

# CIGI QUALITA MOSIM 2023

## Cadre conceptuel en conception d'un modèle circulaire dans le domaine de la gestion des matières résiduelles : Cas des balayures de rues

BEN DAYA BECHIR et AUDY JEAN-FRANÇOIS

Université du Québec à Trois-Rivières, 3351 Boulevard des Forges, Trois-Rivières G8Z 4M3, Canada  
bechir.ben.daya@uqtr.ca, jean-francois.audy@uqtr.ca

**Résumé** – La gestion plus responsable des matières résiduelles fait de l'économie circulaire un modèle candidat pour cadrer avec certaines exigences d'ordre essentiellement environnementale. En effet, les paradigmes du modèle circulaire considèrent les matières résiduelles comme une ressource potentiellement valorisable plutôt que comme des déchets à enfouir. Cependant, la mise en place d'un modèle circulaire est une problématique complexe sans normes généralisables ou boîte à outils fournissant des cadres applicables aux différents secteurs. Ce travail examine les éléments clés de l'écosystème d'un modèle circulaire et leur déclinaison dans le domaine de la gestion des matières résiduelles avec un cas d'étude. La conception d'un modèle dans ce domaine nécessite un partenariat public-privé qui profite des souplesses réglementaires en vigueur. Toutefois, la mise en œuvre d'un tel modèle reste tributaire de la réceptivité par les partenaires industriels des incitatifs qui étoffent la gouvernance du développement durable en matière de la gestion des matières résiduelles.

**Abstract** – The more responsible management of residual materials makes the circular economy a suitable model for meeting certain essential environmental requirements. Indeed, the paradigms of the circular model consider residual materials as potentially valuable resources rather than waste to be disposed of. However, implementing a circular model is a complex issue without generalizable standards or toolbox that provide applicable frameworks for different sectors. This work examines the key elements of a circular model ecosystem and their implementation in the field of residual materials management for a case study. Designing a model in this field requires a public-private partnership that benefits from existing regulatory flexibility. Nevertheless, the implementation of such a model remains dependent on the receptiveness of industrial partners to the incentives that support the governance of sustainable development in the field of residual materials management.

**Mots clés** - développement durable, écosystème du modèle circulaire, gestion des matières résiduelles, logistique inverse, partenariat public-privé.

**Keywords** – sustainability, circular model ecosystems, waste management, reverse logistics, public-private partnership.

### 1 INTRODUCTION

Le balayage de rue printanier intervient suite aux activités de viabilité hivernale des réseaux routiers. Les balayures s'y rattachant font partie de la gestion des matières résiduelles (GMR) supervisée par les administrations routières régionales et locales. Dans le contexte nord-américain, les balayures de rues collectées pendant la saison printanière sont essentiellement enfouies. Considérant les effets négatifs monétaires et environnementaux de l'enfouissement, la faisabilité technique d'un recyclage et conditionnement des abrasifs récupérés pour un réemploi en viabilité hivernale fut démontrée à l'échelle locale d'un procédé. Une partie des matières résiduelles collectées pourrait ainsi être réemployée en abrasifs via le déploiement d'un modèle d'économie circulaire (MC), diminuant l'enfouissement et d'autant la consommation d'une ressource minérale vierge non renouvelable. Il s'ensuit que la chaîne linéaire actuelle de collecte et de transport des balayures peut se transformer en une chaîne économique circulaire pouvant lier les différents intervenants actuels dans le domaine de collecte et du transport de balayures et des intervenants potentiels pour le recyclage et le conditionnement.

Dans la littérature, plusieurs travaux soulignent la pertinence d'adopter une approche systémique dans l'évaluation des bénéfices du MC, soit en tenant compte des coûts, des options de revalorisation, des réglementations concernant les matières résiduelles, du taux de récupération, de l'utilisation des ressources vierges, du bilan carbone, etc. [Fulconis & Philipp, 2017], [Genovese et al., 2017] et [Winans et al., 2017].

La problématique de la gestion actuelle réservée aux balayures de rues printanières (BRP) a trait, d'une part, à l'insuffisance des espaces d'enfouissement sachant que les quantités

annuelles enfouies sont assez importantes et que l'opération d'enfouissement a un caractère récurrent, et d'autre part, à la consommation abusive des abrasifs (graviers, sables, pierres concassées) qui constituent des ressources non renouvelables et aussi aux émissions de GES qui accompagne notamment le transport des balayures vers les sites d'enfouissement ou le transport des matières vierges vers les sites de conditionnement et de distribution des abrasifs.

Face aux problèmes rattachés au mode de gestion des BRP selon une chaîne linéaire et suite aux différents efforts de recherche afférents à la gestion de matières résiduelles et aux résultats prometteurs de réutilisation des balayures de rue comme abrasifs ou autres matériaux de construction pour les travaux publics, il est judicieux de proposer une chaîne d'approvisionnement selon un MC ou les partenaires peuvent coopérer pour détourner une bonne partie des balayures de rue de l'enfouissement.

Ce travail propose, à ce titre, un cadre décrivant, dans un premier temps, les éléments de l'écosystème du MC, et dans un deuxième temps, la projection de ces éléments sur le domaine de la GMR pour la conception et la mise en œuvre d'un modèle approprié à la gestion des BRP.

Cet article est organisé en trois sections. Dans une première section, les éléments de l'écosystème du MC seront relatés en fonction de la littérature récente, et dans une deuxième section, un cadre conceptuel pour la mise en œuvre d'un projet du MC appliqué au domaine de la GMR sera proposé. La dernière section sera réservée à la conclusion.

### 2 ÉLÉMENTS DE L'ECOSYSTEME DU MC

La chaîne logistique inverse (CLI) est une étape de la métamorphose de la chaîne logistique qui incrémente une

composante à la chaîne logistique directe (CLD) pour atteindre une chaîne à double canal dite chaîne circulaire (en boucle fermée ou/et ouverte) selon un modèle circulaire propre au domaine d'activité. Cette transformation met en cause la stabilité de la CLD qui doit s'articuler d'une façon optimale avec le canal de retour (CLI) pour aboutir au modèle MC. [Gao & Cao, 2020] supposent que la reconfiguration d'un réseau de logistique durable est très impérative dans le monde réel, car de nombreuses entreprises n'ont conçu que leurs CLD en aval sans tenir compte de la CLI. Cependant, « boucler la boucle » n'est pas une tâche simple. En effet, plusieurs éléments entrent en interaction pour la conception et la mise en œuvre d'un MC. C'est ce qu'on appelle l'écosystème qui étoffe tout projet ou activité voulant adopter la circularité.

