Production de compost avec l'objectif zéro déchet

La place du traitement mécano-biologique

Traiter des ordures ménagères issues de la collecte à deux voies tout en produisant un compost de bonne qualité, sans tri manuel à la maison, est-ce possible ? Les résultats d'un projet pilote réalisé d'avril 2017 à septembre 2019 par le Centre de recherche industrielle du Québec (désormais intégré à Investissement Québec), de concert avec plusieurs collaborateurs, mettent en lumière les vastes possibilités de cette approche.

PAR **YVES BERNARD**, ing.
Responsable de projet,
Investissement Québec – CRIQ

Mise en contexte

Depuis plusieurs années, les municipalités du Québec sont invitées par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC, 2020) à mettre en place des modes de recyclage de la matière organique. Certaines hésitent à se tourner vers la collecte à trois voies (3V) en considérant les frais supplémentaires qui pourraient être générés et les réticences que peuvent avoir leurs citoyens à utiliser le bac brun, et ce, particulièrement pour les territoires de faible densité de population.

Travaux antérieurs au projet de démonstration pilote

Le CRIQ a entrepris, en 2014, le développement d'une nouvelle approche de traitement mécano-biologique (TMB) afin de permettre la récupération d'un maximum de matières organiques issues de la collecte à deux voies (2V). Celle-ci est basée sur l'analyse de la proportion massique des ordures ménagères en fonction des sous-catégories de matières (28) et de leur granulométrie, représentant la première étude de caractérisation aussi fine des ordures ménagères (Adler, 2012). Cette phase de développement du procédé a permis de développer une manière efficace et originale de fractionner les ordures ménagères. Pour récupérer un maximum de matières recyclables, l'approche développée s'assure de ne pas broyer la matière, ainsi que d'ouvrir et de vider une très grande proportion de sacs. L'intérêt de séparer en trois fractions les ordures ménagères a été mis en lumière dès le début du projet.

Ce projet donnait l'occasion de définir une variable qui permet d'évaluer chacune des fractions issues du TMB d'ordures ménagères (OM), soit l'indice MO/MIO. Cet indice est défini comme suit :

$$\text{Indice MO/MIO} = \frac{\sum \text{sous-catégories des matières organiques compostables (MO)}}{\sum \text{sous-catégories des matières inertes (non compostables-inorganiques) (MIO)}}$$

Cette variable a orienté le développement et a permis d'obtenir la quantité maximale de compost ayant un indice MO/MIO élevé, soit supérieur à 100, voire une valeur de 200 correspondant aux critères B et A respectivement de la norme BNQ (CAN/BNQ 0413-200, 1996), alors que l'indice MO/MIO des OM-2V se situait entre 1 et 2 (Bernard, 2016). Une grande proportion de la matière compostable contenue dans les ordures ménagères brutes pouvait se retrouver dans la fraction fine (avec un indice MO/MIO égal ou supérieur à 4), alors que les matières recyclables sèches – telles que des pièces de métal, des films et morceaux de plastique, ainsi que des feuilles de papier et des boîtes de carton – pouvaient se retrouver dans une fraction plus

grossière ayant un indice MO/MIO inférieur à 0,5. Par la suite, les équipements les plus appropriés de TMB pour faire ce fractionnement ont été sélectionnés.

Des équipements et un procédé simples

Deux types d'équipements (figure 1) ont été identifiés – pour le fractionnement des ordures ménagères et pour l'affinage du compost – et mis à l'essai durant le projet pilote (les travaux réalisés dans le cadre du projet sont résumés au tableau 1 à la p. 40).

Les principaux éléments du TMB sont les suivants :

- Aucun broyage;
- Tri mécanisé des encombrants;
- Ouverture des sacs avec des équipements spécialisés;
- Tri granulométrique des fractions (fine, intermédiaire et grossière) avec un tambour rotatif (trommel);
- Compostage à l'intérieur d'une enceinte aérée de la fraction fine et intermédiaire;
- Maturation du compost;
- Affinage du compost avec des équipements adaptés.

FIGURE 1
Équipements utilisés pour le projet pilote de TMB.

