



Les MRF d'origine municipale : Caractéristiques et usages potentiels

Date : 10 mars 2026

Responsable scientifique : Denis Potvin, agr., retraité

Ce rapport a été produit à l'attention de : MAPAQ



À l'IRDA, on **collabore**, on se **questionne**, on **explore** et on **progresses** ensemble dans la même direction : celle d'une agriculture saine, dynamique et performante.

Nous sommes des **scientifiques**, mais aussi des **gens de terrain** qui **collaborent** avec l'ensemble du milieu agricole.

Notre mission consiste à innover en agroenvironnement pour créer ensemble la production agricole de demain. Consulter le www.irda.qc.ca pour en connaître davantage sur l'Institut et ses activités.

Question ou commentaire

Joanie St-Gelais, agr.
Professionnelle de recherche
Auteure principale
T : 418 643-2380, p. 415
joanie.sg@irda.qc.ca

Auteurs

Denis Potvin, agr.
Joanie St-Gelais, agr.
Marie-Michelle Corbeil, M.Sc.

Remerciements

Ce projet de recherche a été réalisé grâce à une aide financière du Programme de développement sectoriel, issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture.



Les auteurs remercient tous les collaborateurs et intervenants qui ont accepté de répondre généreusement à nos questions et de discuter des enjeux associés à l'emploi des MRF lors des entrevues et sondages réalisés. Ce projet n'aurait pu être réalisé sans la participation de plusieurs producteurs agricoles, de conseillers de production, des divers acteurs du milieu municipal, de l'Union des producteurs agricoles et des firmes de valorisation.

Ce rapport peut être cité comme suit :

St-Gelais, J., Corbeil, M.-M. et Potvin, D., 2026. Les MRF d'origine municipale : caractéristiques et usages potentiels. Rapport final. IRDA, 136 pages.

© Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

TABLE DES MATIÈRES

1	MISE EN CONTEXTE	1
1.1	La valorisation agricole comme mode de gestion des matières résiduelles	1
1.2	QUALITÉ AGRONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES MRF	1
1.2.1	Qualité environnementale des MRF	2
1.2.2	Qualité agronomique des MRF	2
2	LES MATIÈRES RÉSIDUELLES ORGANIQUES D'ORIGINE MUNICIPALE	4
2.1	Biosolides municipaux	5
2.1.1	Origines des boues	5
2.1.2	Qualité agronomique des biosolides municipaux	7
2.1.3	Qualité environnementale des biosolides municipaux	9
2.2	Résidus organiques triés à la source (ROTS)	10
2.2.1	Origine des ROTS	10
2.2.2	Qualité agronomique des ROTS	11
2.2.3	Qualité environnementale des ROTS	12
2.3	Résidus provenant des ICI	13
2.4	Synthèse MRF d'origine municipale	14
3	CONDITIONNEMENT DES MRF (AVANT UTILISATION COMME AMENDEMENT)	16
3.1	Déshydratation et séchage	16
3.1.1	Conditionnement (coagulants, floculants)	18
3.1.2	Méthodes de déshydratation mécaniques	18
3.1.3	Déshydratation et séchage par méthodes passives	18
3.1.4	Séchage thermique	19
3.2	Alcalinisation	19
3.3	Granulation	20
3.3.1	Enrichissement pré et post granulation de la matière	20
3.3.2	Utilisation des granules	21
3.4	Compostage	21
3.4.1	Quelques notions à retenir pour le compostage et le compost	22
3.4.2	Qualité agronomique du compost	22
3.4.3	Effet suppressif des composts	26
3.4.4	Le tri ou le traitement mécano-biologique (TMB)	26
3.5	Bioséchage	27
3.6	Biométhanisation (digestion anaérobie)	27
3.6.1	Propriétés des digestats	28
3.7	Incinération	30
3.7.1	Cendres et valorisation agricole	30
3.8	Synthèse des transformations	32
4	CADRE RÉGLEMENTAIRE et exigences des organismes de certification	35
4.1	Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) et ses règlements	35
4.1.1	Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE) et Règlement concernant la valorisation de matières résiduelles (RVMR)	35