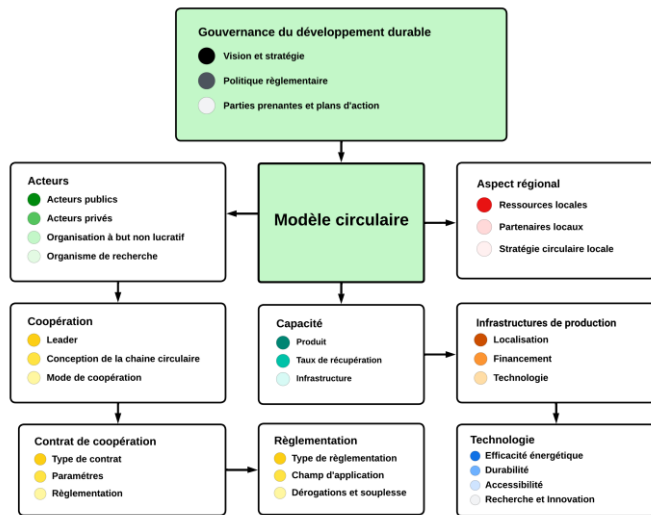


Figure 1 : Éléments de l'écosystème du modèle circulaire

Les éléments fondamentaux de l'écosystème d'un MC en s'inspirant de la littérature sont illustrés par la figure 1 et agrégés dans les quatre thèmes suivants:

- Gouvernance du développement durable
- Acteurs de la chaîne circulaire, coopération et aspects contractuels y afférent
- Capacité de valorisation, localisation et infrastructure technologique
- Innovation et recherche

### 2.1 Gouvernance et stratégies de développement durable

Les pires scénarios sur le changement climatique et les risques de détérioration des écosystèmes et de la qualité de la vie sur la terre poussent la communauté mondiale à adopter des normes impératives notamment sur l'aménagement de l'environnement [ISO, 2023]. Il en découle, au niveau régional, des législations sur le développement durable (DD) qui définissent des stratégies pour gouverner et piloter les projets en relation dont la réduction des GES, la GMR, la qualité de l'eau, de l'air, etc. [Gao & Cao, 2020] considère que l'augmentation des préoccupations liées à la pollution de l'environnement et au gaspillage des ressources pousse les entreprises manufacturières à intégrer la CLI pour la récupération des produits usagés afin de les traiter d'une façon respectueuse de l'environnement.

L'économie circulaire s'appuie sur les principes du DD visant à minimiser l'impact négatif des activités économiques sur l'environnement en promouvant la réutilisation des ressources. Le DD, quant à lui, vise à garantir que les besoins actuels des générations présentes ne compromettent pas la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. L'économie circulaire peut contribuer à atteindre cet objectif

en créant des systèmes économiques durables qui peuvent être maintenus sur le long terme sans compromettre les ressources. La gouvernance du DD repose sur l'élaboration de stratégies et de politiques claires, la participation et l'engagement des parties prenantes, la responsabilité et la transparence, ainsi que l'intégration et la cohérence des politiques et des actions. En intégrant ces éléments, les décideurs peuvent s'assurer que les politiques et les actions en matière de durabilité sont mises en œuvre de manière efficace et durable, et qu'elles sont capables de s'adapter aux changements et aux défis auxquels les systèmes économiques, sociaux et environnementaux sont confrontés. Ainsi, la gouvernance de la durabilité joue un rôle important dans la promotion du MC en définissant les stratégies de DD, les normes et la réglementation pour la gestion des ressources et des déchets. La réglementation est un outil privilégié de gouvernance qui permet d'inciter les entreprises à adopter des pratiques durables en leur imposant des obligations environnementales et en leur incitant à innover. Toutefois, les raisons qui poussent les entreprises à développer des réseaux de logistique inverse sont principalement de trois ordres : la pression concurrentielle, l'intérêt économique et les impositions légales. [Wen-hui et al., 2011] notent que de nombreux pays ont élaboré des réglementations qui obligent les fabricants à être responsables du recyclage de leurs déchets tout en réglementant la coopération partenariale dans le cas où le responsable des déchets soit un acteur public. Il s'en suit ainsi que la réglementation constitue, d'une part, une motivation pour l'intégration de la LI, et d'autres parts, un cadre partenarial de la chaîne logistique à travers plusieurs types de contrats.

### 2.2 Le marché et les acteurs de la chaîne d'approvisionnement

Le marché encadre les activités socio-économiques par sa qualité de conciliation entre offres et demandes entre les acteurs industriels et consommateurs. Le gouvernement et ses collectivités publiques constituent les grands consommateurs du marché à travers la consommation de biens, services et travaux nécessaires pour la gouvernance du service public. Plusieurs acteurs peuvent jouer un rôle important dans le développement du MC, en établissant des politiques (Gouvernements et collectivités publiques), en adoptant des pratiques durables (Entreprises), en sensibilisant le public aux enjeux environnementaux (Organisations Non Gouvernementales (ONG), et collectivités publiques) et en développant de nouvelles technologies (Recherche développement, centres de recherche et universités) pour encourager l'adoption de l'économie circulaire. Les gouvernements peuvent jouer un rôle déterminant dans l'établissement du MC en établissant des politiques et une réglementation pour encourager l'adoption de pratiques durables dans l'industrie, telles que des subventions pour les entreprises respectueuses de l'environnement et des restrictions sur l'utilisation de matériaux nocifs pour l'environnement. Les entreprises peuvent également jouer un rôle important en adoptant des pratiques durables dans la gestion des déchets, en intégrant des technologies propres et des canaux de retours qui favorisent la circularité. L'inventaire des partenaires existants et potentiels est ainsi une phase primordiale pour l'étude des configurations possibles et du pouvoir partenariale qui va caractériser les aspects contractuels de la mise en œuvre du MC.

### 2.3 Réglementation de la coopération partenariale

Dans le contexte de la CLI, l'aspect contractuel est une question cruciale pour assurer la coordination de la chaîne d'approvisionnement selon [Guo et al., 2017]. En effet selon [Min et Zhou, 2002], les liens contractuels aident les entreprises à acquérir des avantages concurrentiels et les motivent à coopérer au sein de la chaîne d'approvisionnement inverse. À ce titre, des types de liens uniques et multiples ont été distingués, en relation avec l'aspect contractuel. Pour le premier cas, il s'agit des contrats établis entre un leader de la chaîne (i.e., celui qui amorce la logistique inverse et influence le type de contrat et ses paramètres), généralement un manufacturier, et ses clients chargés de réaliser les ventes finales, alors que pour le deuxième cas, il s'agit d'un contrat qui peut désigner plusieurs acteurs de la chaîne.

Pour les premiers types de contrats, [Guo et al., 2017] citent le contrat de rachat et de retour, qui est étroitement lié à la CLI et qui est le plus étudié dans la littérature. Pour ces contrats, le vendeur rachètera le produit invendu à l'acheteur avec un remboursement partiel ou total. Le contrat de partage des revenus est également couramment examiné. Le cas typique de ce dernier contrat est celui où le fabricant partagerait une partie des revenus générés par la refabrication avec le détaillant afin d'encourager le détaillant à soutenir le programme.

[Jacobs et Subramanian, 2012] proposent la notion de contrat hybride. Ce contrat stipule de multiples paramètres, comme le niveau de partage de responsabilité et l'objectif de récupération, pour coordonner le lien fournisseur-fabricant de la chaîne d'approvisionnement inverse dans laquelle le fournisseur et le fabricant sont responsables de la collecte et du recyclage. D'autres types de contrats hybrides sont présents dans la littérature notamment ceux désignés pour coordonner la chaîne lorsque le fabricant interagit avec deux détaillants concurrents pour collecter des biens post-consommation tels que proposés par [Savaskan et Van Wassenhove 2006]. [Chen et al. 2006] intègrent les décisions d'un contrat de rachat et de retour et d'un contrat de partage des risques dans un nouveau mécanisme afin d'optimiser l'interaction entre le fabricant et le détaillant. La performance de ces contrats hybrides, selon les derniers auteurs, comble l'insuffisance des contrats à paramètre unique dans la coordination inverse de la chaîne d'approvisionnement.

