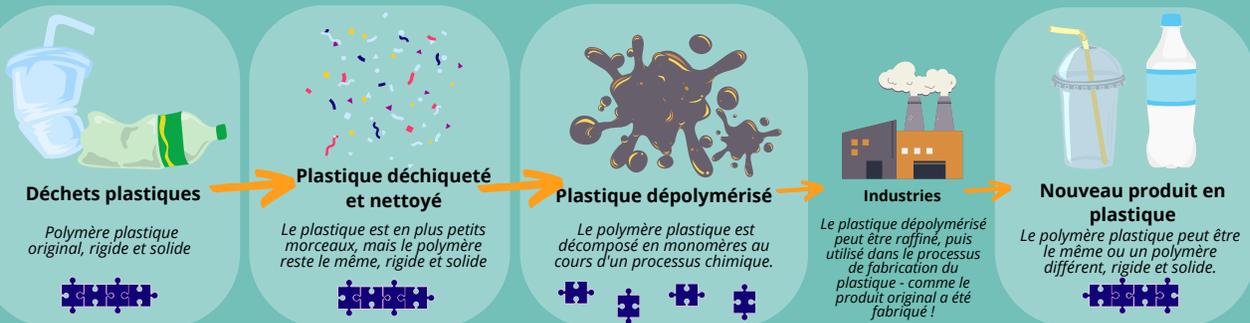
Le recyclage du plastique est une stratégie importante pour parvenir à une économie circulaire, car il contribue à réduire la quantité de déchets plastiques qui finissent dans les décharges ou dans notre environnement. De plus, les plastiques sont fabriqués à partir de ressources naturelles précieuses comme le pétrole ou le gaz naturel. En recyclant le plastique, nous pouvons réutiliser ces ressources au lieu d'en extraire davantage de la terre. Dans cette fiche d'information, nous vous présenterons deux processus utilisés pour le recyclage des plastiques; le recyclage mécanique et le recyclage chimique.

Un aperçu rapide des deux types de recyclage du plastique:

Recyclage mécanique - Processus de recyclage des déchets plastiques par transformation **physique** en nouveaux produits. Cela implique généralement de nettoyer, déchiqueter, fondre et reformer le plastique.



Recyclage chimique - Processus de recyclage des déchets plastiques par transformation **chimique** en nouveaux produits. Cela implique généralement de nettoyer et de déchiqueter le plastique. Ensuite, on va plus loin et on **dépolymérise** le plastique (processus au cours duquel le polymère plastique est chimiquement décomposé en monomères plus petits). Le produit est très similaire au pétrole ou au gaz naturel et peut être raffiné et utilisé pour fabriquer de nouveaux plastiques ou produire de l'énergie.

