

Revue de littérature - Rejet de bois industriel

Réalisée par l'équipe étudiante:

Elisabeth Fournier, Daphné Gagnon-Fee, Ariane Nadeau et Cynthia Wong

**Université de Sherbrooke - Centre universitaire de formation en
environnement et développement durable (CUFE)**

15 avril 2024

Table des matières

REJETS DE BOIS INDUSTRIELS	3
TRI DES DÉCHETS DE BOIS.....	5
PORTRAIT DU TRI DE 3E GÉNÉRATION	6
NOUVELLE TECHNOLOGIE DE TRI DES DÉCHETS EN BOIS ET EN PLASTIQUE AVEC L'I.A.	8
MODES DE GESTION DES PALETTES	10
PALETTES EN PROPRIÉTÉ	12
PALETTES DE MISE EN COMMUN EN PROPRIÉTÉ	14
PALETTES DE MISE EN COMMUN EN LOCATION	17
PLATEFORME TIERCE DE GESTION DES PALETTES.....	21
SYSTÈME DE MISE EN COMMUN DE PALETTES AVEC LA PARTICIPATION D'UNE PLATEFORME TIERCE	22
MÉCANISME DÉCENTRALISÉ DE GESTION DE PALETTES – PALLET AS A SERVICE (PALLETAAS)	24
RÉPARATION DES PALETTES.....	26
FABRICATION DE PRODUITS COMPOSITES BOIS-PLASTIQUE	28
EXPLORATION DES POSSIBILITÉS DE FABRICATION DE CBP À PARTIR DE POLYMÈRES SYNTHÉTIQUES ET NATURELS.....	30
UTILISATION DES DÉCHETS MUNICIPAUX DANS LA FABRICATION INDUSTRIELLE DE CBP	32
FABRICATION DE PANNEAUX DE PARTICULES À PARTIR DE BOIS RECYCLÉ.....	34
PISTES DE VALORISATION EN AGRICULTURE URBAINE	37
CRÉATION DE BOIS D'ŒUVRE ET DE MOBILIER À PARTIR DE BOIS URBAIN	38
COPEAUX DE BOIS POUR ENRICHIR LES SOLS ET LES SUBSTRATS.....	39
RAFFINAGE À LA VAPEUR DE RÉSIDUS DE TAILLE D'ARBRES	41
FABRICATION DE BIOCHAR PAR PYROLYSE DE RÉSIDUS DE TAILLE D'ARBRES.....	43
TRANSFORMATION DU BOIS EN LITIÈRE POUR ANIMAUX.....	46

REJETS DE BOIS INDUSTRIELS

Le bois, en tant que matériau naturel et renouvelable, offre de nombreux avantages dans l'économie circulaire. Il possède d'excellentes propriétés mécaniques et thermiques, et il est plus respectueux de l'environnement que les matériaux inorganiques ou fossiles comparables. Contrairement aux ressources agricoles, son utilisation n'entre pas en concurrence avec les denrées alimentaires.

En 2021, au Québec, les entreprises du conditionnement et du recyclage du bois ont traité 1,67 million de tonnes de résidus, dont 17 % étant importés. Malgré cette hausse, une grande partie des déchets de bois, soit 738 000 tonnes en 2021, a été éliminée. Si une collecte et un tri adéquats étaient mis en place, environ deux tiers de ces déchets pourraient être recyclés. Bien que la variabilité des matériaux entrants reste un défi pour le réemploi, il existe un potentiel que les déchets de bois puissent être recyclés à moindre coût afin de produire de nouveaux matériaux. Les résidus de meilleure qualité sont généralement revalorisés en produits de consommation comme des granules, des paillis et de la litière animale, alors que les résidus de moindre qualité sont utilisés comme biomasse de combustion.

Palettes

Les palettes de bois sont des plateformes horizontales, pouvant être de tailles variées, utilisées pour le transport et le stockage de marchandises. Elles jouent un rôle essentiel dans l'industrie logistique, assurant plus de 80 % des échanges commerciaux mondiaux. Bien que fabriquées à partir de divers matériaux, les palettes en bois sont les plus courantes. Celles-ci sont généralement fabriquées à partir de bois dur ou de bois tendre. L'augmentation de l'utilisation des palettes ces dernières années a entraîné des impacts environnementaux considérables. La mise en valeur des palettes comporte des défis tels que le traitement du bois et les fuites du système, qui peuvent entraîner des émissions de gaz à effet de serre lors de l'enfouissement ou de l'incinération des palettes.

Caissons

Les caissons en bois sont souvent réutilisables, et font donc partie des articles de transport réutilisables (ATR) tout comme les palettes. Dans le cadre des fiches, les palettes et les caissons font parfois partie de cette catégorie ATR, ce qui permet d'extrapoler le contenu des fiches de palettes réutilisables aux caissons réutilisables dans plusieurs cas. Les caissons utilisés pour l'alimentation sont toutefois susceptibles d'être contaminés et donc non réutilisables. Les caissons

portatifs comptabilisent 13 % du marché des emballages de transport, qui jouent un rôle essentiel dans la logistique contemporaine.

Rejets d'émondage

Les rejets d'émondage ou d'élagage réfèrent aux déchets de branches, de feuilles, de petites branches et de tout autre matériau végétal qui résultent de la taille des arbres, des arbustes ou des plantes. Ces déchets peuvent être compostés, broyés pour être utilisés comme paillis ou parfois incinérés. Bien que sous-utilisée, la biomasse issue de l'élagage constitue une source d'énergie appropriée qui n'engendre pas de pression supplémentaire sur les terres ni d'impacts néfastes sur l'environnement et la biodiversité.

Référence

Besserer A, Troilo S, Girods P, Rogaume Y, et Brosse N. (2021). Cascading Recycling of Wood Waste: A Review. *Polymers*, 13(11), 1752. <https://doi.org/10.3390/polym13111752>.

Del Borghi, A., Parodi, S., Moreschi, L., et Gallo, M. (2020). Sustainable packaging: an evaluation of crates for food through a life cycle approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 753–766. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01813-w>

Katsanakis, N., Ibn-Mohammed, T., Hamid, M., Jan, G. (2023). Circular economy strategies for life cycle management of returnable transport items. Loughborough University. Journal contribution. <https://hdl.handle.net/2134/24718557.v1>

RECYC-QUÉBEC. (2021). *Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2021-complet.pdf>

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). *Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation*. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec.

Zhang, T., Wen, Z. Fei, F., Kosajan, V., Tan, Y., Xu, M., Ekins, P. (2023). Green transformation strategy of pallet logistics in China based on the life cycle analysis. *Science of The Total Environment*, Volume 903. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166436>

La présence de bois traité, peint, teint, verni, huilé ou contenant de la colle représente une source de contamination de la chaîne de valeur du bois. Pour remédier à cela, il est essentiel de promouvoir l'expansion des écocentres pour la collecte du bois et d'améliorer le tri du bois propre à la source. De même, faciliter le cheminement direct des déchets de bois des générateurs sans passer par des centres de tri peut constituer une bonne pratique. Encourager les entreprises de construction à isoler les résidus de bois propres lors de leurs projets, ainsi qu'isoler les caissons, les palettes et autres résidus de bois pour les protéger des intempéries est également important.

Références

RECYC-QUÉBEC. (2021). *Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2021-complet.pdf>

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). *Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation*. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec.

PORTRAIT DU TRI DE 3E GÉNÉRATION

Les centres de tri de troisième génération sont apparus dans les années 2000 grâce à des méthodes de tri automatisé et des procédés de séparation de pointe. Ces centres ont intégré des équipements sophistiqués tels que les séparateurs aérauliques et balistiques pour mieux trier les matériaux inertes comme le verre, le béton et les métaux, tout en distinguant les objets creux des objets plats. Autrefois réservées aux laboratoires, de nombreuses technologies de tri optique sont désormais intégrées dans les installations industrielles, qui peuvent désormais utiliser différentes technologies comme le proche infrarouge, les rayons X par transmission et par fluorescence, ainsi que le spectre visible . Ces avancées ont conduit à une identification plus précise des matériaux et à une amélioration significative de la qualité du tri, permettant aux centres de tri de traiter plus de 100 000 tonnes métriques par an de bois de CRD.

Exemple d'une installation québécoise de tri de troisième génération :

L'entreprise BRQ Fibre et Broyure Inc. est spécialisée dans le traitement des résidus de bois, et dispose d'une capacité annuelle de traitement pouvant atteindre de 80 000 à 100 000 tonnes de résidus de bois tels que le bois de CRD, les résidus d'émondage, les bois d'écocentres, les palettes de manutention usagées, les bois de calage et les arbres infestés par l'agrile du frêne.