4.1.2	Règlement sur les exploitations agricoles (REA).....	35
4.1.3	Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP)	35
4.2	Code de gestion des matières résiduelles fertilisantes (CGMRF)	35
4.3	Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles	36
4.4	Lois fédérales	36
4.4.1	Loi et règlement sur les engrais.....	36
4.5	Autres exigences non réglementaires d'organismes de certification	36
4.5.1	Bureau de normalisation du Québec (BNQ).....	36
4.5.2	Canada Gap®.....	36
4.5.3	Certification agriculture bio.....	37
5	SEGMENTS POTENTIELS DE MARCHÉS AGRICOLES : FREINS ET OPPORTUNITÉS	38
5.1	Méthodologie	38
5.2	Freins communs à tous les segments de marchés	38
5.2.1	Odeurs et bon voisinage	38
5.2.2	Manque de connaissances sur les effets à long terme des MRF sur la santé des sols	39
5.2.3	Manque d'information – biodisponibilité des éléments	39
5.2.4	Gestion de l'azote	39
5.2.5	Lourdeur administrative	39
5.2.6	Perception, acceptabilité et origine.....	40
5.2.7	Mauvaise presse et histoires négatives	40
5.2.8	MRF de faible siccité.....	41
5.2.9	Manque de connaissance/réglementation complexe	41
5.2.10	Teneurs en phosphore des sols récepteurs	41
5.2.11	Classification C-P-O-E-I.....	41
5.2.12	Contraintes d'épandage.....	42
5.2.13	Principe de précaution reliée à l'emploi d'une nouvelle matière.....	42
5.2.14	Attente des producteurs	43
5.2.15	Préférence pour le fumier	43
5.2.16	Exigences liées à la production biologique.....	43
5.2.17	Exigences du programme CanadaGAP®	43
5.2.18	Contamination des cultures.....	43
5.2.19	Risques de transmission de maladies.....	44
5.2.20	Terres en location	44
5.2.21	Compaction des sols	44
5.2.22	Étape d'entreposage	44
5.2.23	pH inadéquat de la MRF	45
5.2.24	Constance de qualité année après année	45
5.2.25	Manque d'information sur la disponibilité des MRF	45
5.2.26	Disponibilité des MRF	46
5.3	Opportunités communes à tous les segments de marchés.....	46
5.3.1	Aspects agronomiques et santé des sols.....	46
5.3.2	Aspects économiques.....	46
5.3.3	Aspects environnementaux et changements climatiques.....	46

5.3.4	Alternative aux fumiers	47
5.3.5	Alternative pour parcelles plus éloignées.....	47
5.3.6	Action prolongée de la fertilisation/arrière-effet	47
5.3.7	Sur les années en rotation de culture.....	48
5.3.8	Faible teneur en graines adventices	48
5.3.9	MRF granulées	48
5.3.10	Paillis	48
5.3.11	Fabrication de terreaux	48
5.3.12	Effets suppressifs des MRF compostées	48
5.4	Synthèses des freins et opportunités liés à l'emploi des mrf en agriculture.....	49
5.5	Freins et opportunités spécifiques aux segments de marchés consultés	49
5.5.1	Grandes cultures.....	49
5.5.2	Alimentation animale	50
5.5.3	Alimentation humaine	50
5.5.4	Horticulture ornementale.....	51
5.5.5	Arbres de Noël	51
5.5.6	Pépinières	52
5.5.7	Gazonnières	53
5.5.8	Horticulture fruitière et maraichère	55
5.5.9	Petits fruits.....	55
5.5.10	Légumes en champs	56
5.5.11	Pommes de terre	56
5.6	Voies de valorisation potentielles des différentes MRF.....	57
6	POINT DE VUE DES DIFFÉRENTS ACTEURS CONCERNÉS PAR LA VALORISATION AGRICOLE	60
6.1	Les municipalités	60
6.1.1	Contraintes financières	60
6.1.2	Systèmes de collecte.....	60
6.1.3	Manque de connaissances	61
6.1.4	Cadre règlementaire	61
6.1.5	Incitatifs financiers et redevances	61
6.1.6	Qualité des MRF	61
6.2	Les firmes de valorisation	62
6.2.1	Qualité des MRF	62
6.2.2	Gestion du risque.....	62
6.2.3	Infrastructures et équipements.....	63
6.2.4	Synchronisation des activités de production et de valorisation	63
6.2.5	Manque de connaissances	63
6.2.6	Coûts associés à la valorisation des MRF.....	63
6.2.7	Point de vue des firmes de valorisation exprimé lors des consultations du BAPE en 2022	64
6.3	L'Union des producteurs agricoles.....	64
7	RECOMMANDATIONS ET PISTES DE RÉFLEXION.....	67
7.1	Activités de formation et de sensibilisation	67
7.2	Pistes de recherches à explorer ou À approfondir	67