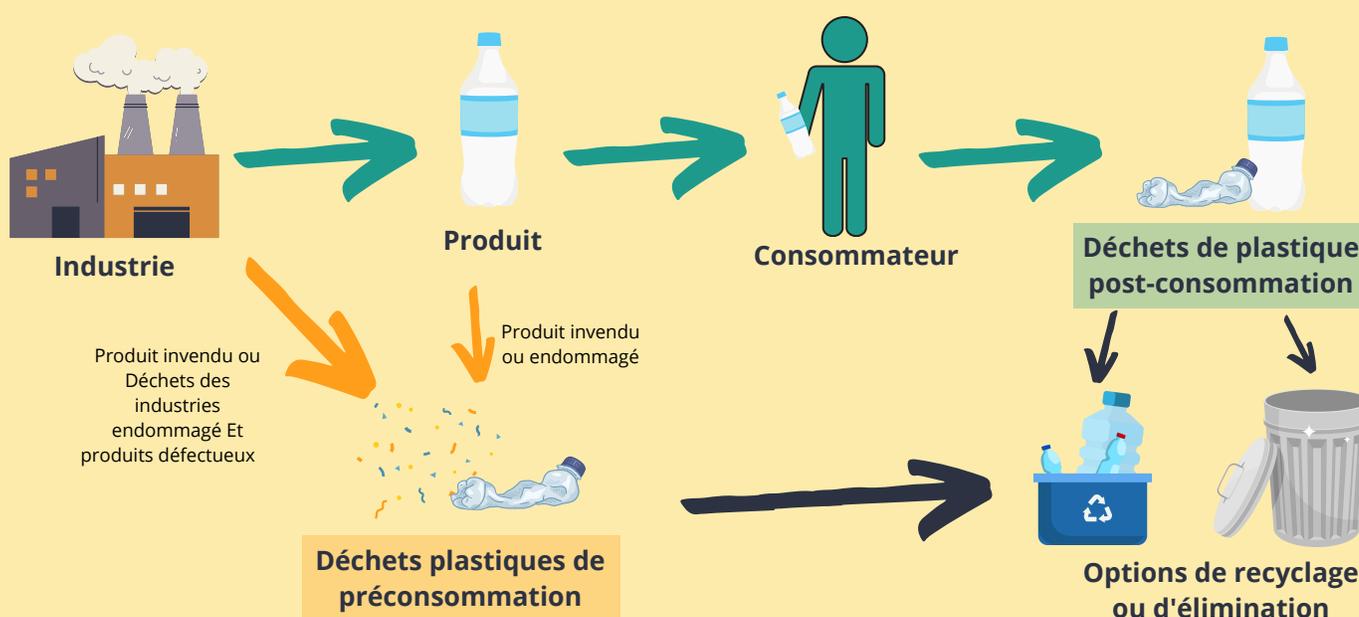


Recyclage mécanique:

Le recyclage mécanique désigne le processus de recyclage des déchets plastiques par transformation physique en nouveaux produits. Il s'agit de la méthode de recyclage du plastique la plus répandue dans le monde et il existe de nombreuses usines de recyclage mécanique au Canada (ENF Recycling, 2024). Le processus de recyclage mécanique comporte plusieurs étapes (figure 2).

La première étape consiste à collecter les déchets plastiques en vue de leur recyclage. En fonction de la source, les déchets plastiques peuvent être divisés en deux catégories : les déchets plastiques **pré-consommation** (post-industriels) et les déchets plastiques **post-consommation**.

Déchets plastiques de pré et post-consommation



Les **déchets plastiques de pré-consommation**, comme le suggère leur nom, sont des plastiques qui deviennent des déchets avant d'atteindre le consommateur. Il peut s'agir de produits rejetés, comme des récipients en plastique défectueux, ou de restes de matériaux au cours du processus de fabrication (comme les restes de tissus et les vêtements invendus dans l'industrie textile). En raison d'une exposition très limitée aux consommateurs, cette catégorie de déchets plastiques présente une grande pureté. Elle peut être réutilisée dans le processus de fabrication ou vendue à un acheteur tiers qui l'utilisera directement à d'autres fins.

L'autre catégorie de déchets plastiques auquel nous faisons généralement référence est celui des **déchets plastiques post-consommation** générés dans nos vies quotidiennes. Par rapport aux déchets plastiques de pré-consommation, ce type de plastique est généralement très contaminé et de faible pureté. Par exemple, un flacon usagé de crème pour les mains contient généralement un peu de crème résiduelle. La surface extérieure de ce contenant comporte également une étiquette de produit qui est généralement faite de papier et d'autres types de plastique. La colle utilisée pour fixer les étiquettes est également extrêmement difficile à enlever. Tous ces contaminants et impuretés représentent un grand défi pour la récupération

des déchets plastiques domestiques. La collecte des déchets plastiques post-consommation se fait généralement par le biais de programmes de recyclage dans notre voisinage où les gens trient leurs déchets plastiques, les mettent dans des bacs de recyclage pour être ensuite acheminés vers un centre de recyclage ou l'envoyer dans des stations de recyclage.

Une fois les déchets plastiques collectés, ils doivent être triés sur la base de leur identité chimique afin de s'assurer que le plastique recyclé atteindra la pureté souhaitée. Les plastiques peuvent être triés par un processus manuel ou automatisé. Le processus manuel peut être observé dans nos centres de dépôt de bouteilles où les travailleurs séparent les déchets plastiques en fonction de leurs symboles de recyclage, de leurs tailles et de leurs expériences personnelles. Dans les installations de recyclage ultramodernes, diverses technologies telles que l'infrarouge et les rayons X sont utilisées pour détecter rapidement l'identité chimique de chaque déchet plastique, ce qui améliore considérablement la précision et l'efficacité du processus de tri (Habib & Parres, 2020 ; Thomasnet, 2021).