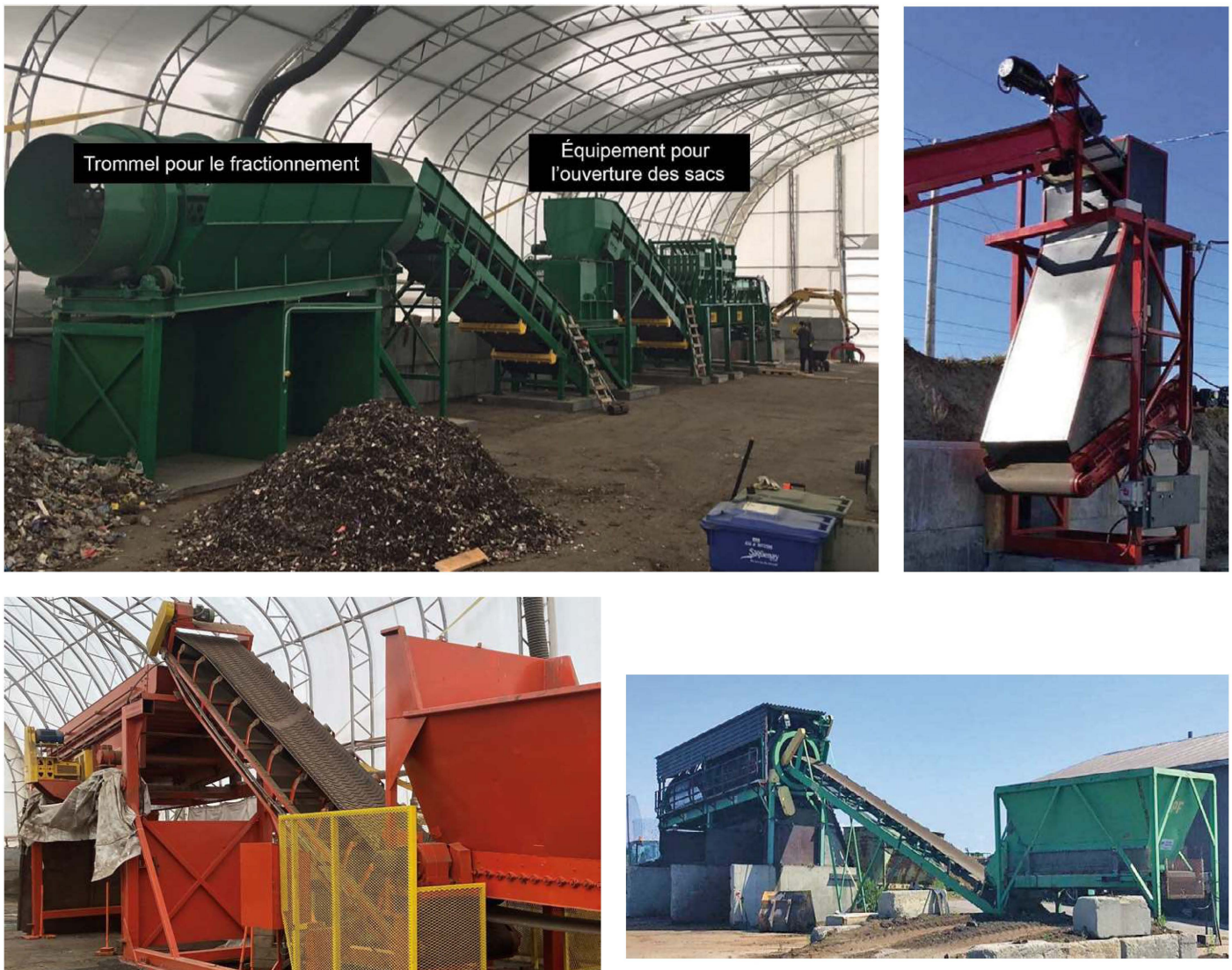


TABLEAU 1
Travaux réalisés dans le cadre du projet pilote.