Leur processus de tri combine des méthodes optiques et manuelles ainsi que des techniques de tri positif et négatif. En utilisant ce processus, l'entreprise BRQ Fibre et Broyure parvient à atteindre une efficacité de 96,1 %. Leur système automatisé de conditionnement assure un niveau de pureté des résidus de bois exceptionnellement élevé, répondant ainsi aux normes strictes de certains marchés, notamment celui de la production de granules résidentielles de bois de qualité supérieure.

Références

Jebri, M. (2020). *Essais de fabrication de panneaux de particules à base de bois de CRD et leur inspection par imagerie à ultrasons* (Mémoire de maîtrise en sciences et génie des matériaux lignocellulosiques). Université du Québec à Trois-Rivières.

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). *Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation*. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/04/Faire_Fleche_15fev2017_Web.pdf

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2020). *Stratégie de valorisation de la matière organique*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/organique/strategie-valorisation-matiere-organique.pdf>

NOUVELLE TECHNOLOGIE DE TRI DES DÉCHETS EN BOIS ET EN PLASTIQUE AVEC L'I.A.

Dans le domaine du tri, une technologie développée récemment est une architecture de vision basée sur l'IA pour la séparation de déchets en plastique et en bois, en mettant l'accent sur la reconnaissance et la classification des objets en mouvement.

Un modèle de détection, basé sur YOLO-v8, a été entraîné avec succès pour localiser et segmenter les objets dans les images. Le module de synchronisation coordonne les actions des différents composants du système, tandis que le module de classification multimodale combine les informations des caméras RGB, VIS et NIR pour prédire le type d'objet. Le modèle a été réentraîné sur un ensemble de données personnalisé, appelé ensemble de données de déchets mixtes multispectraux (Multispectral Mixed Waste Datase, MMWD).

L'ensemble de données contient sept types de déchets en plastique et en bois, à savoir le polypropylène (PP), le PET, le LDPE, le polyéthylène haute densité (HDPE), le panneau de fibres de densité moyenne (MDF), les panneaux de particules revêtus de mélamine (MFC), ainsi que des échantillons de placage de chêne.

Résultats :

- Le modèle a atteint une précision de 96 % avec un rappel de prédiction supérieur à 95 % pour la majorité des classes examinées.
- Le modèle a démontré une capacité de généralisation élevée et a atteint une précision globale de 91 % dans la classification des objets.
- Cependant, quelques erreurs de classification ont été observées, notamment des confusions entre les types de plastique et de bois.
- Le modèle multimodal a surpassé les modèles de classification unimodaux dans tous les aspects évalués, montrant sa robustesse et son efficacité dans la reconnaissance des déchets en plastique et en bois.
- L'approche peut être adaptée pour classifier d'autres types de déchets en ajustant les modèles d'apprentissage en profondeur et en générant des ensembles de données personnalisés pour les nouveaux matériaux à classifier

Clinique en environnement

Konstantinidis, F. K., Sifnaios, S., Arvanitakis, G., Tsimiklis, G., Mouroutsos, S. G., Amditis, A. et Gasteratos, A. (2023). Multi-modal sorting in plastic and wood waste streams. *Resources, Conservation and Recycling*, 199, 107244. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107244>

MODES DE GESTION DES PALETTES

Les enjeux liés aux déchets produits à chaque étape du cycle de vie des palettes sont intimement liés à leur mode de gestion. Comprendre et analyser les stratégies de gestion des palettes est crucial dans le contexte de l'économie circulaire pour maximiser leur réparation, leur réemploi et réduire la production de nouvelles unités. Cela permet de minimiser les pertes du système et de prolonger leur durée de vie, réduisant ainsi l'impact environnemental et économique de leur gestion. L'accent est de plus en plus mis sur les modes de gestion en commun comme une avenue à prioriser dans la littérature sur l'économie circulaire des palettes.

Les parties prenantes impliquées dans la gestion des palettes comprennent divers acteurs de la chaîne logistique, tels que les fabricants, les expéditeurs, les distributeurs, les transporteurs et les destinataires finaux. Pour une transition écologique réussie de l'industrie des palettes, il est essentiel d'engager activement les grandes entreprises utilisatrices dans la chaîne d'approvisionnement, en complément des efforts des fabricants de palettes.

Les systèmes de gestion des palettes, qu'ils soient en propriété individuelle, en propriété commune ou en location, sont présentés avec leurs avantages, leurs inconvénients et des pistes d'action dans les fiches suivantes. Ces informations peuvent également être généralisées aux caissons réutilisables, étant donné qu'il s'agit de systèmes de gestion d'articles de transport réutilisables. Dans tous les cas, le choix entre ces différents modes dépend des besoins et des contraintes spécifiques de chaque utilisateur.

Références

CHEP. (2024). *Pourquoi CHEP : Fonctionnement de CHEP*. <https://www.chep.com/ca/fr-ca/node/150131>

Liu, C., Li, X., Liu, Q. (2021). Analysis of an evolutionary game of pallet pooling with participation of third-party platform. *PLoS One*. 22;16(10) DOI : 10.1371/journal.pone.0256923.

Mazeika Bilbao, A. (2011). *Environmental impact analysis of alternative pallet management systems*. [thèse de maîtrise, Rochester Institute of Technology.]. RIT Digital Institutional Repository. <https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6707&context=theses>

Ren, J., Zhao, Q., Liu, B., Chen, C. (2019). Selection of pallet management strategies from the perspective of supply chain cost with Anylogic software. *PLoS ONE* 14(6): e0217995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217995>

Clinique en environnement UDS

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). *Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation*. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/04/Faire_Fleche_15fev2017_Web.pdf

Wu, C.— H.; Tsang, Y.-P.; Lee, C.K.-M. ; Ching,W.-K. (2021). A Blockchain-IoT Platform for the Smart Pallet Pooling Management. *Sensors*, 21(18), 6310. <https://doi.org/10.3390/s21186310>

PALETTES EN PROPRIÉTÉ

Dans le mode de gestion des palettes en propriété, un acteur privé tel qu'un expéditeur ou un distributeur achète des palettes pour un usage exclusif dans son réseau d'expédition. Ces palettes, souvent appelées « palettes blanches », ne sont généralement pas partagées avec d'autres utilisateurs et peuvent être utilisées une seule fois sans plan de réutilisation, ou être conçues pour une réutilisation multiple. Elles varient en taille selon les besoins de transport et sont souvent marquées de divers identifiants visuels, comme le nom de la compagnie. L'entretien, le stockage et l'achat des palettes sont généralement à la charge de l'expéditeur, sauf s'il externalise ces tâches.

Avantages :

- Contrôle accru sur le parc de palettes par les industriels, surtout avec des palettes non standardisées.
- Potentiel de réutilisation multiple avec un système de consigne.
- Besoins de gestion limités grâce à l'achat de palettes neuves ou d'occasion.
- Flexibilité relative sans contraintes externes.
- Potentiel de réduction des coûts à long terme pour les entreprises utilisant régulièrement des palettes.

Inconvénients :

- Incertitude quant à la réutilisation des palettes, pouvant entraîner un gaspillage de ressources et un impact environnemental négatif.
- Risques multiples de fuites du système.
- Gestion complexe avec des fluctuations de la demande et des ressources nécessaires pour la planification et le contrôle.
- Coûts élevés, y compris les coûts de réparation, d'entretien et d'élimination des palettes.
- Variabilité de la qualité des palettes, ce qui peut entraîner des problèmes opérationnels.
- Risque de problèmes d'adaptation aux caractéristiques spécifiques de la marchandise à livrer.
- Les palettes ne sont pas toujours transportées avec les marchandises, entraînant des coûts supplémentaires et des inefficacités logistiques.
- Stockage et entretien des palettes à la charge de l'industriel, sauf s'ils sont externalisés.
- Difficulté à recycler toutes les palettes à la fin de leur cycle.

Pistes d'action :

Clinique en environnement

Pour les industries, commerces et institutions (ICI)

- Instaurer une consigne pour encourager le retour des palettes en bon état, offrant un remboursement à leur restitution.
- Réaffecter de manière optimale les palettes usagées ou leurs composants, privilégiant le recyclage ou la valorisation.
- Protéger les palettes des intempéries en les stockant à l'abri, prolongeant ainsi leur durée de vie.
- Favoriser le réemploi des palettes initialement destinées à un usage unique, en permettant leur récupération par des transporteurs ou recycleurs pour les réintégrer dans le système.
- Orienter les palettes vers les meilleures options de valorisation, privilégiant le recyclage ou la valorisation plutôt que l'élimination.

Pour les municipalités et les MRC:

- Mettre en place une collecte dédiée de palettes pour leur réemploi par les fabricants et les réparateurs.
- Proposer une collecte séparée des palettes dans les écocentres pour leur réorientation vers le réemploi ou le recyclage, en partenariat avec des fabricants pour leur remise en circulation après réparation.
- Diffuser des informations sur les modes de gestion des palettes aux ICI pour les aider à prendre des décisions éclairées.