7.3	Support financier recommandé.....	68
7.4	Développement d'un répertoire web sur les MRF	69
7.5	Mentionner la réglementation concernant les MRF sur les contrats de production	69
7.6	Fabrication d'engrais de synthèse granulé à partir de MRF	69
7.7	Sceau de qualité	69
7.8	Ajout de centres de transbordement	69
8	CONCLUSION	70
9	RÉFÉRENCES	72
Annexe 1		81
Annexe 2		93
Annexe 3		115
Annexe 4		118
Annexe 5		119
Annexe 6		120
Annexe 7		121

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Génération et recyclage des matières organiques putrescibles en 2021 en tonnes humides (tiré de Recyc-Québec, 2023a).....	4
Tableau 2. Génération et recyclage des matières organiques d'origine municipale en 2021 en tonnes humides (tiré de Recyc-Québec, 2023a).....	4
Tableau 3. Répartition des différents types de traitement dans les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2020 (tableau modifié d'après MELCC, 2022).	5
Tableau 4. Influence du type de procédés de traitement des boues municipales sur la qualité agronomique des biosolides (tiré de Recyc-Québec, 2016b).....	7
Tableau 5. Comparatif de la valeur fertilisante et agronomique des boues de station mécanisée par rapport aux boues d'étangs aérées (adapté de Perron et Hébert 2007a, Recyc-Québec 2020b et Recyc-Québec 2020a).....	7
Tableau 6. Apport en matière organique et en éléments fertilisants des biosolides et des fumiers (tiré de Recyc-Québec, 2016b).	8
Tableau 7 Valeurs du Tableau 6 exprimées sur une base sèche à des fins de comparatif.....	8
Tableau 8. Caractéristiques physicochimiques des résidus organiques triés à la source pour les saisons d'hiver et d'été (Bazyar Lakeh et al., 2019).....	11
Tableau 9. Composition des résidus organiques triés à la source torontoise (tiré de Levis et al. 2010).	13
Tableau 10. Répartition des quantités de matières fertilisantes épandues annuellement en terre agricole en 2015 (tonnes humides) (tiré de MDDELCC, 2016).	15
Tableau 11. Variation d'éléments traces contenus dans différents types de compost (tiré de Stehouwer et al., 2022).	23
Tableau 12. Variation d'éléments traces contenus dans des composts municipaux (tiré de Stehouwer et al., 2022).	23
Tableau 13. Exemples de caractéristiques des composts selon les exigences des marchés (tiré de Solinov, 2006).	24
Tableau 14. Variation de paramètres physiques et de fertilités contenus dans différents types de compost (tiré de Stehouwer et al., 2022).	24
Tableau 15. Variation de paramètres physiques et de fertilité contenus dans des composts municipaux (tiré de Stehouwer et al., 2022).	24
Tableau 16. Teneurs moyennes en azote des engrais de ferme et des MRF organiques (tiré de CRAAQ, 2015). ...	25
Tableau 17. Quelques paramètres agronomiques (b.s.) des cendres de la station d'épuration de Montréal de janvier 2014 à juin 2018 (tiré de Hébert, 2021).	31
Tableau 18. Caractéristiques physico-chimiques des CCB (tiré de Joseph, 2019).	31
Tableau 19. Impacts du conditionnement selon une perspective agricole (adapté de Recyc-Québec, 2016b et Recyc-Québec, 2016c).....	32
Tableau 20. Valeur agronomique de 13 amendements organiques (adapté à partir des fiches techniques sur les matières résiduelles fertilisantes de Recyc-Québec, publiées en 2020).	34
Tableau 21. Niveaux de risques associés aux amas au champ en l'absence de conduite préventive (tiré de Côté et al. 2009).	45
Tableau 22. Freins et opportunités pour les divers segments de marchés.	49
Tableau 23. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur de l'alimentation animale.	50
Tableau 24. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur de l'alimentation humaine. ...	51