Après le tri, les déchets plastiques sont nettoyés grossièrement avec de l'eau savonneuse et déchiquetés en petits morceaux. Les petits morceaux sont ensuite nettoyés en profondeur avec plusieurs détergents afin de minimiser la présence de composants non plastiques et d'impuretés telles que les résidus, la colle et l'étiquetage. Lors de la dernière étape, les morceaux de plastique déchiquetés sont fondus, passent dans des extrudeuses et sont transformés en petites granules. Les granules peuvent être vendues sur le marché ou moulés en différents produits en plastique.

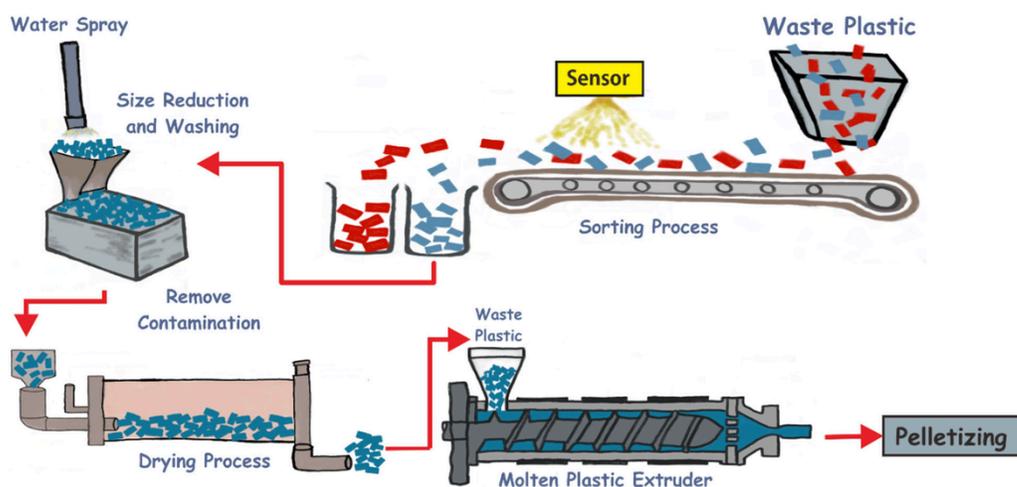


Figure 2. Un processus de recyclage mécanique typique (Damayanti, Saputri, Marpaung, Yusupandi, Sanjaya, Simbolon, Asmarani, Ulfa, & Wu, 2022)

Bien que le recyclage mécanique nous permette de réutiliser le plastique et de réduire considérablement la quantité de déchets qui finissent dans les décharges, il présente plusieurs limites. Tout d'abord, tous les déchets plastiques ne peuvent pas être recyclés mécaniquement. Le recyclage mécanique ne s'applique qu'aux **thermoplastiques**, c'est-à-dire à une catégorie de matières plastiques qui peuvent être fondues et refondues, comme le polyéthylène, le polypropylène, etc. Les plastiques **thermodurcis**, comme le polyuréthane et la résine de silicone, ne peuvent pas être transformés en phase liquide par chauffage et ne conviennent donc pas à ce processus.



Les plastiques recyclés sont généralement moins purs et de qualité que les plastiques vierges. De nombreux plastiques recyclés disponibles sur le marché n'ont une pureté que d'environ 90 % et sont donc principalement utilisés dans des applications de qualité inférieure telles que la construction, l'agriculture ou la tuyauterie. En effet, certains composants tels que les colles et les additifs plastiques qui ont été appliqués aux plastiques au cours du processus de fabrication ne peuvent pas être entièrement éliminés par les détergents conventionnels. Le processus de tri, qu'il soit effectué par un homme ou une machine, ne peut atteindre une précision de 100 %. De plus, une grande partie des plastiques utilisés dans notre vie quotidienne sont des matériaux composites. Par exemple, un sac de chips est composé de trois types de plastiques différents qui ne peuvent pas être facilement séparés dans leur forme d'origine au cours du processus de recyclage mécanique.