DESCRIPTION	MÉTHODOLOGIE	COMMENTAIRES
Fractionnement des OM avec des équipements de TMB	Fractionnement de 1 860 tonnes d'OM durant les quatre saisons. Mise en activité : automne 2017 et hiver 2018. Évaluation de la performance.	Équipements industriels commerciaux. Plus de 150 camions d'ordures ont été fractionnés, soit entre 40 à 100 tonnes/semaine. Principale problématique d'opération constatée au départ avec l'ouverture de sacs.
Compostage de 600 tonnes de fractions fines	Dans une enceinte intérieure avec aération et brassage optimisé du compost.	Optimisation du compostage (température, débit d'aération et brassage) pour obtenir un compost facile à affiner (sec).
Bilan de matière complet du TMB	Évaluation statistique du bilan de matière sur une base hebdomadaire (proportion massique des OM dans la fraction fine) et mensuelle (bilan de matière complet). Caractérisation des quatre fractions en termes de : • Mesure de la masse et volume de chacune des fractions ; • Analyse : MVA, TEE, MOT[1], indice MO/MIO ; • Échantillons d'un volume de 100 à 500 L.	Indice MO/MIO mesuré en faisant un tri manuel pour déterminer les sous-catégories de matières composant chacun des échantillons. Le volume d'échantillons dépend de l'hétérogénéité plus ou moins grande de chacune des fractions (OM, fractions fines, intermédiaires et grossières) selon les critères de la norme AFNOR (2006).
Essais d'affinage de compost	Réalisés avec trois types d'équipements industriels utilisés commercialement pour affiner du compost (voir figure 1, p. 39) par principe granulométrique et balistique.	Échantillonnage représentatif des composts en entrée et en sortie des équipements d'affinage selon la norme CAN/BNQ 0413-200, 2016.
Caractérisation finale du compost	Paramètres de la norme BNQ sur les composts (CAN/BNQ 0413-200, 2016) et aussi critères du MELCC pour la valorisation des matières résiduelles fertilisantes.	Analyse de la teneur en corps étrangers du compost pour en optimiser la qualité. Analyse des 11 métaux lourds (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se et Zn) de la norme BNQ sur 31 échantillons de compost. Analyses de la teneur en éléments fertilisants majeurs (N, P, K) ainsi qu'en oligo-éléments.
Traitement des odeurs du TMB et du compostage	Biofiltration sur support organique de type Biosor[MD]. Aspiration des odeurs à la source de l'intérieur du hangar abritant la chaîne de TMB vers le biofiltre à l'extérieur.	Technologie de biofiltration d'effluents gazeux malodorants.
OM-3V	Caractérisation et essais de TMB avec OM-3V. Réalisé à trois reprises (août, octobre et janvier).	OM en provenance d'un partenaire municipal ayant implanté cette collecte depuis plus de 10 ans. Total de 78 tonnes d'OM-3V.

[1] MVA : masse volumique apparente ; TEE : teneur en eau ; MOT : teneur en matière organique totale.

Lors de l'implantation d'un procédé de TMB, il faut fortement considérer la mise en place de moyens pour obtenir une plus grande efficacité de la collecte des résidus domestiques dangereux (RDD), de manière à réduire le risque de contamination du compost. Augmenter la fréquence de collecte et le nombre de lieux de disposition des RDD dans la municipalité concernée pourrait permettre d'atteindre cet objectif.

