Comment optimiser le transport d'un co-produit de la biométhanisation dans le cadre d'une chaîne d'approvisionnement circulaire ?

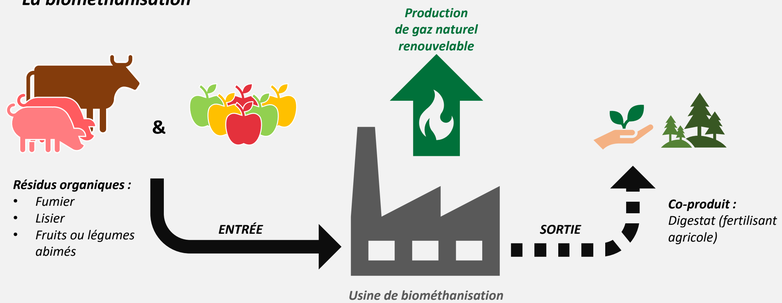
1. Les outils et les clés de compréhension

Économie linéaire (actuel)

Économie circulaire (objectif)

Inspiration de Économie circulaire - RECYC-QUÉBEC

La biométhanisation



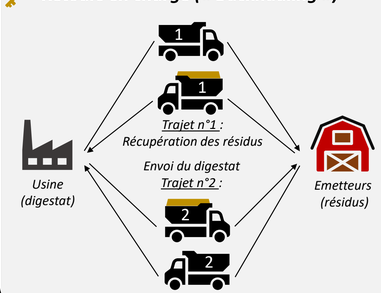
Les différents types de flottes

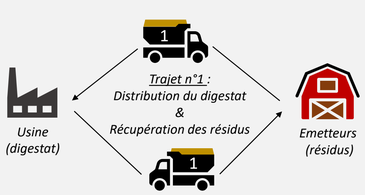
Flotte homogène :
Tous les camions sont de même taille

Flotte hétérogène :
Les camions peuvent être de taille différente

Avantages : plus de flexibilité, économies d'échelle grâce aux camions de taille L, moins de km parcourus avec un chargement partiel

Retours en charge (« Backhauling »)



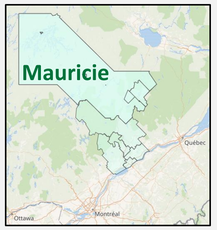


Avantages : Moins de trajets nécessaires, moins de kilomètres parcourus à vide

2. Tout savoir sur le cas d'étude

Définition du cas d'étude

En Mauricie (Québec, Canada) **treize émetteurs de résidus organiques** (exploitations agricoles, transformateurs agroalimentaires, etc.) se sont associés pour mettre en place une nouvelle usine de biométhanisation.



Carte issue de Mauricie — Wikipédia

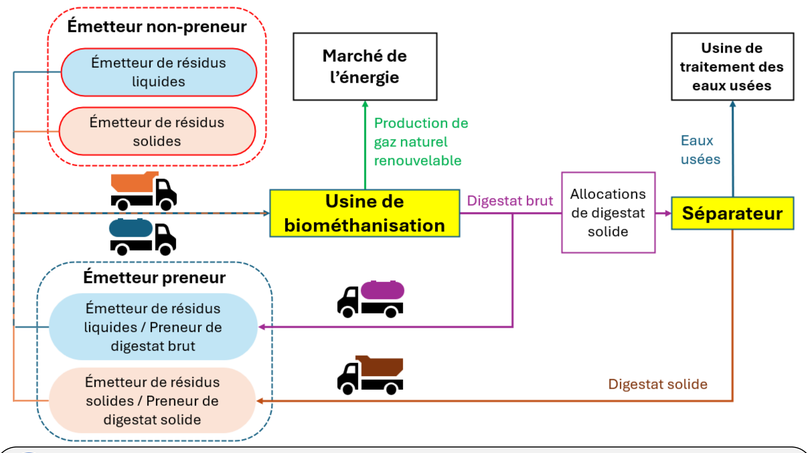
Ces treize émetteurs peuvent être regroupés en deux catégories distinctes :

	Emetteur preneur	Emetteur non-preneur
Fournissent des résidus organiques	✓	✓
Récupèrent du digestat	✓	✗

Il existe aussi **deux types de résidus organiques**. Les résidus liquides et les résidus solides. Si un émetteur preneur fournit des résidus organiques liquides, il souhaitera recevoir du digestat brut (liquide) et inversement. C'est pourquoi, notre flotte doit être constituée de deux types de camions : des **camions citernes** et des **camions de vrac solide.**

En sortie de l'usine de biométhanisation, le digestat est brut c'est-à-dire qu'il est sous forme liquide. Ce digestat peut-être distribué tel quel aux émetteurs preneurs de résidus liquides/digestat brut. En revanche, il doit être « solidifié » grâce à un séparateur industriel pour être distribué aux émetteurs preneurs de résidus solides/digestat solide. De plus, les quantités de résidus que peuvent fournir les émetteurs et les quantités de digestat à fournir à chaque émetteur preneur sont fixes.