Ces impuretés et contaminants entraînent une modification des propriétés physiques des plastiques recyclés et les empêchent d'être utilisés dans des applications plus exigeantes. Par exemple, les granules de polyéthylène recyclées mécaniquement ont généralement une couleur grise en raison de la présence d'impuretés et de contaminants. Par conséquent, leur application dans l'emballage alimentaire est limitée, car la couleur grise rend le produit moins attrayant pour les consommateurs. De plus, le polyéthylène recyclé ne peut pas être utilisé pour fabriquer des matériaux en contact avec les aliments ou des dispositifs médicaux, car de nombreuses substances chimiques, comme les additifs, provenant de la vie antérieure des matériaux plastiques peuvent contaminer les aliments ou les médicaments, entraînant divers problèmes de santé (Horodytska, Cabanes, & Fullana, 2020). La fusion et le reformage répétés du plastique au cours du processus de recyclage mécanique peuvent également détériorer la qualité mécanique des plastiques recyclés. Le même plastique ne peut être recyclé que 2 ou 3 fois avant que sa qualité ne diminue au point qu'il ne puisse plus être utilisé.



Recyclage chimique

D'un point de vue chimique, le plastique est un polymère composé de milliers de blocs de construction répétés. Le recyclage chimique, également connu sous le nom de recyclage avancé ou de recyclage des matières premières, est un processus relativement nouveau qui décompose les déchets plastiques en éléments chimiques plus petits et les utilise comme matières premières pour produire des plastiques vierges. Par conséquent, la qualité des plastiques générés par le processus de recyclage chimique est supérieure à celle du processus de recyclage mécanique et, en théorie, le même plastique peut être recyclé chimiquement un nombre illimité de fois. De plus, le recyclage chimique est plus polyvalent, car il peut être utilisé pour recycler à la fois les thermoplastiques et les plastiques thermodurcis comme le polyuréthane (Zahedifar, Pazdur, Vande Velde, & Billen, 2021).

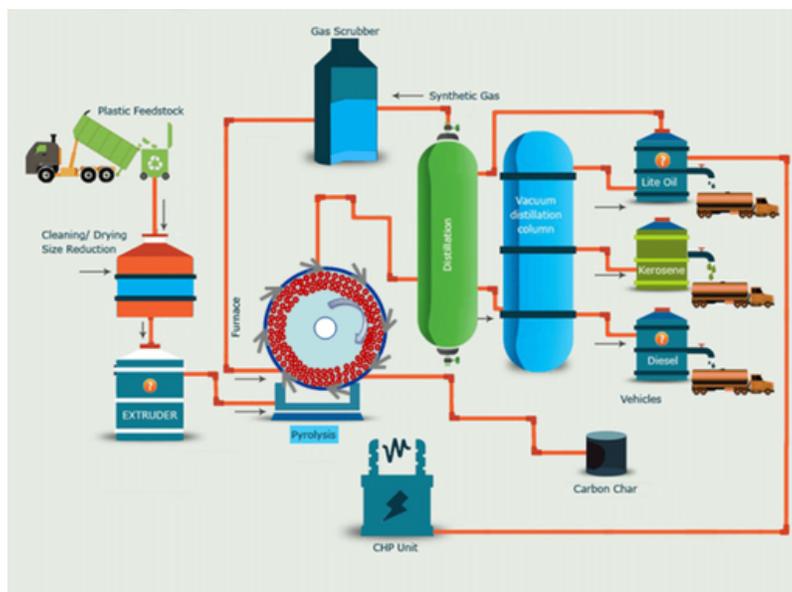


Figure 3. Processus de recyclage chimique classique qui convertit les déchets plastiques en diverses matières premières (Ragaert, Delva, & Van Geem, 2017).

Comme le recyclage mécanique, le processus de recyclage chimique comprend également la collecte, le tri, le nettoyage et le broyage des déchets plastiques.

Parfois, l'étape de nettoyage dans le processus de recyclage chimique a des exigences beaucoup plus élevées. Un solvant organique peut être utilisé pour dissoudre les déchets plastiques au cours de cette étape, ce qui facilite l'élimination des impuretés et des contaminants. Ensuite, les déchets plastiques passent par un processus totalement différent qui comprend la dépolymérisation et la production de nouvelles matières plastiques.

Dans le processus de dépolymérisation (figure 3), différentes combinaisons de produits chimiques, de solvants et de chaleur sont utilisées pour décomposer les polymères plastiques en produits de dégradation, qui sont des molécules plus petites dont la structure chimique est similaire à celle du pétrole brut ou du gaz naturel. Ces produits de dégradation passent par un processus de raffinage qui permet de séparer les différents composants les uns des autres. La plupart des composants séparés peuvent être envoyés aux usines de fabrication de plastique existantes et directement utilisés comme matières premières pour produire de l'énergie et fabriquer de nouvelles matières plastiques.