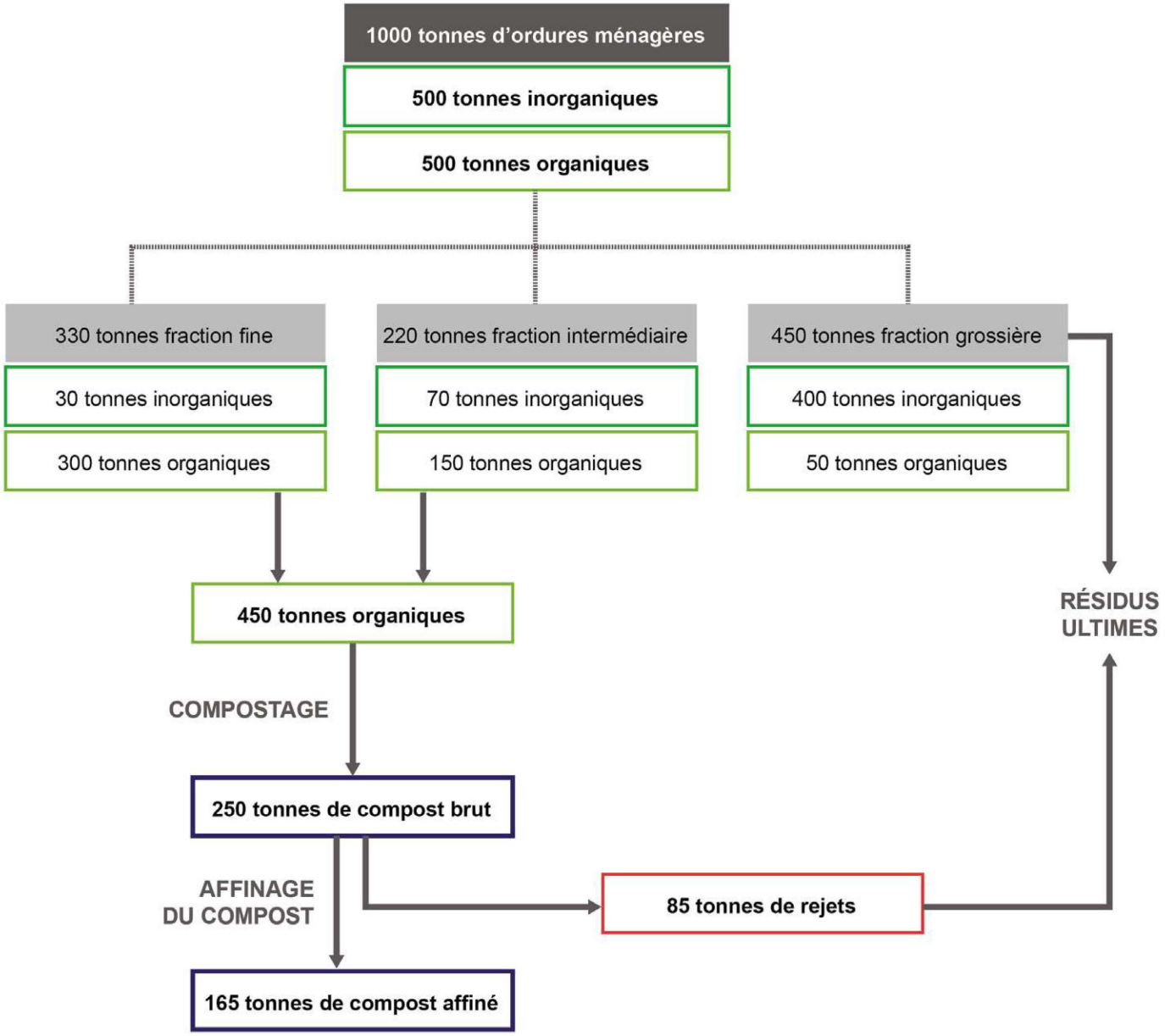
Résultats

Dans ce projet, les ordures ménagères de la collecte à 2V étaient composées sur une base massique de 49 ± 10 % de matières organiques compostables avec une teneur similaire à d'autres études (RECYC-QUÉBEC et ÉEQ, 2015). Elles avaient une masse volumique apparente de 228 ± 43 kg/m^3. La teneur en eau était d'environ 50 ± 3 %. En général, lors de la réception des ordures ménagères, il n'y avait aucun écoulement de lixiviat. En hiver, les ordures n'étaient pas prises dans des blocs de glace bien que la présence de neige ait été constatée à quelques reprises. La variabilité saisonnière des OM-2V ne s'est donc pas avérée une contrainte opérationnelle.