En revanche, les liens multiples désignent les CLI qui comprennent le détaillant, le fabricant et un collecteur tiers. Il s'agit de l'utilisation des mêmes contrats pour coordonner plusieurs liens en logistique inverse. [Choi et al. 2013] examinent les performances différentes d'un contrat tarifaire entre deux parties et d'un contrat de partage des revenus et des coûts qui peuvent aligner simultanément les incitations dans le lien détaillant-fabricant et le lien fabricant-collecteur tiers. Beaucoup de travaux examinent l'articulation des différents contrats pour coordonner différents maillons de la CLI. [Govindan et Popiuc 2014] examinent un cas exceptionnel comprenant à la fois les situations de lien unique et de liens multiples dans la CLI. Il est à noter que pour les types de contrats uniques ou multiples, la notion de leader est d'une importance majeure à cause de son influence dans la détermination des paramètres contractuels.

[Heydari et al., 2020] étudient une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux avec un produit et deux membres, dont un fabricant et un détaillant sous demande stochastique. Dans le cadre d'un contrat de flexibilité de quantité, le détaillant est autorisé à mettre à jour sa commande principale à la fois à la baisse et à la hausse selon des limites convenues pour partager les risques de surstockage et de surproduction entre les deux membres du canal. De cette façon, le détaillant s'engage à

acheter un montant minimum tandis que le fabricant s'engage à fournir un montant supplémentaire si nécessaire. La question qui se pose ici est la fixation des limites de flexibilité du contrat. [Beheshti et al., 2022] examinent un modèle d'une chaîne logistique à boucle fermée à trois niveaux, comprenant une société commerciale située dans les zones urbaines, une usine de production située dans les zones périurbaines et un collecteur de déchets alimentaires pour les fins de recyclage. Pour coordonner le canal, un contrat de flexibilité quantitative est appliqué. Les résultats des modèles développés aident les gestionnaires de la chaîne d'approvisionnement alimentaire à trouver des solutions rentables pour coopérer avec d'autres membres de la chaîne d'approvisionnement.

#### *2.4 Technologie, capacité et localisation des infrastructures de production*

La technologie est un élément clé de l'écosystème du MC en favorisant l'innovation technologique, le suivi et le contrôle des flux de matières et d'énergie, la digitalisation et l'automatisation pour une utilisation plus efficace et durable des ressources. Toutefois, l'investissement dans les technologies propres à un coût parfois exorbitant. Il s'ensuit que le coût est un facteur important dans le MC car les investissements initiaux peuvent être plus coûteux, mais peuvent être rentabilisés à long terme grâce à des coûts réduits liés à la gestion des déchets, à la consommation d'énergie et aux matières premières. Toutefois, des formes de subventions fiscales ou financières sont parfois associées aux investissements s'inscrivant dans le cadre du DD. Les investissements, en plus de leur coût de réalisation, nécessitent des décisions stratégiques de localisation géographique pour l'articulation optimale de la CLI.

L'étape la plus importante du processus de la CLI selon [Lambert et Riopel, 2005] est le traitement qui comporte trois activités : l'inspection détaillée du flux retourné, la gestion des stocks et finalement le choix du traitement ou la valorisation des flux inverses. Parmi une multitude de techniques de valorisation, les auteurs ont cité :

- Le réemploi ou la réutilisation après vérification et nettoyage éventuel, le produit est réemployé pour un usage analogue à celui de son premier emploi;
- La réutilisation lorsqu'un produit ou un déchet est employé pour un usage différent de celui de son premier emploi;
- Le recyclage pour la réintroduction directe d'un matériau dans son propre cycle de production, en remplacement total ou partiel d'une matière première neuve.

Cependant, l'intégration de nouveaux procédés industriels nécessite le choix des technologies appropriées en tenant compte des capacités de produits à traiter et leur évolution à moyen et long terme. Selon [Gao & Cao, 2020], de nombreuses entreprises sont confrontées à un problème qui consiste à mettre en œuvre la récupération des produits usagés dans leurs réseaux logistiques existants. Selon [Gao & Cao, 2020], il est nécessaire, dans certains cas, de convertir les installations existantes en installations de traitement hybrides. Cependant, le contrôle préalable des flux de retour et les opérations de triage de masse nécessitent généralement l'intégration de nouvelles technologies sophistiquées pour classer automatiquement les produits retournés.

En outre, l'une des décisions stratégiques les plus importantes lors de la configuration d'un MC est le choix des lieux d'installation des infrastructures industrielles et de distribution ou de collecte. Ce choix est tributaire des partenaires, des lieux de distribution du produit, et d'autres contraintes réglementaires ou d'ordre économique. [Y. G. Kim & Chung,

2022] proposent des approches d'analyse par les scénarios pour déterminer la relation entre le niveau des facteurs de relocalisation et la refonte de la chaîne d'approvisionnement. [Salehi-Amiri et al., 2021] ont conçu un MC pour l'industrie de la noix afin d'augmenter l'efficacité totale en flux aller et retour tout en diminuant les coûts totaux. Le modèle MPLI est conçu pour décider stratégiquement du nombre d'installations ouvertes tout en réduisant la logistique et les autres coûts associés dans un MC.

### 2.5 L'aspect régional

L'aspect régional est très important pour la mise en place des projets MC. En effet, la mise en œuvre d'un tel projet peut être facilitée par l'utilisation de ressources locales et la création de systèmes locaux de production et de consommation. En outre, les politiques locales peuvent jouer un rôle clé dans la promotion et la mise en œuvre des MC en apportant une aide financière et en encourageant les initiatives locales. Les défis en implémentation des MC ont trait notamment au manque de sensibilisation, au déficit de compétences et aussi au cadre réglementaire et d'objectif politique non coordonné et de même au manque d'approche systémique et de perspective du cycle de vie pour l'adoption de stratégies circulaires dans la phase de conception.

Les projets MC ont un aspect régional dans la plupart des cas et sont essentiellement collaboratifs et peuvent nécessiter des collaborations élargies public-privé-ONG. Ces projets d'envergure intègrent des pratiques contractuelles compliquées pour leur mise en œuvre et impliquent généralement une dimension technologique non classique pour le traitement du produit retourné. Pour cela, l'aspect régional joue un rôle moteur pour les projets de grande envergure liés notamment à la cause environnementale. En effet, « les choix que font les villes dans l'approvisionnement, le traitement et l'utilisation des ressources ont des implications considérables sur le niveau de durabilité qui est possible à l'avenir » [PENU, 2012].