Références

Ren, J., Zhao, Q., Liu, B., Chen, C. (2019). Selection of pallet management strategies from the perspective of supply chain cost with Anylogic software. *PLoS ONE* 14(6): e0217995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217995>

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). *Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation*. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/04/Faire_Fleche_15fev2017_Web.pdf

Wu, C.— H.; Tsang, Y.-P.; Lee, C.K.-M.; Ching,W.-K. (2021). A Blockchain-IoT Platform for the Smart Pallet Pooling Management. *Sensors*, 21(18), 6310. <https://doi.org/10.3390/s21186310>

PALETTES DE MISE EN COMMUN EN PROPRIÉTÉ

La gestion des palettes de mise en commun en propriété opère comme un système d'échange où chaque palette est détenue soit par un expéditeur, soit par un distributeur, après leur achat direct auprès de fabricants autorisés. Deux types d'échanges fermés sont instaurés : entre l'expéditeur et le distributeur, et entre le distributeur et le destinataire final. Les palettes respectent des spécifications uniformes telles que le modèle, les dimensions, le poids et les identifications visuelles pour faciliter les échanges. Les expéditeurs doivent anticiper une disponibilité suffisante de palettes pour expédier leurs produits et attendre le retour des palettes par les transporteurs. Les palettes vides sont récupérées ultérieurement par le transporteur, et le distributeur ou le destinataire final fournit un bon d'échange ou un chèque palette. En cas de dommages, l'expéditeur est responsable de la réparation ou du remplacement des palettes, souvent en collaboration avec le fabricant.

Exemples de systèmes de mise en commun en propriété :

- La palette EUR/EPAL (08 cm x 120 cm), couramment utilisée en Europe, est conçue pour être réutilisée, réduisant ainsi les déchets industriels. Les palettes reconditionnées doivent être réparées avec des clous estampillés EPAL. Un organisme européen certifie la qualité et les dimensions des palettes afin d'assurer leur échangeabilité.
- Au Canada, le Conseil des palettes du Canada (CPC) avait instauré un programme d'échange de palettes standard (48" x 40"), couleur orange, arrêté en 2015. Il supervisait les spécifications et les règles d'échange, d'inspection et de réparation, utilisant le logiciel CTSWeb, sans posséder les palettes.
- Molson et Labatt ont développé leur propre système d'échange des palettes pour distribuer la bière.

Avantages :

- Meilleur contrôle par les industriels de leur parc de palettes, même non standardisées.
- Potentiel de réutilisation multiple, réduisant les déchets.
- Transport des palettes avec les marchandises pour une logistique efficace.
- Permet de réduire les coûts opérationnels et d'investissement
- Réduction des coûts environnementaux et des ressources matérielles.
- Palettes de haute qualité et standardisées dans un système de mise en commun.

Inconvénients :

Clinique en environnement

- La réutilisation et la réparation peuvent demeurer incertaines en fonction du système d'échange.
- Difficulté à recycler toutes les palettes à la fin de leur cycle.
- Taille ou matériau des palettes peut ne pas convenir au chargement.
- Qualité variable des palettes échangées.
- Coûts de gestion plus élevés si la période d'exploitation est inférieure à 37 mois.

Pistes d'action :

Pour les expéditeurs :

- Instaurer une consigne pour encourager le retour des palettes.
- Rediriger les palettes non réutilisables pour prioriser la réparation ou le recyclage des palettes non réutilisables.
- Mettre en place un système d'échanges efficace avec suivi.
- Protéger les palettes des éléments naturels
- Clarifier le rôle des transporteurs.
- Clarifier les responsabilités de réparation des palettes.
- Effectuer une maintenance préventive

Pour les MRC et les municipalités :

- Sensibiliser les entreprises aux modes de gestion des palettes.
- Informer les gestionnaires d'échanges sur les palettes récupérées pour faciliter leur retour dans le système.

Références

Ren, J., Zhao, Q., Liu, B., Chen, C. (2019). Selection of pallet management strategies from the perspective of supply chain cost with Anylogic software. *PLoS ONE* 14(6): e0217995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217995>

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). *Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation*. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/04/Faire_Fleche_15fev2017_Web.pdf

Wu, C.— H.; Tsang, Y.-P.; Lee, C.K.-M. ; Ching,W.-K. (2021). A Blockchain-IoT Platform for the Smart Pallet Pooling Management. *Sensors*, 21(18), 6310. <https://doi.org/10.3390/s21186310>

PALETTES DE MISE EN COMMUN EN LOCATION

Dans le modèle de location de palettes en commun, un fournisseur propose un service à un expéditeur. Le fournisseur détient les palettes, tandis que l'expéditeur les loue en tant que client. Ces palettes sont achetées par le fournisseur auprès d'un fabricant dédié, puis livrées à l'expéditeur. Après le chargement par l'expéditeur, les palettes sont transférées au distributeur puis aux destinataires finaux par un transporteur, le tout étant suivi par le fournisseur. Selon les termes du contrat, le fournisseur récupère les palettes chez le distributeur ou les destinataires dans un délai convenu, s'occupant de leur collecte, de leur retour et de leur réparation via des centres spécialisés et des partenariats avec des transporteurs agréés. Environ la moitié du coût de location est allouée aux frais de transport, impactant le coût total pour le locataire. Les principaux utilisateurs de ce système proviennent de divers secteurs, notamment l'alimentation, les boissons, la quincaillerie, les articles ménagers, la santé et la beauté. Les fournisseurs veillent à stocker des palettes conformes aux spécifications requises et munies de marques pour identifier leur origine.

Exemples de systèmes de mise en commun en location :

- CHEP gère 160 millions de palettes aux États-Unis, offrant des services de réparation, de réutilisation et de recyclage. Les palettes sont, reconnaissables à leur logo et leur couleur bleue, et sont disponibles en deux tailles. Au Québec, Robert Transport agit comme prestataire logistique pour CHEP. Les résidus de réparation sont traités par des recycleurs et valorisateurs avec qui CHEP collabore, comme Matrec et Krüger. Son efficacité environnementale et ses avantages économiques réduisent les déchets, l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux alternatives à usage unique.

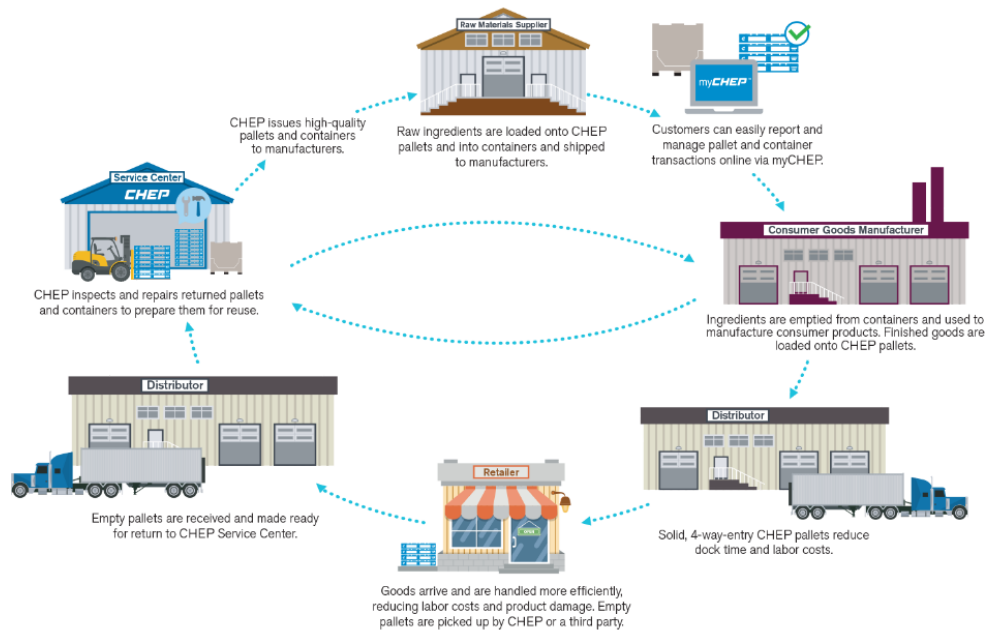


Figure 1 : Modèle de mise en commun de CHEP. (tirée de : CHEP, 2024)

- Le loueur de palettes PECO propose un service de location comprenant la réparation et la réutilisation des palettes. Seulement 0,08 % des palettes sont retirées annuellement, et tous les matériaux des palettes retirées sont recyclés. Les palettes PECO, reconnaissables à leur couleur rouge et au logo de PECO, sont de taille standard.