La figure 2 présente le bilan de matières du projet pilote de TMB. Pour faciliter la lecture et l'interprétation des résultats, il est présenté sur une base de 1 000 tonnes d'ordures ménagères traitées. La fraction fine a représenté une proportion massique de 32,8 ± 5 % des ordures ménagères et une proportion volumique de 14 ± 4 %. Elle était constituée en moyenne de plus de 90,5 ± 4,1 % de matières compostables. Des particules de verre, des films de plastique et des métaux constituent les principales particules de corps étrangers de cette fraction fine pour un total d'environ 9,5 ± 4,1 %. Une proportion massique de 58 ± 9 % de la matière compostable initialement présente dans les ordures brutes s'est retrouvée dans la fraction fine. Cette fraction fine s'est avérée une matière facile à composter, ne nécessitant aucun ajout de matières carbonées absorbantes et structurantes.

La fraction intermédiaire s'est également compostée puisqu'elle était constituée d'une proportion de 63 ± 11 % de matières organiques. Par rapport aux ordures ménagères brutes, la fraction intermédiaire a représenté une proportion massique de 22 ± 6 % et une proportion volumique de 14 ± 7 %. Après

FIGURE 2
Bilan de matières du TMB.



compostage, la fraction intermédiaire a été tamisée pour retirer davantage de matières organiques afin de la jumeler au compost constitué de la fraction fine.

La séquence des opérations du TMB a permis de réduire de 70 % le volume et l'espace requis pour le compostage des fractions fines et intermédiaires, qui sont plus denses que les ordures brutes.

Par ailleurs, les matières compostables observées dans la fraction grossière sont surtout constituées de branches, de bois et de carton. La fraction grossière a été la plus sèche des trois fractions avec une teneur en eau d'environ 25 %.

D'un point de vue global, ce projet a permis d'estimer que 1 000 tonnes d'ordures ménagères 2V triées par la chaîne de TMB sont fractionnées selon les valeurs affichées à la figure 2. Une proportion d'environ 90 % de toutes les matières organiques présentes dans les ordures ménagères a été stabilisée biologiquement par le TMB, car elles se sont retrouvées compostées dans les fractions fine et intermédiaire, ce qui a réduit la génération de GES lors de l'enfouissement des résidus

« La teneur en eau du compost est d'environ 25 %, ce qui fait de cet amendement organique un produit sec et friable facile à transporter et à épandre. »

ultimes (rejets d'affinage ou fraction grossière). Par ce procédé de TMB, il y a eu une proportion des matières organiques (MO) qui s'est retrouvée dans les rejets de l'affinage du compost, mais au moins 72 % de la MO a été récupérée pour fabriquer un compost de qualité, ce qui se compare avantageusement au meilleur taux de récupération de la collecte à 3V actuellement constaté au Québec. Il serait envisageable de trier le bois, le carton et le papier qui se retrouvent dans la fraction grossière, et de récupérer encore davantage de résidus compostables en ajoutant un tri supplémentaire (optique ou autre).

Qualité du compost de TMB

La photo de la page 38 présente le compost obtenu issu du TMB de 1 860 tonnes d'OM-2V. À la fin du processus d'affinage du compost, une quantité totale de 307 tonnes d'un amendement organique d'une bonne qualité a été obtenue. La teneur en eau du compost est d'environ 25 %, ce qui fait de cet amendement organique un produit sec et friable facile à transporter et à épandre.

Le compost produit lors des essais a atteint les valeurs du critère A de la norme BNQ (CAN/BNQ 0413-200, 2016) pour la teneur en corps étrangers avec une teneur moyenne de 0,38 ± 0,09 %. L'aspect visuel du compost produit a été très intéressant, car l'ensemble des piles ainsi qu'une proportion très élevée des particules de verre et les films de plastique ont été retirés lors des étapes d'affinage. Les résidus ultimes issus de l'affinage du compost sont stabilisés biologiquement, séchés et désodorisés, et ceux-ci pourraient être disposés à un site d'enfouissement comme matériel de recouvrement. Ils représenteraient seulement 8,5 % de la masse des ordures initiales.