Schéma de fonctionnement du cas d'étude



Enjeux du cas d'étude

Avantages

- Production de gaz naturel renouvelable
- Revalorisation de résidus organiques
- Utilisation des co-produits de l'usine

Désagréments

- Coût économique élevé
- Bruits, mauvaises odeurs, émissions de CO_2
- Augmentation du trafic et des congestions automobiles

Comment dimensionner et optimiser une flotte de camions pour le transport des résidus et du digestat afin de répondre à ces enjeux économiques, environnementaux et sociaux ?

3. Méthodologie, résultats préliminaires et conclusion

Méthodologie

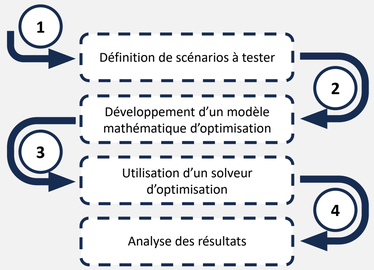


Tableau présentant les différents scénarios analysés

Scénario	Type de flotte	Retours en charge autorisés
S01 (cas de référence)	Homogène	✗
S02	Hétérogène	✗
S03	Homogène	✓
S04	Hétérogène	✓

Utilisation du solveur d'optimisation ILOG CPLEX Optimization Studio d'IBM

Résultats préliminaires

Tableau présentant les économies réalisées

Scénario	S02	S03	S04
Économie réalisée par rapport à S01	1.76%	15.84%	16.40%

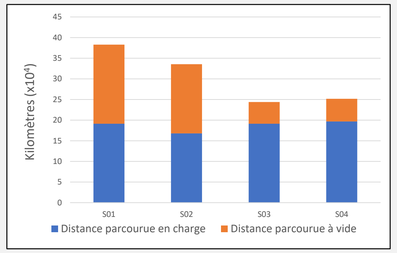
Tableau présentant les flottes de camions retenues par scénario

Scénario	Flotte de camions					
	Camion citerne			Camion de vrac solide		
	Petit (S) 40.5Mg	Moyen (M) 46.5Mg	Grand (L) 56.5 Mg	S	M	L
S01	-	4	-	-	2	-
S02	1	0	3	1	0	1
S03	-	3	-	-	2	-
S04	1	2	0	1	1	0

Tableau présentant le taux d'utilisation par camion par scénario

Scénario	Taux utilisation moyen des camions					
	Camion citerne			Camion de vrac solide		
	S	M	L	S	M	L
S01	-	93%	-	-	99%	-
S02	54%	0%	95%	100%	0%	43%
S03	-	91%	-	-	68%	-
S04	77%	100%	0%	61%	77%	0%

Graphe présentant le nombre de kilomètres parcourus en fonction du scénario



En résumé

- S04 permet **d'économiser plus de 16%** par rapport à S01
- S04 permet de **réduire le nombre de kilomètres de 34%** par rapport à S01

Conclusion et perspectives d'amélioration

1. **Retour sur les mesures étudiées :** Passer à une flotte de camion hétérogène et autoriser les retours en charge sont deux mesures permettant une réelle amélioration au niveau de la réduction des coûts et de la réduction du nombre de kilomètres parcourus. La décision de mise en place ou non de retours en charge à un impact bien plus important que la décision sur le type de flotte, toutefois, il faut les combiner pour obtenir les meilleurs résultats.

- de **-34% de km parcourus** **16% d'économies**

2. **Limites** : Le modèle est conçu avec un horizon de planification d'un an. Les taux d'utilisation de camions proches de 100% vont inévitablement poser des problèmes lors de la planification opérationnelle qui doit être journalière.

3. **Perspectives d'améliorations :** Pour réduire les coûts liés à l'usine de biométhanisation et au transport et/ou réduire le nombre de kilomètres parcourus, il faudrait jouer à la fois sur le dimensionnement du séparateur et les allocations de digestat aux émetteurs preneurs. En effet, différentes stratégies d'allocation (quelle quantité de digestat fournir à quel émetteur-preneur) peuvent être mises en place pour favoriser certains aspects (prioriser les émetteurs-preneurs les plus proches, favoriser un mixte de digestat brut et de digestat solide pour réduire le nombre total de camions, etc.). Ces stratégies représentent le cœur de la suite de ma recherche.

À suivre

Affiche et présentation par Mathieu FAURE