Avantages :

- Réduction de l'impact environnemental en limitant les déchets et la nécessité d'acheter de nouvelles palettes.
- Économies de coûts à court terme, notamment en évitant l'achat constant de palettes.
- Amélioration de l'efficacité logistique et réduction des retards de livraison.
- Simplification de la gestion financière avec des frais de location clairs et une flexibilité accrue.
- Gestion physique des palettes assurée par les fournisseurs de location.
- Optimisation des ressources grâce à des coûts réduits d'achat, de gestion et de maintenance.
- Possibilité de spécifier la taille, la qualité et le matériau des palettes.
- Services complets de logistique, de recyclage et de maintenance inclus.

Inconvénients :

Clinique en environnement

- Dépendance vis-à-vis des fournisseurs de location pour répondre aux besoins en palettes.
- Nécessité d'une planification précise des rotations de palettes pour éviter des coûts supplémentaires.
- Risques de fuites du système, tels que les erreurs de commande et les vols.
- Coûts à long terme parfois plus élevés que l'achat de palettes, surtout pour des besoins constants.
- Difficulté à recycler toutes les palettes en fin de vie.
- Coûts de gestion et d'entretien potentiellement élevés pour les entreprises de location.
- Risques de qualité variable pouvant affecter la sécurité et la fiabilité du transport.

Pistes d'action :

Pour les loueurs responsables des palettes :

- Installer des technologies de suivi sur les palettes pour améliorer leur traçabilité et faciliter leur récupération à la fin des contrats.
- Mettre en place un système de consignes financières pour encourager les locataires à restituer les palettes, en imposant une pénalité en cas de non-restitution.

Pour les ICI qui louent des palettes :

- Solliciter le loueur pour la récupération des palettes en organisant directement la collecte avec le prestataire.
- Demander au transporteur de reprendre les palettes si le loueur ne peut pas les récupérer, en les rapportant à un centre d'émissions.

Pour les municipalités et les MRC :

- Sensibiliser les ICI aux différentes méthodes de gestion des palettes pour les orienter dans leurs choix.
- Aviser les gestionnaires d'échanges sur les palettes récupérées en communiquant avec eux pour faciliter leur retour dans le système, et contacter les propriétaires des palettes trouvées à l'écocentre pour leur remise en circulation.

Clinique en environnement

CHEP. (2024). Pourquoi CHEP : Fonctionnement de CHEP. <https://www.chep.com/ca/fr-ca/node/150131>

Liu, C., Li, X., Liu, Q. (2021). Analysis of an evolutionary game of pallet pooling with participation of third-party platform. PLoS One. 22;16(10) DOI : 10.1371/journal.pone.0256923.

PECO Pallet. (2024). Durabilité. <https://pecopallet.com/sustainability/>

Mazeika Bilbao, A. (2011). Environmental impact analysis of alternative pallet management systems. [thèse de maîtrise, Rochester Institute of Technology.]. RIT Digital Institutional Repository. <https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6707&context=theses>

Ren, J., Zhao, Q., Liu, B., Chen, C. (2019). Selection of pallet management strategies from the perspective of supply chain cost with Anylogic software. PLoS ONE 14(6): e0217995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217995>

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/04/Faire_Fleche_15fev2017_Web.pdf

PLATEFORME TIERCE DE GESTION DES PALETTES

Certains problèmes de logistique liés à la mise en commun des palettes incluent l'absence d'une plateforme d'information fiable et facile à utiliser, ainsi que la difficulté à concilier la rentabilité opérationnelle et le niveau de service optimal. Les deux fiches qui suivent présentent deux initiatives de plateforme tierce qui peuvent répondre à ces enjeux.

SYSTÈME DE MISE EN COMMUN DE PALETTES AVEC LA PARTICIPATION D'UNE PLATEFORME TIERCE

Le système de mise en commun de palettes avec la participation d'une plateforme tierce (SMCPPPT) est l'un des modes pilotes de partage de palettes en Chine. Il s'agit d'une plateforme d'information tierce (PIT) qui agit comme un intermédiaire reliant les fournisseurs et les demandeurs de palettes pour faciliter la coordination et la gestion efficace des opérations de mise en commun des palettes, contribuant ainsi à la stabilité et à l'évolution dynamique du système.

Fonctionnement :

La PIT offre des services en ligne tels que l'appariement des fournisseurs et des demandeurs, la supervision des transactions et la gestion des retours de palettes. Elle investit initialement dans la plateforme, tandis que les fournisseurs et les demandeurs investissent dans leurs équipements. Pendant la phase opérationnelle, la PIT facture des frais pour ses services et gère les transactions et les opérations de maintenance. Elle établit des mécanismes de pénalité et de bonus pour garantir le bon fonctionnement du système.

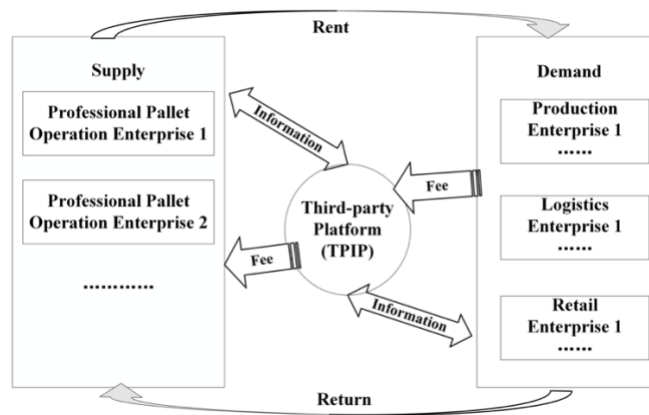


Figure 2 : Diagramme de flux du SMCPPPT (tirée de : Liu, Li et Liu, 2021)

Conditions pour une mise en œuvre réussie :

- Équilibrer les pénalités et les primes pour encourager une coopération harmonieuse.
- Évaluer les avantages du partage de palettes de manière équitable pour attirer les participants.
- Cultiver une forte volonté de coopération entre les parties impliquées.
- Aligner la mise en commun des palettes sur la demande du marché logistique pour assurer sa stabilité.

Références

Liu, C., Li, X., Liu, Q. (2021). Analysis of an evolutionary game of pallet pooling with participation of third-party platform. PLoS One. 22;16(10) DOI: 10.1371/journal.pone.0256923.

MÉCANISME DÉCENTRALISÉ DE GESTION DE PALETTES – PALLET AS A SERVICE (PALLETAAS)

L'approche Pallet as a Service (PalletaaS) est une méthode novatrice de gestion des palettes dans le domaine de la logistique, basée sur la technologie de la blockchain et de l'Internet des objets (Internet of Things, IoT).

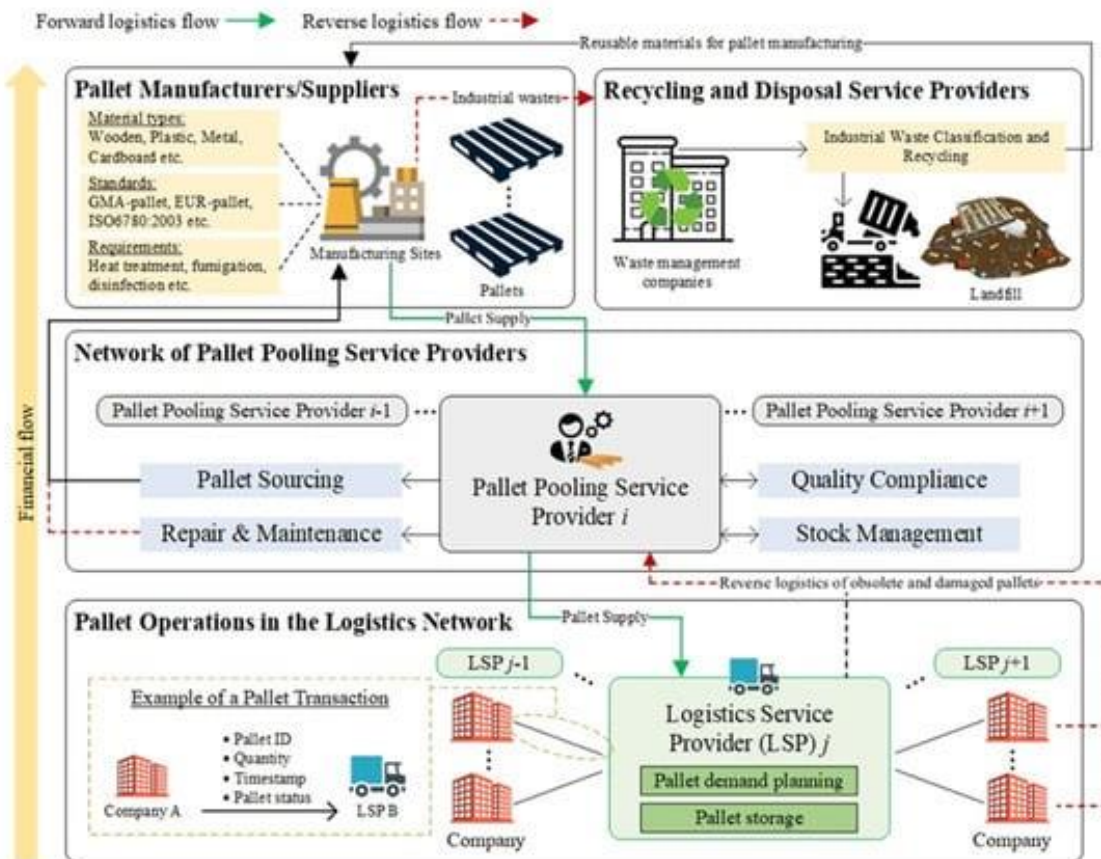


Figure 3 : Schéma du modèle économique de PalletaaS (tirée de : Wu et al., 2021)

Elle utilise une architecture en couches pour une gestion décentralisée des palettes, impliquant différents acteurs tels que les fournisseurs de palettes, les prestataires de services de palettes, les entreprises, les prestataires logistiques et les entreprises de traitement des déchets. Les utilisateurs peuvent accéder aux services de mutualisation de palettes via divers appareils, tandis que les données relatives aux palettes sont gérées de manière stratifiée pour assurer la transparence et la durabilité. L'approche PalletaaS vise à transformer la gestion des palettes en offrant une solution décentralisée, transparente et respectueuse de l'environnement pour le secteur logistique.