Pour la teneur en métaux lourds des composts, il appert que les valeurs moyennes (de 31 échantillons) mesurées des 11 paramètres normés ont respecté le critère B de la norme BNQ (et C2 du MELCC). De plus, il a été constaté que la teneur en métaux lourds de 7 des 11 valeurs obtenues (Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni et Se) était meilleure que le seuil du critère A. Pour les quatre autres métaux (As, Cd, Pb et Zn), les valeurs moyennes font en sorte que le critère A n'est pas respecté, mais que le critère B est respecté. Le plomb a été l'élément le plus variable et le seul à soulever un questionnement dans ce projet (pour 4 des 31 résultats). Il est possible que la présence de très petites grenailles dans ces quatre échantillons de compost explique la variabilité plus importante de ce paramètre. Il est également possible que ces résultats découlent de l'absence de mesures spécifiques en ce qui concerne la collecte de RDD. Les résultats d'analyse du compost ont mis en lumière l'importance de réaliser plusieurs analyses de manière à bien interpréter la variabilité possible des échantillons. Il est pertinent de souligner que d'autres études ont également montré une certaine variabilité sur quelques échantillons, tant pour des composts de TMB que pour des composts de 3V (INERIS, 2012).

En moyenne, le compost de TMB a obtenu une teneur (en % sur base sèche) en azote, en phosphore (P_2O_5) et en potassium (K_2O) de 1,41, 0,93 et 1,31, ce qui se compare à des fumiers de ferme généralement plus humides que le compost de TMB (bovins, porcs et poulets ; CRAAQ, 2020). De plus, la teneur en matière organique a respecté le critère B de la norme BNQ avec une valeur moyenne de 27 %. Finalement, le procédé de compostage utilisé a permis de respecter les critères de maturité et d'hygiénisation recommandés pour un compost par la norme BNQ. Plusieurs voies de valorisation sont envisageables : grandes cultures agricoles, foresterie, utilisation dans les parcs ou les aménagements routiers, revégétalisation des sites dégradés, etc.

En plus de permettre la valorisation du compost, le TMB pourrait limiter la gestion linéaire des ordures ménagères vers un lieu de disposition final. En effet, ce TMB concentre les matières recyclables dans une fraction (grossière) relativement accessible, sèche et facile à trier.

Dimensions d'une usine de TMB et estimation des coûts

Les résultats du bilan de matière réalisé ont été transposés pour estimer la taille d'une usine de TMB pouvant traiter 15 000 tonnes par année. L'ensemble des espaces intérieurs de cette usine serait réparti sur une surface utile d'environ 6 000 m^2. L'espace et les coûts les plus importants seraient consacrés à l'infrastructure de compostage des résidus organiques ainsi qu'à l'entreposage du compost mature sur une longue durée (18 mois) avant d'en faire usage. Les équipements pour le fractionnement des ordures ménagères n'occuperaient qu'une petite surface du bâtiment (moins de 10 % du total) et représenteraient moins du quart de tous les investissements. Toutefois, plusieurs facteurs pourraient faire varier les coûts, tels que le choix du site ainsi que les coûts de la main-d'œuvre et des matériaux lors de l'implantation. Au Québec, pour plusieurs MRC situées en dehors des grands centres, les coûts de transport et de disposition de leurs ordures ménagères à leur site d'enfouissement pourraient être supérieurs aux coûts de traitement par TMB. Pour les autres municipalités, une réflexion plus globale de la gestion de leurs matières résiduelles pourrait montrer d'autres avantages par rapport à l'implantation du TMB.

TMB des ordures ménagères de la collecte à 3V

À la demande des partenaires municipaux, le TMB des OM-3V a été réalisé à trois reprises (août, octobre et janvier) avec les équipements du projet pilote. Ceux-ci voulaient obtenir un portrait plus complet des différents scénarios de récupération et de valorisation de la matière organique. Il a été constaté que des matières compostables sont encore présentes dans les OM-3V pour une proportion massique comprise entre 50 % à 62 % (similaire à ce qu'on retrouve dans les OM-2V). Un projet réalisé avec la Ville de Montréal en 2009 avait également démontré des valeurs similaires (Bernard et collab., 2009). La principale différence entre les OM-2V et les OM-3V s'est établie dans la proportion massique plus faible de matières compostables qui se retrouve dans la fraction fine, soit 38 ± 14 % pour les OM-3V comparativement à 58 ± 9 % pour les OM-2V. La fraction fine des OM-3V est également compostable. Pour l'instant, toute affirmation d'efficacité de scénario de récupération de la matière organique entre un contexte de TMB des OM-2V par rapport à la collecte séparée des matières organiques par bacs bruns demanderait une investigation beaucoup plus détaillée pour en tirer des conclusions formelles, puisque ni la quantité de matière résiduelle produite ni les secteurs de collecte ne sont comparables.