En outre, les villes et les zones urbaines ont un rôle reconnu et essentiel à jouer en tant que lieu où vit la majorité de la population et où 60 à 80 % des ressources naturelles sont consommées, 50 % des déchets mondiaux et 75 % des émissions de GES sont produits. En 2016, à titre d'exemple, le gouvernement belge a lancé le programme régional pour une Économie circulaire 2016-2020 à la ville de Brussels. Ce programme est piloté dans le cadre d'une « stratégie intégrée englobant des mesures couvrant à la fois des sujets transversaux, de gouvernance, territoriaux et sectoriels pour fournir des modèles circulaires au niveau de la ville » reconnue comme « la première initiative ascendante de cette taille. Ce programme vise à transformer les objectifs environnementaux en opportunités économiques, à relocaliser une partie de l'économie à l'intérieur des frontières de la région et à créer de nouveaux emplois » [PREC, 2022].

### 2.6 Paramètres de configuration du MC

Pour réglementer la coopération entre les partenaires d'une CLI, l'aspect contractuel et les paramètres de sa configuration ont suscité l'intérêt des chercheurs. À travers une modélisation essentiellement multiobjective, les chercheurs ont visé l'optimisation des paramètres du MC. La fonction objectif touche, dans les meilleurs des approches de modélisation, tous les aspects de la soutenabilité alors que les variables de décision touchent, selon les travaux explorés, totalement ou partiellement les niveaux du système décisionnel stratégique, tactique et opérationnel.

Les aspects les plus discutés concernent certaines variables de décision en relation avec la stabilisation de la chaîne d'approvisionnement notamment à cause des perturbations du marché induit par la CLI. La valeur seuil de rejet des déchets, les coûts de fabrication et de refabrication, l'importance du flux de retour et des coûts inhérents ainsi que la gestion du stock et les incertitudes de la demande étaient parmi les points étudiés par les chercheurs.

[Gao and Cao, 2020] ont proposé un modèle d'optimisation basé sur des scénarios multiobjectifs pour maximiser les bénéfices et les opportunités d'emplois attendus et minimiser les émissions de GES. Par l'arbitrage entre trois fonctions objectives, les auteurs ont conclu que la valeur seuil de rejet a une grande influence sur le profit monétaire, les émissions de GES et les opportunités d'emploi créées. En conséquence, les décideurs doivent être attentifs à considérer la valeur seuil d'élimination pour bien calibrer les paramètres contractuels lors de la refonte de la CLI durable. [Ullah et al., 2021] ont développé une politique optimale d'inventaire et de conception d'une CLI pour un MC multiniveaux sous demande stochastique. Les résultats ont confirmé que le coût de fabrication, le coût de refabrication et le coût de commande du détaillant étaient les paramètres les plus importants dans les MC. Les activités de reprise et de reconditionnement des produits créent une incertitude d'approvisionnement dans la chaîne logistique en raison de retours incertains qui, à leur tour, entraînent des quantités de production incertaines. De leur part [Fu et al., 2021] ont développé un MC traitant des produits hétérogènes faisant face à des demandes de marché différentes. La taille du marché de la chaîne en aval, les coûts des matières premières dans la chaîne en aval et la LI ont un impact sur la demande, les prix d'équilibre et les bénéfices totaux du réseau d'approvisionnement circulaire.

[J. Kim et al., 2018] ont développé un modèle d'optimisation pour faire face à l'incertitude des produits recyclés et à la demande des clients. Les auteurs notent que dans un MC, la planification de la production est influencée par l'incertitude non seulement de la demande des clients, mais aussi des collecteurs en raison d'insuffisance des flux de la CLI. Dans la même veine [Govindan et al., 2015] considèrent que les quantités retournées seront critiques pour construire une chaîne d'approvisionnement inverse rentable. En outre, ils considèrent que le prix, la demande et les coûts sont des paramètres importants qui sont considérés comme incertains dans la plupart des études menées. Toutefois, d'autres paramètres influents qui sont qualifiés d'incertains notamment le taux de retour des produits usagés, les délais de production, la qualité des produits de retour, le délai de réception des produits de retour, la volonté des clients de retourner le produit usagé, et divers autres risques du canal de retour, ce qui décrit bien la complexité de l'écosystème du MC.

[Cannella et al., 2016], en analysant la dynamique des stocks et des flux de commandes dans les MC, considèrent que le flux inverse de matériaux entrant dans le système à des fins de recyclage complique la manière dont les stocks doivent être gérés et les politiques de réapprovisionnement. Les auteurs analysent les relations entre certains facteurs de la CLI (e.g., délai de refabrication, taux de retour des produits recyclés, politique de commande inverse et nombre de niveaux de la chaîne d'approvisionnement) sur l'amplification de la variance des commandes et des stocks.

Tous les aspects considérés par ces travaux influencent la conception du MC, les relations contractuelles qui relient les partenaires d'affaires et les modèles d'affaires de chacun d'eux.

L'émergence de la CLI en tant qu'opportunité, que contrainte commerciale ou environnementale nécessite son intégration dans la chaîne logistique globale de l'entreprise d'une façon optimale. Malgré que la notion de la CLI avait reçu une importance remarquable au niveau de la recherche durant les trois dernières décennies, leurs configurations et implications systémiques dans les réseaux de création de valeur demeure insuffisamment étudiées. La complexité et les implications décisionnelles stratégiques, tactiques et opérationnelles de la CLI reste un champ de recherche promoteur et d'actualité qui attire l'attention des universitaires et des praticiens selon [Govindan et al., 2015].

### 2.7 Insuffisances de recherche constatées

Afin d'identifier les composants de l'écosystème du MC, nous nous sommes appuyés sur la littérature existante. Dans ce but, nous avons choisi des articles significatifs à examiner, y compris des revues couvrant diverses périodes et régions pour assurer une représentativité équilibrée. De plus, nous avons exploré les listes bibliographiques des articles choisis pour repérer d'autres études pertinentes. Cette analyse nous a permis de construire une base solide pour nos suggestions et de garantir leur adéquation avec les recherches et les progrès actuels. Les lacunes constatées, au niveau de la littérature, s'articulent autour des points suivants:

- Rareté de l'analyse des MC dans leur manifestation globale et manque de modèles circulaires basés principalement sur des motivations environnementales,
- Insuffisance des travaux qui considèrent tous les aspects de la durabilité et portée limitée des variables de décision
- La gestion durable des déchets, le reconditionnement des produits et la conservation des ressources constituent un vaste domaine de recherche insuffisamment exploré.

[Govindan and Soleimani, 2017] considèrent que l'une des principales opportunités de recherche est de se concentrer sur la question importante : comment boucler la boucle d'une chaîne d'approvisionnement? En d'autres termes, comment reconfigurer la chaîne logistique en considérant la CLI. Ils notent, en outre, que la tâche de développer la CLI pour atteindre un MC dans les industries développées et en développement est considérée comme un besoin vital et sociétal.

[Georgiadis et Besiou, 2010] et [Wang et al., 2011] suggèrent la nécessité d'introduire de nouvelles variables de décision basée sur de nouvelles exigences. Il s'agit, selon [Hernández et al., 2011], des variables de décision environnementales ou des variables de décision d'analyse de la qualité ainsi que les variables de décision liées au transport. [Giri et al., 2017] suggèrent l'étude de la corrélation entre la demande aléatoire et la performance des acteurs du MC, alors que [Chen et al., 2019] notent l'insuffisance de la littérature traitant de l'impact des activités à double canal sur la conception du réseau circulaire pour le reconditionnement.