Références

Wu, C.-H., Tsang, Y.-P., Lee, C.K.-M. , Ching, W.-K. (2021). A Blockchain-IoT Platform for the Smart Pallet Pooling Management. *Sensors* 2021, 21, 6310. <https://doi.org/10.3390/s21186310>

RÉPARATION DES PALETTES

La réparation des palettes est intimement liée à la réutilisation des palettes afin de rendre le réemploi plus rentable et écologique. Les palettes réparées présentent un impact environnemental réduit par rapport à la fabrication de nouvelles palettes. Les sous-produits issus des centres de réparation sont habituellement employés de manière utile, tels que pour la fabrication de paillis, de litière pour animaux ou comme combustible. Des entreprises de location comme CHEP et PECO utilisent déjà des procédés de réparation de palettes.

Étapes dans les centres de réparation

- 1) Inspection et tri : Dans les centres de réparation, les palettes récupérées sont inspectées et triées pour déterminer les prochaines étapes de traitement. Certaines palettes peuvent être réutilisées telles quelles, sans réparation, et retournées en service.
- 2) Réparation : Les palettes endommagées sont réparées en remplaçant les composants défectueux par de nouvelles planches en bois ou des planches récupérées à partir de palettes démantelées. Le processus de réparation/remise à neuf comprend trois unités de traitement :
 - Le démontage/la préparation des planches,
 - L'assemblage/la réparation des palettes,
 - La peinture/le tamponnage.

Actions à entreprendre :

Pour optimiser les performances environnementales dans le domaine de la réparation et de la remise en état des palettes en bois, plusieurs actions sont envisageables, selon une évaluation du cycle de vie du secteur de la réparation et de la fabrication des palettes en bois aux États-Unis.

- Réduire la consommation d'énergie primaire, notamment en recourant à des sources d'énergie renouvelable et en améliorant l'efficacité énergétique des installations de réparation et de remise en état des palettes (par exemple en réduisant l'usage de chariots élévateurs).
- Minimiser l'utilisation de clous et d'autres matériaux à fort impact environnemental en favorisant des pratiques de réparation plus efficaces afin de prolonger la durée de vie des palettes.
- Diminuer la distance de transport des palettes récupérées vers les installations de réparation et de remise en état en privilégiant des modes de transport moins énergivores.

Clinique en environnement

- Accroître la qualité des palettes réparées et remises en état en optant pour des matériaux durables et en mettant en place des pratiques de réparation plus efficaces pour prolonger leur durée de vie.

Références

Alanya-Rosenbaum, S., Bergman, R., Gething, B. et Mousavi-Avval, S. H. (2022). Life cycle assessment of the wood pallet repair and remanufacturing sector in the United States. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16(5), 1342-1352. <https://doi.org/10.1002/bbb.2379>

CHEP. (2024). Pourquoi CHEP. <https://www.chep.com/ca/fr-ca/pourquoi-chep>

PECO Pallet. (2024). Durabilité. <https://pecopallet.com/sustainability/>

FABRICATION DE PRODUITS COMPOSITES BOIS-PLASTIQUE

Les composites bois-plastique (CBP) sont des matériaux fabriqués à partir de résidus de bois et de plastique recyclé. Ils peuvent prendre différentes formes et dimensions, et sont utilisés principalement en Amérique du Nord pour les terrasses et les garde-corps, et en Europe pour les pièces automobiles. Ils contiennent généralement entre 30 et 65 % de bois souvent recyclé ou récupéré à partir de sciure de bois, de fibres de pâte à papier, mélangé avec du plastique vierge ou recyclé. Il s'agit de matériaux assez récents qui offrent une bonne résistance à l'humidité, une stabilité dimensionnelle et une durabilité extérieure.

Procédé général :

- Séchage du bois jusqu'à un taux d'humidité de 0,5 %, avant utilisation pour éviter la réabsorption d'humidité.
- Broyage du bois en très petites dimensions pour obtenir un matériau similaire à de la pâte.
- Mélange du bois broyé avec du plastique vierge ou recyclé.
- Incorporation d'additifs chimiques pour adaptation du matériau en fonction d'applications particulières.
- Moulage ou extrusion du matériau selon les formes désirées

La fabrication de CBP valorise divers déchets de bois provenant de sources variées, tels que les déchets après consommation, industriels, agricoles et municipaux. Ces composites présentent des propriétés améliorées et sont adaptables à diverses applications en ajustant leur composition. Économiquement, l'utilisation de résidus de bois à faible coût réduit les coûts de fabrication, les rendant attrayants pour certaines applications grâce à leur aspect similaire au bois naturel. Cependant, des défis persistent. Les interactions complexes entre les matériaux et la compatibilité des composants exigent une compréhension approfondie pour optimiser les propriétés des composites. L'évaluation de leur impact environnemental et de leur viabilité économique est également essentielle pour garantir la durabilité à long terme de cette approche.

Références

Basalp, D., Tihminlioglu, F., Sofuoglu, S.C. Inal, F. et Sofuoglu, A. (2020). Utilization of Municipal Plastic and Wood Waste in Industrial Manufacturing of Wood Plastic Composites. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 5419–5430. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00986-7>

Ressources naturelles Canada. (2020). Composites bois-plastique. <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/industrie-commerce-forestiere/demandes-en-produits-forestiers/taxonomie-des-produits-du-bois/composites-bois-plastique/15860>

Clinique en environnement

Teaca, C.-A.; Shahzad, A.; Duceac, I.A.; Tanasa, F. (2023). The Re-/Up-Cycling of Wood Waste in Wood–Polymer Composites (WPCs) for Common Applications. *Polymers*, 2023, 15(16), 3467. <https://doi.org/10.3390/polym15163467>

EXPLORATION DES POSSIBILITÉS DE FABRICATION DE CBP À PARTIR DE POLYMÈRES SYNTHÉTIQUES ET NATURELS

Il existe une grande diversité de composites bois-polymères réalisables, et d'approches et matériaux utilisés pour leur fabrication. Une étude a été menée en 2023 dans le but d'explorer les opportunités de production de CBP à partir de déchets de bois pour des applications courantes. Dans cette étude, différents types de déchets de bois ont été étudiés, notamment la sciure de bois de pin, les aiguilles de sapin et la sciure de bois de hêtre.

Deux approches principales ont été identifiées pour le développement de CBP :

- Utilisation de polymères synthétiques, tels que le PP et le PP maléaté, pour améliorer la compatibilité.
- Utilisation de polymères naturels, comme l'amidon plastifié au glycérol, pour la matrice.

Le niveau de performance des CBP ainsi fabriqués a été évalué en utilisant diverses méthodes de caractérisation telles que la FTIR, la WAXD, la TGA, la DSC, ainsi que des tests mécaniques.

Résultats :

- Une sélection méticuleuse des matériaux et des formulations a permis d'obtenir des composites avec des structures complexes et des propriétés améliorées, notamment une meilleure durabilité et des performances accrues en extérieur.
- L'incorporation de nanoparticules s'est révélée être une stratégie efficace pour améliorer les propriétés des CBP, offrant des avantages tels qu'une résistance mécanique accrue, une retardation de la flamme, une hydrophobicité et une résistance à la dégradation.
- Des composites à forte teneur en bois peuvent être obtenus en utilisant des matériaux tels que le PP, le MAPP, la Cloisite 20A et le bois, adaptés à diverses applications courantes.
- Une réduction de la teneur en argile et en bois a permis d'améliorer la stabilité thermique et la retardation de la flamme des composites.
- L'utilisation d'amidon plastifié au glycérol comme matrice a permis d'obtenir des composites présentant une résistance à l'humidité accrue.