Tableau 25. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des arbres de Noël.	52
Tableau 26. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des pépinières.	53
Tableau 27. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des gazonnières.	55
Tableau 28. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des petits fruits.	56
Tableau 29. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des légumes en champs.	56
Tableau 30. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur de la pomme de terre.	57
Tableau 31. Voies de valorisation potentielles de différentes MRF en regard de la réglementation.	58
Tableau 32. Usage préférentiel des différentes MRF par segment de marché.	59

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Types de qualité attribuables aux MRF (adaptée de Stehouwer et al. 2022).....2

Figure 2. Fonctions de l'écosystème de la matière organique du sol et des processus qui les supportent (tiré de Hoffland et al., 2020).3

Figure 3. Destination des boues municipales (tiré de Recyc-Québec, 2023a).5

Figure 4. Destination des résidus verts et alimentaires (Recyc-Québec, 2023a). 10

Figure 5. Fluctuation mensuelle de la quantité de résidus verts et alimentaires produite annuellement (tiré d'Environnement Canada, 2013). 11

Figure 6. Quantité totale de MRF épandues sur des terres agricoles au Québec (tonnes humides) (tiré de Recyc-Québec, 2016c). 15

Figure 7. Siccités de différentes MRF et leurs impacts sur le transport, l'entreposage et l'usage. (tirée de Recyc-Québec, 2016 b, Recyc-Québec, 2020d, Recyc-Québec, 2020e, Recyc-Québec, 2020f, Hébert, 2021 et Englobe, 2022). 17

Figure 8. Évolution du nombre de fermes déclarantes et de leurs superficies moyennes au Québec de 1996 à 2016 (tiré de MAPAQ, 2019). 47

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACM : Amendement calcique magnésien

AQC : Alliance de la Qualité Compost

AQD : Alliance de la Qualité Digestats

BAPE : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement

BFS : Boues de fosses septiques

BNQ : Bureau de normalisation du Québec

CaO : Chaux vive

CARTV : Le Conseil des appellations réservées et des termes valorisants

CCB : Cendres de combustion de boues

CCC : Conseil Canadien du Compost

CCME : Conseil Canadien des Ministres en Environnement

Réf. : Référez-vous à...

C/N : Rapport carbone/azote

C-P-O-E-I (classification des MRF) : Contaminants-Pathogènes-Odeurs-Corps étrangers-Paramètres investigateurs préventifs

CRD : Construction, rénovation, démolition

ECC : Équivalent carbonate de calcium

FQM : Fédération québécoise des municipalités

GES : Gaz à effet de serre

CGMRF : Code de gestion des matières résiduelles fertilisantes

ICI : Industries, commerces et institutions

LET : Lieu d'enfouissement technique

LQE : Loi sur la qualité de l'environnement

MAMOT : ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire

MDDELCC : ministère du Développement durable et de la Lutte aux changements climatiques

MELCC : ministère de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques

MELCCFP : ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs

MO : Matière organique

MRF : Matières résiduelles fertilisantes

NH₃ : Azote ammoniacal

NH₄⁺ : Ammonium

PAEV : Plan agroenvironnemental de valorisation

PAEF : Plan agroenvironnemental de fertilisation

SPFA : Substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (terme anglais Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances, PFAS)