[Islam & Huda, 2018] suggèrent le développement holistique des systèmes de la CLI et du MC pour les déchets en considérant l'intégration des concepts de durabilité et d'économie circulaire comme étant le vaste domaine de recherche futur qui peut mener à la gestion durable des déchets, la conservation des ressources, la récupération des matériaux et l'atténuation de l'impact environnemental. [Kim & Chung, 2022] suggèrent d'étendre les recherches à la restructuration des emplacements des installations de la chaîne d'approvisionnement au vu de la structure globale du réseau de la chaîne d'approvisionnement.

Au vu de la revue présentée et des insuffisances constatées, on propose par cet article de présenter un cadre conceptuel d'un MC applicable au domaine de la gestion de la matière résiduelle et plus précisément des BRP. Le modèle présenté se base sur les éléments d'écosystème développés dans la présente section et il est contextualisé en conformité avec la réglementation et les stratégies de DD en vigueur. Un scénario générique est proposé et les conséquences contractuelles pour sa mise en œuvre sont discutées dans le cadre réglementaire en vigueur au Québec.

Nos contributions principales peuvent se résumer comme suit:

- Analyse approfondie de la littérature existante pour identifier les éléments clés de l'écosystème pouvant soutenir la transformation vers la circularité dans la chaîne logistique.;
- Revue juridique ciblée pour évaluer comment les entités publiques responsables de la GMR peuvent contribuer à l'établissement d'un MC en tirant parti des avantages offerts par les stratégies de gouvernance du DD, tels que les subventions, les investissements en infrastructures et les flexibilités contractuelles;
- Proposition d'un MC spécifique basé sur des motivations environnementales, qui implique des entités publiques et privées, et présente des options contractuelles encadrées par les marchés publics et les plans stratégiques de DD;
- Renforcement du modèle proposé par des recherches expérimentales et un exemple empirique qui démontrent la faisabilité technique du processus de traitement proposé au sein de la chaîne circulaire et ses effets positifs, notamment sur le plan environnemental.

### 3 ÉLÉMENTS POUR CONCEVOIR UN MC ADAPTE AU DOMAINE DE LA GMR DE BRP

Le MC, comme présenté, vise à remplacer le modèle linéaire traditionnel "produire-utiliser-jeter" par un modèle où les ressources sont conservées et réutilisées de manière optimale. Dans le contexte de la gestion des BRP, le MC peut être mis en œuvre en adoptant une approche qui vise à valoriser et recycler des matières résiduelles collectées, plutôt qu'à les enfouir. Ce modèle permet la préservation des ressources naturelles en évitant l'extraction de nouvelles ressources et aussi la réduction des émissions de GES en évitant partiellement la logistique d'enfouissement et d'approvisionnement. Ces objectifs cadrent avec les principes du DD et font de la GMR un projet de DD.

Pour confectionner un MC dans le domaine de la GMR de BRP, on s'inspire des éléments constitutifs de l'écosystème du MC présenté dans la Section 2. Ainsi, un MC peut impliquer la réduction de la quantité de déchets produits en promouvant leur valorisation par la mise en place d'un système de collecte et de traitement efficace nécessitant la coopération entre les différents acteurs impliqués dans les balayages de rue pour gérer les déchets de manière responsable et durable. Notre cadre renferme un protocole de mise en œuvre qui considère, d'une part, les éléments de l'écosystème du MC et, d'autre part, spécifie les interactions entre ces éléments tout en contextualisant le domaine d'application avec le type de coopération en présence d'un leader public.

La figure 2 présente les éléments de l'écosystème à mettre en interaction pour confectionner un modèle dans le domaine concerné. Les outils et les disciplines requis pour confectionner ce MC seront relatés lors de la présentation des éléments concernés.



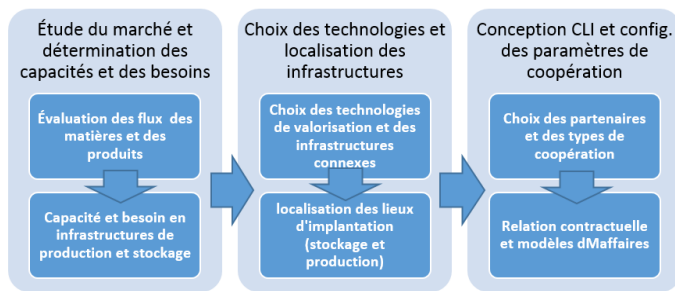


Figure 2 : Éléments pour la conception du MC

### 3.1 Étude du marché

Cette étude est indispensable pour évaluer la faisabilité du modèle pour le domaine concerné. Elle englobe les flux de balayures collectées comme intrant et les flux extrants de produits selon les alternatives et les proportions de valorisation prévues ainsi que les besoins du marché pour ces produits. Le résultat de cette étude quantitative permet de fixer la capacité de production à prévoir en tenant compte de son aspect évolutif. Le domaine de la gestion des opérations permet de définir les outils nécessaires pour évaluer la capacité de production, les alternatives de gestion de stock, les besoins matériels et les plans de production à court, moyen et long terme. En effet, il est important d'analyser les sources et les types des balayures collectées dans une région donnée afin de déterminer les opportunités de recyclage et de réutilisation des matières traitées en considérant les contraintes environnementales et fonctionnelles de la réutilisation. Comme démontré dans l'étude de [Bouchard et al. 2021], il existe en effet un fort potentiel empirique de valorisation des BRP à la suite d'un conditionnement suivi d'une caractérisation chimique pour déterminer les usages autorisés. En effet, jusqu'à 42.7% des BRP pourraient être retournés en abrasif d'hiver et jusqu'à 92.1% des BRP pourraient être utilisés en matériaux de construction ou de réparation routière. Conséquemment, seulement 7.9% des BRP, ne pouvant satisfaire les critères pour être valorisés, devraient être enfouis. À l'échelle du Québec, les flux de BRP à traiter devraient être de l'ordre de 100 000 tonnes par an pour le réseau du ministère des Transport du Québec, soit environ 5% de la quantité épanchée annuellement en moyenne. Selon la capacité qui cadre avec la quantité collectée à l'échelle d'une région et en fonction des options de traitement, les capacités de stockage de produits relatif à chaque lieu déterminé dans la LI envisagé seront à déterminer.