Références

Teaca, C.-A.; Shahzad, A.; Duceac, I.A.; Tanasa, F. (2023). The Re-/Up-Cycling of Wood Waste in Wood-Polymer Composites (WPCs) for Common Applications. *Polymers*, 2023, 15(16), 3467. <https://doi.org/10.3390/polym15163467>

UTILISATION DES DÉCHETS MUNICIPAUX DANS LA FABRICATION INDUSTRIELLE DE CBP

Les déchets de plastique et de bois municipaux peuvent être utilisés dans la fabrication industrielle de composites bois-plastique (CBP). Les déchets encombrants (bulky waste) municipaux comprennent des matériaux tels que les plastiques, les meubles, les matelas, les textiles, les produits de jardin en plastique, les appareils électroménagers, les meubles, les pièces automobiles volumineuses, les arbres, les souches, les palettes en bois et les pneus usagés.

Dans une étude menée en laboratoire et en industrie en 2020, des CBP ont été fabriqués à partir de déchets plastiques et de bois recyclé issu surtout de caissons et de palettes, avec l'ajout de différentes formulations de polypropylène (PP) ou de polyéthylène (PE) recyclés, ainsi que de plastiques vierges et de compatibilisants. La fraction plastique se composait de meubles de jardin en polypropylène (PP) et de produits résiduels de moulage par injection en polyoléfine (PO), qui ont été ensuite traités pour obtenir des grades de plastique de meilleure qualité. Le traitement comprenait la réduction de taille, le lavage et la flottation, l'élimination des fractions métalliques, le broyage et le dépoussiérage. Les déchets de bois provenant de caissons, de palettes, etc., ont été collectés, triés, hachés et réduits à une granulométrie de 50 à 100 mailles (mesh size).

Résultats

- Les propriétés mécaniques des composites CBP recyclés ont été évaluées, révélant des améliorations avec l'ajout de compatibilisants.
- Les analyses de surface ont confirmé une meilleure adhérence entre la matrice polymère et la charge de bois.
- Des produits CBP ont été fabriqués avec succès à l'échelle laboratoire et industrielle, démontrant leur viabilité pour diverses applications.

La production industrielle de ces produits a permis de réduire les coûts de fabrication et l'impact environnemental des déchets plastiques et de bois. Deux entreprises plastiques ont utilisé des composites CBP pour fabriquer des pieds de table et des caissons en utilisant le processus de moulage par injection.

Clinique en environnement

Basalp, D., Tihminlioglu, F., Sofuoglu, S.C. Inal, F. et Sofuoglu, A. (2020). Utilization of Municipal Plastic and Wood Waste in Industrial Manufacturing of Wood Plastic Composites. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 5419–5430. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00986-7>

FABRICATION DE PANNEAUX DE PARTICULES À PARTIR DE BOIS RECYCLÉ

Il est possible de fabriquer des panneaux de particules à partir de bois recyclé. Les exportations vers les États-Unis, qui représentent la part principale des exportations du Canada, devraient croître, soutenues par le secteur de la construction et le taux de change. Le prix du panneau de particules est plus stable que celui du panneau MDF et son coût de fabrication est généralement plus bas au Canada qu'aux États-Unis.

Exemple au Québec :

Matériaux Spécialisés Louiseville (MSL) fabrique divers produits de construction, comme des panneaux acoustiques et d'isolation, en utilisant exclusivement des matériaux recyclés, dont environ 60 % proviennent de déchets de bois post-consommation et 40 % de déchets de bois post-industriels. Ces panneaux sont entièrement recyclables. MSL privilégie l'approvisionnement en déchets de bois post-consommation auprès de BRQ Fibre et Broyure, situé à moins de 40 km de son usine, afin de limiter les transports, réduire les coûts et réduire les émissions de gaz à effet de serre. La collaboration étroite entre MSL et BRQ Fibre et Broyure, fondée sur la qualité des matériaux fournis et la fiabilité de l'approvisionnement, illustre un partenariat réussi dans la région de Trois-Rivières.

Exploration du potentiel des broyats de bois dans la fabrication de panneaux de particules :

Une étude de 2020 à l'UQTR a exploré l'utilisation de broyats de bois pour produire des panneaux de particules, évaluant trois systèmes de résines et utilisant l'imagerie ultrasonore pour détecter les défauts. Les résultats, analysés statistiquement, ont examiné l'impact de la densité, de la résine, de la durée et de la température de pressage sur les propriétés mécaniques et physiques. Le caractère novateur de l'étude réside dans l'emploi exclusif de particules de bois de CRD et la quête des conditions optimales conformes à la norme ANSI-208.1-2016. Les particules de bois ont été obtenues auprès de BRQ. Afin de générer des particules ligneuses de haute qualité dépourvues de corps étrangers, les broyats de BRQ sont obtenus par différentes étapes de traitement qui comprennent :

- 1) Criblage initial et la séparation par densité (utilisant un Air Knife).
- 2) Tri optique et manuel du bois pour éliminer les impuretés.
- 3) Broyage du bois effectué avec un Rotochopper B66.
- 4) Tamisage final des particules avec un Terex Finlay 694+.

Résultats/conclusions :

Clinique en environnement UDS

- Plusieurs facteurs influencent les caractéristiques mécaniques et physiques des panneaux. La densité du panneau est directement liée à la résistance à la flexion, à la rupture et à la dureté. Une densité accrue améliore les propriétés physiques globales. La quantité de résine est cruciale pour les propriétés mécaniques. Plus de résine équivaut souvent à de meilleures performances. La durée et la température de pressage affectent la résistance et la dureté.
- Des recommandations techniques incluent un second broyage pour uniformiser le coefficient d'éclatement des particules pour améliorer les propriétés, une modélisation statistique complémentaire et une détection des défauts par imagerie à ultrasons à grande échelle.
- Les résidus de bois sont prometteurs pour divers produits à haute valeur ajoutée et peuvent être compétitifs dans un marché visant à réduire les coûts et à gérer les ressources durablement. Les CBP offrent des opportunités lucratives, surpassant la cogénération énergétique.

Essais en laboratoire de panneaux de particules à trois couches à partir de palettes recyclées :

Des essais ont été menés en laboratoire pour produire des panneaux de particules à trois couches et évaluer l'impact sur les propriétés physiques, mécaniques et biologiques des panneaux fabriqués à partir de palettes recyclées. Ces panneaux, liés avec de la résine d'uréeformaldéhyde, ont été fabriqués en utilisant des particules de sapin frais et des particules de palettes de sapin recyclées dans différentes proportions de poids : 100:0, 80:20, 50:50 et 0:100.

Étapes de fabrication dans le cadre de la recherche sur l'optimisation des propriétés :

- 1) Préparation des particules de bois :
 - Prétraitement des palettes recyclées pour éliminer les éléments métalliques.
 - Broyage des palettes recyclées avec un broyeur mobile pour obtenir des copeaux
 - Transformation en particules de bois avec une machine de flottage à anneau de couteau.
 - Séchage des particules de la couche centrale à 2 % d'humidité, et celles des couches de surface à 4 %.
- 2) Mélange des particules avec de la résine d'urée-formaldéhyde : Les particules de bois sont mélangées avec de la résine d'urée-formaldéhyde pour former des nattes de particules.
- 3) Pré-pressage à froid des nattes de particules : Les nattes de particules sont pré-pressées à froid à une pression de 1 MPa.

Clinique en environnement

- 4) Pressage à chaud : Les nattes de particules sont ensuite pressées à chaud dans une presse de laboratoire à une température maximale de 240 °C et à une pression maximale de 5,75 MPa, avec un facteur de pressage de 8 s/mm.
- 5) Découpage des panneaux : Les panneaux sont découpés aux dimensions requises.

Résultats :

- **Propriétés d'humidité** : L'incorporation de particules de palettes recyclées n'a pas entraîné de changements significatifs dans les propriétés d'humidité des panneaux.
- **Propriétés mécaniques** : La résistance à la flexion, le module d'élasticité et la liaison interne des panneaux contenant des particules de palettes recyclées ont diminué par rapport aux panneaux de référence, indiquant un impact négatif sur les propriétés mécaniques.
- **Propriétés biologiques** : L'effet des particules de palettes recyclées sur la résistance à la décomposition par le champignon de pourriture brune *Serpula lacrymans* a été négligeable. La présence de particules de palettes recyclées n'a pas influencé la croissance des moisissures sur les panneaux.
- **Densité** : Les panneaux à base de particules de palettes recyclées ont présenté une densité similaire à celle des panneaux commerciaux, suggérant que l'origine des particules n'a pas affecté la densité des panneaux.

