

# Développement de modèles d'optimisation des flux logistiques de matières résiduelles au Québec

## CONTEXTE

Le mandataire du projet est le Ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI) en partenariat avec Recyc-Québec. Le MEI a lancé le Plan d'action pour la croissance et les technologies propres (PACTP). Ce projet cadre avec la mesure 3 du PACTP - Soutien à l'essor de l'économie circulaire qui s'inscrit en forte complémentarité avec plusieurs initiatives gouvernementales, dont la Stratégie maritime du Québec et la Stratégie numérique du Québec, pilotées par le MEI, ainsi que le Plan d'action 2018-2023 de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles, la Politique 2030 de mobilité durable, la Politique énergétique 2030 et le Plan d'action 2013-2020 sur les Changements climatiques.

Le projet réalisé par InnovLOG consistait à développer deux modèles d'optimisation des flux logistiques des matières résiduelles (MR), tout en mettant en valeur les zones IP (industriolo-portuaires) et l'intermodalité des transports (incluant le transport maritime courte distance). Le premier modèle était centré sur la filière des plastiques mixtes seulement en évaluant les stratégies de mise en place de lignes de surtri et le potentiel économique et environnemental de déploiement de transport maritime. Quant au deuxième modèle, un peu plus complexe, il traite de l'optimisation des flux logistiques multifilières et en multimodal. L'objectif final du projet étant de minimiser le coût global du transport tout en évaluant l'impact environnemental.

## MÉTHODOLOGIE

Afin de valider davantage les résultats de la modélisation et fournir une aide à la décision, nous avons conçu plusieurs scénarios de flux optimaux entre les différents maillons de la chaîne logistique basés, d'une part, sur des données provenant de plusieurs sources d'informations et d'autre part, de diverses hypothèses stratégiques et opérationnelles et configurations du réseau logistique des MR au Québec.

**La méthodologie adoptée pour le premier modèle comportait six étapes :**

- 1 - collecter les données de la chaîne logistique du plastique résiduel et à les valider avec le comité de gestion et les différents intervenants;
- 2 - choix de l'organisation de la fonctionnalité de surtri à mettre en place soit dans les centres de tri et/ou auprès des recycleurs/conditionneurs et/ou dans de nouveaux centres de surtri installés dans des Zones Industriolo-Portuaire;
- 3 - sélection de candidats potentiels pouvant accueillir cette nouvelle fonctionnalité;
- 4 - développement et résolution d'un modèle mathématique d'optimisation linéaire mixte et de planification centralisée des activités de collecte-tri-recyclage;
- 5 - définir les indicateurs de performance; et
- 6 - développement et analyse de différents scénarios en variant certains paramètres du modèle comme le schéma de surtri à adopter, la quantité de plastique traitée, les modes de transport ainsi que leurs coûts, la prise en considération des coûts externes liés au transport, etc.

Quant à la méthodologie adoptée pour le deuxième modèle concernant l'optimisation de la chaîne logistique multifilières dans un contexte de transport multimodal, comportait quatre étapes :

- 1 - collecter les données de la chaîne logistique des filières considérées et à les valider avec le comité de gestion et les différents intervenants;
- 2 - développement et résolution d'un modèle mathématique d'optimisation linéaire mixte et de planification centralisée des activités de collecte-tri-recyclage- valorisation afin de proposer une approche intégrée combinant tous les acteurs de la chaîne considérée;
- 3 - définir les indicateurs de performance; et
- 4 - développement et analyse de différents scénarios en variant certains paramètres du modèle comme les modes de transport ainsi que leurs coûts, la prise en considération des coûts externes liés au transport, l'insertion de nouveaux maillons, etc.

## HYPOTHÈSE DE DÉPART ET RISQUE

Les hypothèses de départ reposaient sur la disponibilité des données sur les gisements et les flux des matières entre les différents maillons de la chaîne des MR. L'organisation actuelle de la gestion des MR au Québec repose sur un système linéaire impliquant différents intervenants ne permet pas d'avoir une vision intégrée de la chaîne de valeur des matières résiduelles. Plusieurs incertitudes existent concernant les informations sur le gisement de déchets et les données relatives aux différents flux. Plusieurs ateliers et concertations ont été menés pour atténuer ces risques et avoir le portrait le plus proche possible de la réalité.