### 3.2 Technologie, infrastructure et localisation

Une infrastructure adéquate pour la collecte, le tri et le traitement des BRP est nécessaire pour faciliter l'implémentation d'un MC en fonction de la capacité de traitement envisagée. La faisabilité technique du recyclage et conditionnement des abrasifs récupérés pour un réemploi en viabilité hivernale ou pour réutilisation dans d'autres domaines fut démontrée à l'échelle locale d'un procédé, e.g., par un tamisage de cette matière résiduelle. Un tamiseur rotatif (électrique ou à moteur diesel) mobile ou non sont des choix à déterminer en fonction des utilisations alternatives ou sur plusieurs sites ou bien pour d'autres considérations à spécifier. Sachant qu'un tamiseur standard peut atteindre la capacité de 10 tonnes par heure, ceci permet de déterminer les besoins matériels de traitement et la technologie qui satisfait à la capacité escomptée. L'implémentation industrielle du recyclage se manifeste par l'établissement et l'exploitation des installations d'élimination de matières résiduelles comme les

dépôts et les lieux d'élimination de neige et aussi les installations de valorisation de matières résiduelles par les procédés de triage et conditionnement en plus de toute activité de stockage et de traitement de telles matières aux fins de leur valorisation. La localisation de ces infrastructures et la sélection des installations à mettre en place est une décision stratégique qui dépend de la capacité à installer pour satisfaire le traitement du flux des déchets envisagés. Le projet peut nécessiter la transformation ou la création de terrain et installations de traitement selon les conditions logistiques optimales. Les outils et modèles d'optimisation de la localisation sont à considérer dans la boîte à outils pour décider des lieux d'implantation des infrastructures de production. Le choix technologique et de localisation obéit, en outre, aux exigences environnementales de limitation de GES lors des choix logistiques et des énergies à consommer.

### 3.3 Articulation de la CLI et conséquences contractuelles

Pour concevoir un MC par l'intégration de la CLI, la première phase consiste à sélectionner les acteurs qui peuvent servir de maillon à la chaîne d'approvisionnement. Ces acteurs peuvent être des entités actives ou à créer selon des configurations qui cadrent avec leur mission dans le modèle envisagé.

Pour le cas visé par cette étude, les acteurs peuvent concerner les corps de métiers ouvrants dans les domaines de balayage et du transport ainsi que les acteurs potentiels selon la nature des activités à intégrer dans la CLI notamment les activités de traitement des balayures (tri, conditionnement et fabrication). Pour les activités où l'administration publique joue le rôle de leader, l'implémentation du MC est lié impérativement aux marchés publics où la sélection des acteurs obéit aux règles de la concurrence.

On peut supposer, dans le cas d'un MC, que les marchés concernent, en plus du balayage, l'activité de traitement et conditionnement des balayures. Dans ce dernier cas, le marché peut être conçu par lot de services avec la possibilité qu'un soumissionnaire participe pour plusieurs lots à la fois ou bien qu'un groupement d'intérêt économique ou groupement de personnes (i.e., avec plusieurs acteurs chacun dans son corps de métier) participe pour tous les lots ensemble. On peut, selon le cas, envisager, à titre indicatif, les dispositions qui règlementent le marché :

- En cas de participant unique pour chaque lot : tous les participants sont gérés par le cahier de charge chacun pour les dispositions qui lui concerne. Les dispositions éventuelles de partage de risques n'exposent que le leader face à un participant pour un lot bien déterminé.
- Si le soumissionnaire est un GP pour certains lots : le leader applique au GP les dispositions relatives aux lots concernés comme s'il s'agit d'un seul participant, mais l'ensemble des participants sont solidaires vis-à-vis de toutes les dispositions de responsabilités mentionnées dans le cahier des charges. Un contrat de coopération entre les participants au GP peut avoir lieu pour gérer certains intérêts ou charges communs. Ce dernier contrat peut prendre différents types sans toucher aux relations avec le leader entité publique.

Les questions qui peuvent se poser lorsqu'il s'agit d'un marché de recyclage des balayures ont trait à :

- Durée du contrat, notamment pour l'activité de recyclage;
- Disposition des investissements de traitement;
- Localisation des lieux d'exploitation;
- Portée de l'activité de recyclage des BRP et conditions d'acceptation du produit (e.g., prix, quantité);

- Exigences règlementaires d'ordre environnementales et fonctionnelles à respecter;
- Processus de contrôle des conditions de traitement, des lieux, du matériel et de conditionnement.

La réponse à ses différentes questions fera la loi des parties dans ces types de marchés. Toutefois, la relation entre les différents acteurs d'un GP pour un lot intégré nécessite un modèle de coopération sous forme de contrat de gestion de marché pour répartir équitablement les bénéfices, les charges et les risques éventuels. Ce modèle tel qu'expliqué peut interférer avec de nouveaux acteurs et administrations hors du champ de compétences du marché. Ce cas est présenté dans le modèle générique illustré par la figure 3. Au titre de ce modèle, une municipalité régionale considérée comme leader du fait de sa responsabilité de gérer les matières résiduelles est tenue de gérer un partenariat avec plusieurs acteurs. La manifestation contractuelle de ce partenariat suppose le lancement de marchés publics à court, moyens et longs termes pour gérer, d'une part, la collecte avec éventuellement des sous-traitants de service de balayage concurrents, et d'autre part, le traitement et conditionnement des abrasifs. Des ententes de collaboration avec les entités publiques non impliquées régionalement dans la gestion GMR, mais qui sont impliqués dans les marchés de balayures de rue pour les réseaux routiers sous leur tutelle dont essentiellement le MTQ. Ces collaborations concernent essentiellement le dépôt des balayures collectées par les sous-traitants du MTQ chez le sous-traitant chargé du traitement et conditionnement des abrasifs au lieu de l'enfouissement de ces matériaux. La chaîne circulaire conçue implique ainsi deux administrations publiques, un sous-traitant pour recycler les balayures et plusieurs transporteurs et collecteurs de balayures. Les transporteurs peuvent déplacer les déchets pour l'enfouissement ou bien transporter les matériaux vierges pour mélange et conditionnement ou bien les abrasifs pour distributions aux sites d'entretien hivernal.

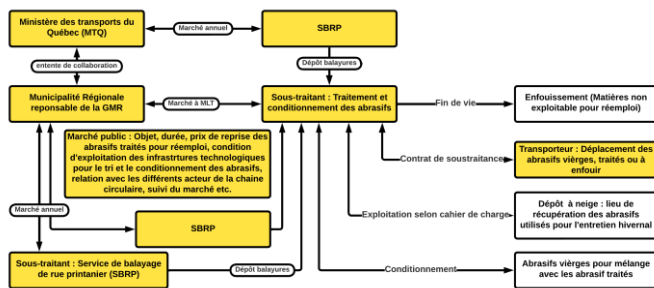


Figure 3 : Modèle générique d'EC pour l'activité de BRP

La réglementation en vigueur dans la juridiction du MC (Québec) permet de répondre aux différentes questions liées à la nature de la coopération avec les différents partenaires de la chaîne circulaire notamment concernant la durée du contrat, la responsabilité des partenaires et la disposition des infrastructures de traitement et de recyclage des balayures. En effet, les projets GMR sont exercés en tant que projet dérivant des plans stratégiques de DD. La réglementation de la GMR au Québec est régie par la loi sur la qualité de l'environnement (LQE). L'article 53.7 de cette loi oblige toute municipalité régionale d'élaborer et maintenir en vigueur un plan de GMR selon la politique proposée par le ministre de l'Environnement au gouvernement. Cette politique peut, selon la stipulation de la loi « établir les objectifs de récupération, de valorisation et de réduction de l'élimination des matières résiduelles à courts, moyens et longs termes ainsi que les stratégies et mesures propres à faciliter l'atteinte de ces objectifs dans les délais

indiqués » et priorise la réduction à la source toute en respectant, dans le traitement de ces matières, l'ordre de priorité concernant le réemploi et le recyclage des matières résiduelles.