Références

Iždinský, J.; Reinprecht, L.; Vidholdová, Z. (2021) Particleboards from Recycled Pallets. *Forests*, 12(1), 1597. <https://doi.org/10.3390/f12111597>

Jebri, M. (2020). Essais de fabrication de panneaux de particules à base de bois de CRD et leur inspection par imagerie à ultrasons (Mémoire de maîtrise en sciences et génie des matériaux lignocellulosiques). Université du Québec à Trois-Rivières.

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). *Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois*. Nature Québec. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/04/Faire_Fleche_15fev2017_Web.pdf

PISTES DE VALORISATION EN AGRICULTURE URBAINE

Le Laboratoire sur l'agriculture urbaine (AU/LAB) a élaboré une fiche ressource sur la valorisation en agriculture urbaine de sources de biomasse forestière urbaine provenant de résidus verts, d'arbres d'élagage, de scieries et d'entreprises de transformation du bois, ainsi que d'arbres de phytoremédiation en agriculture urbaine sur l'île de Montréal. Établir des collaborations avec les intervenants locaux, développer des opportunités valorisantes pour le bois urbain, et élargir les applications de cette ressource dans l'agriculture urbaine représentent des stratégies prometteuses. Trois pistes sont présentées en ce sens.

Références

Koltuk, H., Le Blanc Robichaud, C., Vermette, J.-P. (2023). Fiche Ressource : Valorisons la biomasse forestière en agriculture urbaine. Laboratoire sur l'agriculture urbaine. <https://www.valorisonsmtl.ca/fiche-biomasse-forestiere-au>

CRÉATION DE BOIS D'ŒUVRE ET DE MOBILIER À PARTIR DE BOIS URBAIN

Le bois urbain de Montréal est principalement utilisé pour l'énergie ou la pâte à papier, mais des initiatives visent à le transformer en bois d'œuvre ou mobilier. Les leviers comprennent l'utilisation des copeaux pour la création de bois d'œuvre et le soutien d'entreprises sociales. Les freins incluent le manque d'espaces de stockage et la difficulté de valoriser les arbres urbains en raison de leur diversité.

Initiatives à retenir :

- Le CVBU, une entreprise sociale, collabore avec des propriétaires d'arbres pour valoriser leur bois. Il a conclu un accord avec le SGPMRS de la Ville de Montréal à cet effet.
- Une partie du bois récupéré est destinée à être utilisée par la communauté et des entreprises spécialisées dans la transformation du bois, telles que Bois Public, qui le travaillent pour le réutiliser localement. Avec sa scierie mobile, Bois Public travaille avec des ateliers d'insertion sociale comme le GIT.
- Des initiatives comme « La Réserve » de l'ENME offrent aux étudiants l'accès à des matériaux pour leurs projets, et le bois recyclé par Bois Public est utilisé pour créer des équipements agricoles urbains (bacs à plantes, jardinières et mobilier).
- L'entreprise Ramo explore l'utilisation des saules pour décontaminer les sites pollués et créer des murs antibruits, bénéfiques pour l'agriculture urbaine dans les zones bruyantes.

Références

Koltuk, H., Le Blanc Robichaud, C., Vermette, J.-P. (2023). Fiche Ressource : Valorisons la biomasse forestière en agriculture urbaine. Laboratoire sur l'agriculture urbaine. <https://www.valorisonsmtl.ca/fiche-biomasse-forestiere-au>

COPEAUX DE BOIS POUR ENRICHIR LES SOLS ET LES SUBSTRATS

Les copeaux de bois issus de branches et d'écorces provenant de travaux d'élagage sont largement utilisés en agriculture urbaine pour enrichir les sols et substrats. Ils sont utilisés comme paillis, substrat de culture de champignons, et composant pour créer des sols reconstitués. Les leviers comprennent la diversification des applications et la mise en place de filières locales d'approvisionnement en bois, tandis que les freins incluent l'hétérogénéité des essences et les défis d'application pour les agriculteurs urbains.

Initiatives à retenir :

- Les copeaux de bois, issus du déchetage du bois en petits morceaux, sont largement utilisés localement dans les travaux de verdissement et d'aménagement du parc Frédéric Back à Montréal.
- Les copeaux de bois sont aussi utilisés dans les travaux d'aménagement des arrondissements comme paillis autour des équipements de jeux et comme protection pour les arbres dans les parcs contre les tondeuses et les taille-bordures.
- L'entreprise Ramo à Montréal propose du Bois Raméal Fragmenté (BRF), utilisé comme engrais organique dans des plantations de feuillus et transformé en paillis 100 % feuillu, favorisant ainsi la démarche écologique de la ville.
- Des études agronomiques, réalisées par AU/LAB, ont évalué le potentiel agronomique de divers substrats, dont la fibre et les copeaux de bois de frêne montrant des résultats prometteurs pour l'amélioration de la fertilité des sols reconstitués.

Références

Koltuk, H., Le Blanc Robichaud, C., Vermette, J.-P. (2023). Fiche Ressource : Valorisons la biomasse forestière en agriculture urbaine. Laboratoire sur l'agriculture urbaine. <https://www.valorisonsmtl.ca/fiche-biomasse-forestiere-au>

Cette méthode cherche à générer de la chaleur à partir de déchets de bois par une combustion efficace, offrant une solution durable pour répondre aux besoins énergétiques des serres, en accord avec la stratégie gouvernementale québécoise de doubler la surface des serres d'ici 2025. Les leviers comprennent un approvisionnement local en bois et la comparaison des coûts avec les combustibles fossiles, tandis que les freins incluent la logistique, la rentabilité et les contraintes réglementaires.

Initiatives à retenir :

- La conversion d'un complexe de serres à Granby en utilisant la biomasse démontre la viabilité et les bénéfices écologiques et économiques de cette méthode.
- L'entreprise ONYM à Montréal se spécialise dans la création de sous-produits de pyrolyse à partir de résidus d'élagage urbain, favorisant ainsi la circularité et soutenant les activités agricoles et horticoles en milieu urbain.
- À Québec, l'écoquartier la Cité Verte utilise la biomasse forestière pour le chauffage urbain, en privilégiant les granules de bois pour leur densité énergétique. Malgré leur coût plus élevé, ils nécessitent moins d'espace de stockage et de livraisons, ce qui est avantageux en milieu urbain.
- Une étude d'opportunité à Montréal évalue la possibilité d'utiliser la biomasse forestière pour chauffer une serre, soulignant la nécessité d'une gestion minutieuse de la biomasse, des coûts sous-estimés et des préoccupations environnementales liées à la gestion des cendres.

Références

Koltuk, H., Le Blanc Robichaud, C., Vermette, J.-P. (2023). Fiche Ressource : Valorisons la biomasse forestière en agriculture urbaine. Laboratoire sur l'agriculture urbaine. <https://www.valorisonsmtl.ca/fiche-biomasse-forestiere-au>

RAFFINAGE À LA VAPEUR DE RÉSIDUS DE TAILLE D'ARBRES

Une étude à l'Institut des sciences du bois de l'Université de Hambourg a évalué la valorisation des résidus de taille d'arbres via une bioraffinerie. Les échantillons ont été soumis à un traitement de fractionnement à la vapeur pour produire divers produits. Les résultats prometteurs indiquent une utilisation plus efficace des ressources de biomasse.

Principaux composants du matériau :

L'étude a porté sur des échantillons de trois essences d'arbres principaux (différentes espèces de tilleul, de chêne et d'érable (tilleul, chêne, érable) collectés à Hambourg, Allemagne, en hiver et en été pour tenir compte des variations saisonnières. Les composants principaux du matériau incluent feuilles, bois, écorce, branches, graines, dont les proportions varient selon la saison. Le raffinage à la vapeur des résidus de taille d'arbres pourrait s'adapter à d'autres essences.

Étapes du processus de raffinage à la vapeur :

- 1) Traitement à la vapeur : La biomasse est traitée avec de la vapeur à haute pression et à des températures élevées. L'eau se dissocie et crée un milieu acide dans la structure microporeuse de la biomasse.
- 2) Dépolymérisation des polysaccharides : Les polysaccharides sont dépolymérisés et solubilisés dans l'eau sous forme de mono- et oligomères de pentoses et d'hexoses.
- 3) Déshydratation des hexoses : Les molécules d'hexose sont déshydratées en 5—(hydroxyméthyl)— 2-furaldéhyde (5-HMF) et dégradées en acide formique et acide lévulinique, tandis que les pentoses sont dégradés en furan-2-carbaldéhyde.
- 4) Séparation mécanique du matériau : Une séparation mécanique du matériau est effectuée, soit par une libération soudaine de pression, comme dans le processus d'explosion à la vapeur, soit par raffinage du matériau.

Ces étapes conduisent à la conversion de la biomasse lignocellulosique en fibres, oligosaccharides et divers produits de dégradation. Le rendement en fibres obtenu est d'environ 66 % et le rendement en liqueur de 26 à 30 %.