Conclusion

Ce projet pilote a permis de tirer de bons enseignements sur les diverses problématiques et les solutions associées à la mise en place d'un procédé de TMB. Des équipements d'affinage disponibles sur le marché ont permis de produire un compost de qualité pouvant être valorisé sur des sols comme amendement organique. Les principaux constats de ce projet pilote sont que :

- Les performances de récupération de la matière compostable ainsi que la qualité du compost issu de procédés de TMB mis au point sont relativement constantes et respectent les critères acceptés par les autorités compétentes (MELCC et BNQ) ;
- La proportion de matière organique compostée et stabilisée par le TMB est élevée et en lien avec les objectifs de recyclage de la matière organique du gouvernement du Québec ;
- La simplicité du TMB mis à l'essai dans le projet pilote pourrait intéresser plusieurs municipalités au Québec – tant celles qui font la collecte à 2V qu'à 3V – voulant récupérer davantage de matières organiques ainsi que réduire leurs émissions de GES.

La prochaine étape dans le développement du TMB serait d'adjoindre à la chaîne de traitement une étape de tri des matières recyclables, de manière à valoriser encore plus de matières et ainsi diminuer les volumes enfouis.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Gazon Savard, les MRC de l'Érable, de L'Islet et de Bellechasse, la Régie intermunicipale de gestion intégrée des déchets Bécancour-Nicolet-Yamaska, le MELCC, le Fonds municipal vert de la Fédération canadienne des municipalités et la Ville de Saguenay. ●

Références

Adler (2012). *Vade-macum des traitements mécano-biologiques des déchets ménagers*. ASTEE, 1re édition (juin 2012), 249 p.

AFNOR (2006). *Déchets ménagers et assimilés – Constitution d'un échantillon de déchets ménagers et assimilés contenus dans une benne à ordures ménagères*. NF X30-413, mars 2006.

Bernard, Y., et collab. (2009). *Traitement mécano-biologique des ordures ménagères*. Rapport final, 5 août 2009. Dossier CRIQ n° PE38910-R1.

Bernard, Y. (2016). *Faisabilité technico-économique du tamisage des ordures ménagères*. Rapport final, 16 mai 2016. Dossier CRIQ n° PE49665, 63 p.

BNQ (2016). *Norme canadienne sur les composts* (CAN/BNQ 0413-200, 2016).

CRAAQ (2020). *Valeurs références pour les volumes et les concentrations d'éléments fertilisants dans les effluents d'élevage*. En ligne : craaq.qc.ca/documents/files/MDGAT024__MDDELCC__simpl/Doc__complet__Final__depot.pdf.

INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques) (2012). *Étude comparative de la qualité de composts et de digestats issus de la fraction fermentescible d'ordures ménagères, collectées séparément ou en mélange*. En ligne : ineris.fr/fr/etude-comparative-qualite-composts-digestats-issus-fraction-fermentescible-ordures-menageres.

MELCC (2020). *Stratégie de valorisation de la matière organique*. En ligne : environnement.gouv.qc.ca/matieres/organique/strategie-valorisation-matiere-organique.pdf.

RECYC-QUÉBEC et ÉEQ (2015). *Rapport synthèse – Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2012-2013*. En ligne : recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/carac-2012-2013-rapport-synthese.pdf.

« La simplicité du TMB mis à l'essai dans le projet pilote pourrait intéresser plusieurs municipalités au Québec – tant celles qui font la collecte à 2V qu'à 3V – voulant récupérer davantage de matières organiques et réduire leurs émissions de GES. »