Contrairement aux technologies de recyclage mécanique où le même processus peut être appliqué à tous les thermoplastiques et où le processus est relativement mature, les technologies de recyclage chimique sont encore en cours de développement et il n'existe pas de processus de recyclage chimique unique pouvant être utilisé pour recycler plusieurs types de plastiques. Bien que de nombreuses installations pilotes de recyclage chimique aient été construites dans le monde entier, il reste des défis à relever lorsqu'il s'agit d'étendre les opérations de recyclage chimique pour traiter de grands volumes de déchets plastiques. Le coût du recyclage chimique est également plus élevé que celui du recyclage mécanique en raison des technologies et de l'énergie nécessaires au processus. Certains procédés de recyclage chimique peuvent impliquer l'utilisation de produits chimiques dangereux ou générer des émissions. Il est essentiel de gérer et de contrôler soigneusement ces processus afin de minimiser l'impact sur l'environnement et de garantir la sécurité des travailleurs et des communautés environnantes.

Conclusion

Globalement, le recyclage mécanique et le recyclage chimique contribuent tous deux à la gestion des déchets plastiques et à la conservation des ressources. Le recyclage mécanique est un processus mieux établi et plus largement mis en œuvre, tandis que le recyclage chimique offre la possibilité de produire des plastiques recyclés de haute qualité et des matériaux avancés. Ces deux méthodes sont complémentaires et peuvent être utilisées pour fabriquer des plastiques recyclés répondant à différentes demandes. Les progrès réalisés dans le domaine du recyclage des plastiques, associés à d'autres stratégies telles que la réduction et la réutilisation, peuvent nous aider à créer un système de gestion des déchets plus complet et plus durable.



Questions de réflexion :

- En quoi le recyclage chimique diffère-t-il du recyclage mécanique? Quels sont les avantages et les inconvénients de ces deux technologies de recyclage?
- Que pouvez-vous faire pour améliorer la pureté/qualité des plastiques recyclés mécaniquement?
- Où se trouve l'usine de recyclage des plastiques la plus proche (pas de dépôt de bouteilles) dans votre région?

References

- Damayanti, D., Saputri, D. R., Marpaung, D. S. S., Yusupandi, F., Sanjaya, A., Simbolon, Y. M., Asmarani, W., Ulfa, M., & Wu, H-S. (2022). *Current prospects for plastic waste treatment*. *Polymers*, 14(15), 3133. <https://doi.org/10.3390/polym14153133>
- Environment and Climate Change Canada & Health Canada. (2020). *Science assessment of plastic pollution* (Cat. No.: En14-424/2020E-PDF). Ottawa, ON: Author. ISBN 978-0-660-35897-0.
- ENF Recycling. (2024). *Plastic Recycling Plants In Canada*. Retrieved from <https://www.enfplastic.com/directory/plant/Canada>
- Habib, M. A., & Parres, F. (2020). *Mechanical recycling of packaging plastics: A review*. *Macromolecular Rapid Communications*, 41(19), e2000415. <https://doi.org/10.1002/marc.202000415>
- Horodytska, O., Cabanes, A., & Fullana, A. (2020). *Non-intentionally added substances (NIAS) in recycled plastics*. *Chemosphere*, 251, 126373. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126373>
- Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). *Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste*. *Waste Management*, 69, 24-58. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044>
- Thomasnet. (2024). *Plastic recycling equipment: A comprehensive guide*. Retrieved from <https://www.thomasnet.com/articles/plastics-rubber/plastic-recycling-equipment/>
- University of Auckland. (2021, December 2). *Benefits of NZ Adopting Circular Economy*. Retrieved from <https://www.auckland.ac.nz/en/news/2021/12/02/benefits-of-nz-a-doing-circular-economy.html>
- Zahedifar, P., Pazdur, L., Vande Velde, C. M. L., & Billen, P. (2021). Multistage chemical recycling of polyurethanes and dicarbamates: A glycolysis–hydrolysis demonstration. *Sustainability*, 13(6), 3583. <https://doi.org/10.3390/su13063583>