Résultats et potentiels de valorisation:

Les résultats montrent que les résidus de taille d'arbres ont un potentiel de valorisation intégrale dans une bioraffinerie, pouvant être transformés en d'autres matériaux par le procédé de raffinage à la vapeur. Les types de valorisation sont les suivants :

Clinique en environnement

- **Fibres** : Le processus de raffinage à la vapeur des résidus de taille d'arbres permet d'obtenir des fibres présentant des propriétés adaptées aux applications de produits papetiers. Des tests ont montré que des traitements plus sévères conduisent à une résistance accrue du papier, ce qui indique un fort potentiel pour la production de fibres de haute qualité.
- **Oligosaccharides** : La liqueur riche en oligosaccharides obtenue à partir du processus de raffinage à la vapeur a montré une capacité à former des émulsions stables. Ces émulsions ont démontré une stabilité prometteuse sur une période de 8 semaines, ce qui suggère un potentiel d'utilisation des oligosaccharides dans diverses applications.
- **Biogaz** : Les résidus de taille d'arbres ont révélé un fort potentiel de production de biogaz. Des tests ont mesuré le potentiel de production de biogaz à partir des fractions de rejet potentielles de la cascade de processus et de la liqueur, montrant ainsi une voie de valorisation énergétique des résidus.
- **Compost** : Le compostage des résidus de taille d'arbres offre une valorisation intégrale de ces derniers dans une bioraffinerie. Ces résidus présentent un potentiel élevé pour la production de compost, influencé par leur composition, les conditions de compostage et le processus de dégradation organique. Environ 26 % de la matière organique des résidus peut être dégradée par le compostage, bien que des tests de biostabilité du compost soient nécessaires pour confirmer cette efficacité.

Références

Hagel S, Lüssenhop P, Walk S, Kirjoranta S, Ritter A, Bastidas Jurado CG, Mikkonen KS, Tenkanen M, Körner et Saake B. (2021). Valorization of Urban Street Tree Pruning Residues in Biorefineries by Steam Refining: Conversion Into Fibers, Emulsifiers, and Biogas. *Front. Chem.* 9:779609. doi : 10.3389/fchem.2021.779609

FABRICATION DE BIOCHAR PAR PYROLYSE DE RÉSIDUS DE TAILLE D'ARBRES

Le biochar, résultat de la carbonisation de la biomasse en milieu peu oxygéné, se distingue de la cendre par sa teneur élevée en carbone, variant de 45 % à 85 %. Ses avantages agronomiques incluent une meilleure rétention d'eau, une amélioration des échanges cationiques et de l'activité microbologique, ainsi que la restauration de sols dégradés. Outre sa capacité à séquestrer le carbone atmosphérique, il offre un potentiel énergétique élevé, pouvant être utilisé comme source d'énergie renouvelable ou activé pour devenir du charbon actif. Son utilisation nécessite une régulation pour assurer sa qualité et éliminer les substances toxiques.

Exemples d'institutions québécoises :

- Une usine de fabrication de biochar à Port-Cartier est prévue pour 2024 afin d'exploiter le potentiel de séquestration du carbone. Ce projet de 46,5 millions de dollars a reçu de grandes subventions provinciales et fédérales.
- Le SEREX, un Centre collégial de transfert de technologie, soutient l'innovation au Québec, notamment dans la bioéconomie forestière. Il se concentre sur la pyrolyse, la pyrogazéification et les biocarburants de 2e génération pour diversifier et renforcer l'industrie forestière.
- L'IRDA, en collaboration avec le Centre de recherche industrielle du Québec, a développé un réacteur de pyrolyse à vis verticale qui permet la validation des paramètres du procédé de pyrolyse rapide pour diverses biomasses agricoles. L'IRDA cherche des partenaires intéressés par la collaboration pour le développement des technologies qu'il met au point.

Fabrication de biochar par pyrolyse :

Une étude menée en Pologne a examiné le potentiel énergétique des résidus de taille d'arbres pour produire du biochar de haute qualité par pyrolyse. Les matériaux étudiés comprenaient des résidus de taille d'arbres fruitiers tels que des branches, des troncs, des porte-greffes et des feuilles, provenant de pommiers, de poiriers et de pruniers, contenant des composants typiques du bois tel que l'hémicellulose, la cellulose et la lignine.

Étapes du processus de pyrolyse et des analyses :

- 1) Préparation de l'échantillon de biomasse : Collecte et déchetage des résidus de taille d'arbres fruitiers en morceaux de bois de 3 à 7 cm à l'aide d'une déchiqueteuse, suivis d'un séchage à 80 °C pendant 12 heures.

Clinique en environnement UDS

- 2) Pyrolyse : Réalisée dans un four à moufle électrique avec deux modèles de chauffage (15 °C/min et 100 °C/min) et trois températures finales différentes (400, 500 et 600 °C). La biomasse a été traitée thermiquement dans un réacteur en acier.
- 3) Analyse thermogravimétrique : Évaluation de la décomposition thermique des échantillons de biomasse avec un taux de chauffage de 15 °C/min.
- 4) Analyse élémentaire et proximale : Détermination de la composition élémentaire et de la valeur énergétique supérieure des échantillons.
- 5) Analyse de l'énergie d'activation pseudo : Calcul de l'énergie d'activation pseudo du processus de pyrolyse en incluant l'ordre de réaction et les paramètres cinétiques non isothermes pour déterminer la vitesse de réaction.

Résultats :

- La pyrolyse des résidus de taille a généré du biochar, représentant 30 à 50 % de la biomasse de départ.
- Le type d'arbres étudiés avait moins d'impact que les conditions de processus, comme la vitesse de chauffage et la température finale.
- Les matériaux bruts avaient des caractéristiques similaires en termes de pouvoir calorifique et de teneur en carbone, avec des différences dans la teneur en cendres.
- Le biochar issu du poirier présentait la plus faible teneur en cendres, affectant les rapports énergétiques.
- Une vitesse de chauffage de 15 °C/min et une température finale de 400 °C maximisaient le rendement de production de biochar.
- Pour un biochar avec un pouvoir calorifique et une teneur en carbone élevés, une pyrolyse rapide et des températures finales élevées (100 °C/min et 600 °C) étaient nécessaires.
- Dans ces conditions, le pouvoir calorifique dépassait 30 MJ/kg, avec une teneur en carbone de 80 %.

En bref, la carbonisation des résidus de taille d'arbres offre une solution pratique pour produire un combustible solide de qualité, riche en carbone et à haute valeur calorifique, avec des applications potentielles en tant que charbon actif ou source d'énergie.

Références

Chicoine-McKenzie, R. et Drouin, C-E. (2023). Une usine de biochar à Port-Cartier créera 75 nouveaux emplois. Radio-Canada, ICI Côte-Nord. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1993906/biocharbon-usine-economie-verte-decarbonation>

Clinique en environnement

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement. (2024). Réalisations : Pyrolyse. IRDA. <https://www.irda.qc.ca/fr/realisations/transfert-technologique/pyrolyse/>

Kazimierski, P., Hercel, P., Suchocki, T., Smolinski, J., Pladzyk, A., Kardas, D., Łuczak, J., Januszewicz, K. (2021). Pyrolysis of Pruning Residues from Various Types of Orchards and Pretreatment for Energetic Use of Biochar. *Materials* 2021(14) 2969. <https://doi.org/10.3390/ma14112969>

Marois-Mainguy, O. (2017). Connaissez-vous le biochar ? Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/monteregie/articles/agroenvironnement/Pages/Connaissez_vous_le_biochar.aspx

SEREX. 2024. À Propos. <https://serex.ca/%C3%A0-propos>

TRANSFORMATION DU BOIS EN LITIÈRE POUR ANIMAUX

Il est possible de recycler et revaloriser des résidus de bois pour les transformer en litière pour animaux. Afin de réduire les déchets envoyés aux sites d'enfouissement, l'entreprise PECO enlève et recycle les clous de ses palettes lorsqu'elles sont retirées de la circulation, puis broie le bois de celles-ci pour qu'elles servent de paillis de jardin et de litière pour animaux.

L'entreprise québécoise BRQ Fibre et Broyure Inc., qui se spécialise dans le recyclage et la valorisation de résidus de bois de toute provenance, a créé une litière à partir de résidus de bois recyclé qui offre des avantages significatifs pour réduire les risques de mammite clinique chez les vaches laitières. Cette avancée a été le fruit d'une collaboration avec Biopterre, Innofibre, l'Université du Québec à Trois-Rivières et l'Université de Montréal dans le cadre d'un projet de recherche.

Références

PECO Pallet. (2024). Durabilité. <https://pecopallet.com/sustainability/>

St-Laurent Samuel, A., Deshaies, M.-E., Richard, G. et Escafit, E. (2017). Guide pratique de mise en valeur du bois post-consommation. Réalisé dans le cadre du projet Faire flèche de tout bois. Nature Québec. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/04/Faire_Fleche_15fev2017_Web.pdf