La loi exige, en outre, l'obtention d'une autorisation préalable au vu de l'étude d'impact environnemental du projet programmé. La municipalité peut, par règlement, adopter le projet en tant que plan de GMR après le consentement de la Société québécoise de récupération et de recyclage (Recyc-Québec) du projet du plan présenté. Pour la mise en œuvre des projets concernés, l'article suscité prévoit que plusieurs municipalités régionales peuvent toutefois s'entendre pour établir conjointement un plan de GMR sous réserve que la consultation publique prévue à l'article 53.13 puisse être conjointe. Ce qui permet d'élargir la coopération partenariale et mieux gérer la capacité de production, les flux de matières et de produits ainsi que la logistique et la localisation des infrastructures. Certaines autres mesures de souplesse permettent à une municipalité locale, avec le consentement de la municipalité régionale dont elle fait partie, d'être exclue du plan de gestion de cette municipalité régionale pour être couverte par celui d'une autre municipalité régionale. Le détail du plan de gestion prévu par l'article 53.9 englobe un certain nombre d'aspects indispensables pour la conception d'un MC. L'article 61 prévoit que le ministre peut ordonner qu'une installation d'élimination des matières résiduelles soit exploitée en commun par deux ou plusieurs municipalités ou qu'une municipalité assure, sur tout ou partie du territoire d'une autre municipalité, la totalité ou une partie des services nécessaires à l'élimination des matières résiduelles ou ordonner toute autre mesure qu'il juge appropriée.

L'article 64.2 prévoit que l'exploitant d'une installation d'élimination des matières résiduelles peut exiger pour ses services soit les prix indiqués dans le tarif publié conformément à l'article 64.3 et en vigueur, soit ceux fixés par la Commission municipale du Québec. Les aspects du plan de gestion cités retracent la portée territoriale, l'objectif, les moyens, les partenaires, l'impact financier du projet et le système de surveillance à instaurer pour contrôler l'efficacité du déroulement du projet. Ce plan de GMR définit ainsi les aspects du MC à considérer pour le projet de gestion des BRP. Ce modèle sera concrétisé par une implémentation gérée par une réglementation contractuelle qui définit les relations partenariales de coopération. Toutefois, sachant que ces types de projets GMR sont gérés par les entités publiques, ils demeurent soumis à la loi sur les contrats des organismes publics (LCOP).

Dans le cadre des projets à moyens et longs termes, le partenariat public-privé (PPP) semble important. La coopération entre les parties publiques et privées peut aider à développer des solutions plus efficaces et durables pour la gestion des déchets. En effet, la GMR provenant des BRP est attribuée aux entités publiques qui gèrent l'entretien hivernal et qui l'exercent en partie par les sous-traitants pour la fourniture et l'épandage des abrasifs et aussi pour le balayage printanier et le transport des balayures usuellement aux lieux d'enfouissement techniques. Sachant que le recours au secteur privé est indispensable pour assurer la GMR, la LCOP régleme cet aspect partenarial allant du simple marché de fourniture de biens ou de service au PPP pour gérer des missions partenariales plus complexes. En vertu de cette loi, un organisme public doit recourir à la procédure d'appel d'offres public pour la conclusion des contrats lorsqu'ils comportent une dépense de fonds publics pour l'approvisionnement, de services ou de travaux et aussi pour les contrats de PPP.

Le marché public qui peut amorcer une coopération dans le cadre d'un MC doit intégrer impérativement des clauses pouvant gérer des relations durables avec les partenaires tout en respectant les règles de la transparence et la neutralité vis-à-vis des partenaires. Les aspects les plus indispensables à considérer concernent les types de lots de services à intégrer dans le marché, la durée des contrats, le prix de reprise des produits recyclés et les coûts d'utilisation des infrastructures et leur maintenance ainsi que le nouveau service assigné aux collecteurs des balayures. Des dispositions particulières peuvent concerner les modalités à mettre en œuvre contre les risques de défaillance des partenaires en cas de variabilité importante des seuils de production au-dessous de la marge bénéficiaire qui permet de couvrir les coûts de production.

Au Québec, la durée des contrats de PPP peut varier en fonction des projets et des besoins spécifiques des parties impliquées. Cependant, il n'y a pas de durée maximale légale pour les contrats de PPP. Toutefois, selon la réglementation en vigueur et la pratique, ces contrats peuvent avoir une durée de 2 à 40 ans selon le type de projet. En effet, les contrats PPP sont souvent complexes et impliquent de nombreux détails, notamment en ce qui concerne les obligations et les responsabilités de chaque partie, les risques associés au projet, les conditions de financement, etc.

### 3.4 Modèle d'affaires

Le MC peut avoir un impact significatif sur les modèles d'affaires des partenaires et sur l'environnement. En effet, un projet GMR peut conduire à des collaborations entre les collectivités publiques et les différentes entreprises, ce qui permet de transformer les obligations environnementales en opportunités économiques confortant la part de marché des entreprises et l'emploi. En outre, un MC de GMR peut contribuer à réduire la quantité de déchets envoyés aux sites d'enfouissement. En réutilisant, réparant ou en recyclant les matériaux, le MC permet également de réduire la quantité de ressources naturelles nécessaires pour produire de nouveaux produits, réduire les émissions de GES lié à la production et au transport des produits, et réduire la quantité de déchets envoyés dans les décharges. En effet, le modèle d'affaires découlant d'un PPP est basé sur un partage des risques et des responsabilités entre les parties impliquées. Le secteur privé est chargé de la gestion du projet pour fournir un livrable conformément aux clauses convenues, tout en s'engageant à en assurer la gestion et l'entretien à long terme des infrastructures d'exploitation. Le secteur public, quant à lui, s'engage à fournir un achat de service stable et prévisible sur la durée du contrat.

Toutefois, comparé au modèle linéaire, le MC peut générer des économies financières et environnementales sur le service de transport et donc sur le coût de consommation des abrasifs. Le MC peut générer de l'emploi et aussi des revenus supplémentaires pour le partenaire privé au titre des services de traitement et recyclage des balayures.

Dans le cadre décrit pour la mise en œuvre d'un modèle MC, un modèle multiobjectif permet de considérer l'articulation entre les trois aspects du DD pour optimiser le choix technologique, la localisation et les paramètres contractuels qui peuvent susciter l'intérêt des partenaires pour une coopération réussie dans le cadre d'un MC bien pensé.

## 4 CONCLUSION

Ce travail propose un cadre conceptuel de MC dans le domaine de la GMR inspiré de l'écosystème présenté dans la revue de littérature. La mise en œuvre de ce modèle a été présentée en fonction de la réglementation en vigueur tout en mettant en

évidence les opportunités et les mesures de flexibilité permettant une coopération fructueuse. L'aspect régional a également été considéré comme un facteur clé pour amorcer un MC, étant donné que la GMR est l'une des prérogatives des collectivités publiques locales. Un scénario de collaboration générique basé sur une étude approfondie de l'écosystème de l'économie circulaire a été présenté et discuté. Les réglementations relatives à la GMR et aux contrats des organismes publics ont été examinées dans le contexte de la coopération partenariale de type PPP.