## RÉSULTATS

Concernant la filière du plastique, les résultats ont démontré un intérêt à installer des lignes de surtri dans certains maillons de la chaîne logistique. Le modèle a pu identifier leurs emplacements optimaux pour minimiser les coûts logistiques. L'opportunité du transport multimodal (routier et maritime) a aussi été évaluée. Les résultats du modèle ont montré que les faibles volumes de la filière plastique ainsi que la localisation des différents acteurs de la chaîne, à savoir les centres de tri et les recycleurs/conditionneurs, rendaient le transport maritime économiquement non viable.

Quant au modèle multifilières, il a pu démontrer que, théoriquement, le transport maritime peut être considéré comme une piste prometteuse permettant la mutualisation du transport de différentes matières et la réduction des coûts de transport de la chaîne logistique. Plusieurs pistes incluant quelques filières ont été identifiées. La mise en place de lignes de dessertes maritimes nécessitera toutefois une validation sous forme d'un projet pilote qui peut constituer la phase II de ce projet.

## IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Dans les deux modèles développés, les indicateurs environnementaux ainsi que les coûts externes liés au transport ont été considérés. Les coûts externes comprennent les coûts liés aux accidents, les coûts liés à la congestion, les coûts liés aux dommages routiers et les coûts liés à la pollution. Concernant le modèle de la filière plastique, l'optimisation du transport et l'utilisation du transport multimodal impliquent une réduction allant à 6 % en coûts externes et à 7 % en termes de GES émis (environ 130 tonnes éq CO<sub>2</sub>). Pour le modèle multifilières, cette réduction en GES est estimée à 31 % soit environ 7 500 tonnes éq CO<sub>2</sub>.

## PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

La propriété intellectuelle relative aux modèles d'optimisation développés appartient à InnovLOG. Quant aux résultats du projet, ils demeurent la propriété du MEI.

## FINANCEMENT

Subvention du MEI

## AVANCÉE TECHNIQUE OU TECHNOLOGIQUE

À notre connaissance, il n'existe pas sur le marché ni dans la littérature, de modèles de planification intégrée de la gestion des matières résiduelles. Les modèles développés constituent des outils d'aide à la décision pour l'optimisation du système de collecte-tri-recyclage, regroupant les municipalités, les centres de tri et les recycleurs/conditionneurs permettant l'amélioration de l'efficacité du réseau de gestion des matières résiduelles et ce dans le contexte de transport multimodal (routier et maritime).

## TRANSFERT TECHNOLOGIQUE

Le projet vient de se terminer. Un processus de transfert technologique et de connaissances est prévu dans les prochains mois.

## COMPÉTITIVITÉ

Les modèles d'optimisation de la chaîne logistique des MR analysées (plastique et multifilières) permettront de :

- Améliorer la gestion environnementale, en visant un meilleur taux de recyclage;
- Accroître l'efficacité technique et économique du dispositif de tri avec l'ajout de la fonctionnalité de surtri afin de maîtriser les coûts et de renforcer la compétitivité des acteurs du recyclage. (Modèle plastique);
- Contribuer au développement de l'économie circulaire dans les régions, à la maille locale et provinciale. Le scénario d'équipement en ligne de surtri et en capacités de recyclage qui est proposé s'inscrit dans une démarche intégrée au niveau du Québec. (Modèle plastique);
- Contribuer au développement du transport maritime courte distance au Québec.

## RETOMBÉES SUR LA FORMATION

Le projet s'est achevé en fin mars 2021. Des activités de diffusion et de transfert sont prévues au début de la prochaine année.

Deux étudiants du cégep André-Laurendeau ainsi que des étudiants de l'ETS ont été impliqués dans le projet et principalement dans la phase de collecte et analyses des données. Des professeurs de l'ETS ont aussi été des collaborateurs dans le développement de la méthodologie et la validation des résultats obtenus.

## PARTENAIRES

- Recyc-Québec, Partenaire du projet et membre du comité de gestion du projet
- ÉTS, Prof. CHAABANE Amin et Prof. Mustapha Ouhimmou
- EnviroRCube, BOURG Marie-Caroline, Consultante
- Ministère du transport du Québec

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

Elbounjimi Mbarek, chercheur et analyste logistique  
JARROUDI Imen, chercheur et analyste logistique  
KTARI Bacem, chercheur et analyste logistique  
LARBI Rim, chargée de projets et chercheuse principale  
Trochu Julien, chercheur et analyste logistique