Avoir une vision claire, coordonnée et globale de la stratégie de DD au niveau régional est essentiel pour encourager l'adoption généralisée de l'économie circulaire. Cela permet également de prévenir le risque d'écoblanchiment et de garantir une mise en œuvre appropriée des pratiques circulaires. Toutefois, trouver un équilibre entre les intérêts économiques, environnementaux et sociaux nécessite l'utilisation d'instruments de politique économique pour transformer le respect de l'environnement en opportunités économiques détectables par les modèles d'affaires.

Pour ces types de projets à vocation publique, le PPP doit être le fruit d'une participation étroite entre les collectivités publiques et les industriels appartenant aux corps de métiers concernés par le recyclage des matières résiduelles. Il est important, à ce titre, que la réglementation prévoie un processus de négociation collaboratif et motivant afin de favoriser un PPP réussi. Un cas d'étude concret de PPP, se basant sur les éléments présentés dans le domaine de GMR, peut faire l'objet d'un travail futur pour évaluer la faisabilité et la soutenabilité du modèle MC.

## 5 REMERCIEMENTS

Nous souhaitons exprimer notre reconnaissance envers le Réseau de recherche en économie circulaire du Québec pour le soutien financier des travaux.

## 6 REFERENCES

- Be Circular—Programme régional d'Économie circulaire 2016–2020. (2016). <https://environnement.brussels/pro/nos-actions/plans-et-politiques-regionales/be-circular-programme-regional-deconomie-circulaire>
- Beheshiti, S., Heydari, J., & Sazvar, Z. (2022). Food waste recycling closed loop supply chain optimization through renting waste recycling facilities. *Sustainable Cities and Society*, 78, 103644. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103644>
- Blouin, F. (2022). *Simulation d'une chaîne de valeur circulaire dans le domaine du balayage de rue printanier* [Masters, Université du Québec à Trois-Rivières]. <https://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/10053/>
- Bouchard, K., Audy, J. F., Lange, S., Jebri, M. (2021). Balayures de rues printanières au Québec - Analyse de données sur les possibilités de valorisation. *Vecteur Environnement*, 54(2), 36-41.
- Cannella, S., Bruccoleri, M., & Framinan, J. M. (2016). Closed-loop supply chains : What reverse logistics factors influence performance? *International Journal of Production Economics*, 175, 35-49. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.01.012>
- Chen, C., Zhang, G., Shi, J., & Xia, Y. (2019). Remanufacturing Network Design for Dual-Channel Closed-Loop Supply Chain. *Procedia CIRP*, 83, 479-484. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.132>
- Fu, R., (Patrick) Qiang, Q., Ke, K., & Huang, Z. (2021). Closed-loop supply chain network with interaction of forward and reverse logistics. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 737-752. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.037>
- Fulconis, F., & Philipp, B. (2017). Packaging et chaîne logistique en boucle fermée : Contribution au passage d'une économie linéaire à une économie circulaire. *Logistique & Management*, 24, 1-13. <https://doi.org/10.1080/12507970.2016.1268936>
- Gao, X., & Cao, C. (2020). A novel multi-objective scenario-based optimization model for sustainable reverse logistics supply chain network redesign considering facility reconstruction. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122405. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122405>
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. C. L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy : Evidence and some applications. *Omega*, 66, 344-357.



- Giri, B. C., Chakraborty, A., & Maiti, T. (2017). Pricing and return product collection decisions in a closed-loop supply chain with dual-channel in both forward and reverse logistics. *Journal of Manufacturing Systems, 42*, 104-123. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.11.007>
- Govindan, K., & Soleimani, H. (2017). A review of reverse logistics and closed-loop supply chains : A Journal of Cleaner Production focus. *Journal of Cleaner Production, 142*, 371-384. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.126>
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain : A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research, 240*(3), 603-626. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>
- Guo, S., Shen, B., Choi, T.-M., & Jung, S. (2017). A review on supply chain contracts in reverse logistics : Supply chain structures and channel leaderships. *Journal of Cleaner Production, 144*, 387-402. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.112>
- H. Min, G.G. Zhou, (2002), Supply chain modeling: past, present and future *Comput. industrial Eng.*, 43 (1), pp. 231-249
- H.Y. Chen, J. Chen, Y.H.F. Chen, (2006), A coordination mechanism for a supply chain with demand information updating, *Int. J. Prod. Econ.*, 103 (1) (2006), pp. 347-361
- Heydari, J., Govindan, K., Ebrahimi Nasab, H. R., & Taleizadeh, A. A. (2020). Coordination by quantity flexibility contract in a two-echelon supply chain system : Effect of outsourcing decisions. *International Journal of Production Economics, 225*, 107586. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107586>
- Islam, M. T., & Huda, N. (2018). Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste : A comprehensive literature review. *Resources, Conservation and Recycling, 137*, 48-75. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.026>
- ISO - ISO 14000—Management environnemental. (2023, janvier 20). ISO. <https://www.iso.org/fr/iso-14001-environmental-management.html>
- J. Wang, J. Zhao, X. Wang, (2011), Optimum policy in hybrid manufacturing/remanufacturing system, *Computers & Industrial Engineering, 60* (3), pp. 411-419
- J.E. Hernández, R. Poler, J. Mula, F.C. Lario, (2011), The reverse logistic process of an automobile supply chain network supported by a collaborative decision-making model, *Group Decision and Negotiation, 20* (1), pp. 79-114
- K. Govindan, M.N. Popiuc, (2014), Reverse supply chain coordination by revenue sharing contract: a case for the personal computers industry, *Eur. J. Operational Res.*, 233 (2) (2014), pp. 326-336
- Kim, J., Chung, B. D., Kang, Y., & Jeong, B. (2018). Robust optimization model for closed-loop supply chain planning under reverse logistics flow and demand uncertainty. *Journal of Cleaner Production, 196*, 1314-1328. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.157>
- Kim, Y. G., & Chung, B. D. (2022). Closed-loop supply chain network design considering reshoring drivers. *Omega, 109*, 102610. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102610>
- P. Georgiadis, M. Besiou, (2010), Environmental and economical sustainability of WEEE closed-loop supply chains with recycling: A system dynamics analysis, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 47* (5–8), pp. 475-493
- R.C. Savaskan, L.N. Van Wassenhove, (2006), Reverse channel design: the case of competing retailers *Manag. Sci.*, 52 (1) (2006), pp. 1-14
- S. Lambert, D. Riopel, « Cadre conceptuel pour un système de logistique inverse », 6ème Congrès international de Génie Industriel, Besançon, juin 2005
- Salehi-Amiri, A., Zahedi, A., Akbapour, N., & Hajiaghahi-Keshteli, M. (2021). Designing a sustainable closed-loop supply chain network for walnut industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 141*, 110821. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110821>
- T.M. Choi, Y.J. Li, L. Xu, (2013), Channel leadership, performance and coordination in closed loop supply chains, *Int. J. Prod. Econ.*, 146 (1) (2013), pp. 371-380
- Ullah, M., Asghar, I., Zahid, M., Omair, M., AlArjani, A., & Sarkar, B. (2021). Ramification of remanufacturing in a sustainable three-echelon closed-loop supply chain management for returnable products. *Journal of Cleaner Production, 290*, 125609. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125609>
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68*, 825-833. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.123>