PFRP : Process to further reduce pathogens

PN : Pouvoir neutralisant

PTMOBC : Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage

PQGMR : Politique québécoise de gestion des matières résiduelles fertilisantes

REA : Règlement sur les exploitations agricoles

ROTS : Résidus organiques triés à la source

TMB : Traitement mécano-biologique

UMQ : Union des municipalités du Québec

3RV-E : Réduction à la source, Réemploi, Recyclage, Valorisation, Élimination

LEXIQUE

Acétogénèse : Les produits résultant de l'étape de fermentation nécessitent une transformation supplémentaire avant de pouvoir produire du méthane. C'est ici qu'interviennent les bactéries réductrices acétogènes et des bactéries sulfato-réductrices, productrices d'hydrogène sulfuré H₂S. https://www.biogaz-energie-renouvelable.info/methanisation_schema.html

Acidogénèse : Transforme ces molécules simples en acides de faibles poids moléculaires tels l'acide lactique et les acides gras volatils de 2 à 5 atomes de carbone. Parallèlement sont produits des alcools de faible poids moléculaire, tel que l'éthanol du bicarbonate et de l'hydrogène moléculaire. https://www.biogaz-energie-renouvelable.info/methanisation_schema.html

ACM : Les amendements calciques ou magnésiens (ACM) regroupent pour leur part les cendres, les poussières de cimenteries, les boues de chaux de papetières, les coquilles d'œufs et autres résidus minéraux alcalins utilisés principalement pour élever le pH des sols. (Hébert, 2015)

Adventices (graines adventices) : Le concept de plante adventice (du [latin](#) adventicius issu du verbe advenir, « qui vient de l'extérieur »), ou « mauvaise herbe » désigne, pour les agriculteurs et les jardiniers, une [plante](#) qui pousse dans un milieu aménagé (champ, massif) sans y avoir été intentionnellement introduite. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Adventice>

Agents structurants : Généralement, des résidus ligneux à base de carbone (copeaux de bois, feuilles mortes, etc.) qui sont mélangés aux matières organiques en vue de créer un mélange favorable au compostage. Les agents structurants permettent d'ajuster la teneur en humidité ou le ratio carbone/azote (C/N). Ils augmentent la porosité et favorisent l'aération du mélange. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Amendement ou amendement organique: Produit d'origine végétale et/ou animale, apporté principalement pour améliorer les propriétés physiques et l'activité biologique des sols (BNQ 0413-200/2005). Certains amendements organiques (ex. : composts, digestats, biosolides) sont issus du traitement des résidus organiques. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Aoûtement : C'est un changement physiologique essentiel dans le cycle de vie des végétaux. C'est en quelque sorte le ralentissement de leur « métabolisme ». L'aoûtement permet le durcissement des fibres des nouvelles pousses pour l'hiver. Sans ce durcissement complet, nos arbres souffriraient du froid durant cette saison. Ce changement survient graduellement vers le mois d'août lors des baisses des températures et de la durée d'exposition à la lumière. <https://www.pepiniereancestrale.com/blog/laoutement-un-phenomene-essentiel-dans-la-vie-de-nos-vegetaux--n3>

Biodégradabilité : Capacité d'une molécule à être dégradé biologiquement, c'est-à-dire par l'action d'organismes biologique. https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/biodegradabilite.php4

Biométhanisation : La biométhanisation (ou digestion anaérobie) est un processus biologique naturel de décomposition de la matière organique par des microorganismes (bactéries) qui s'activent dans des conditions anaérobiques (sans oxygène). La digestion de la matière organique génère à la fois du biogaz, une énergie renouvelable riche en méthane, et du digestat, un résidu riche en éléments fertilisants. <https://www.recyc->

quebec.gouv.qc.ca/entreprises-organismes/matieres-organiques/scenarios-gestion-entreprise/biomethanisation-sur-place

Bioséchage : Procédé industriel de traitement des matières organiques, avec oxygène, utilisant la ventilation et la chaleur dégagée par les bactéries pour accélérer l'évaporation de l'eau et permettre la production d'un matériau sec en vue de l'épandage ou du traitement thermique. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Biosolides : « Matériel qui résulte du traitement des boues et qui contient des matières organiques et des éléments nutritifs » (BNQ, 2009). À la différence des boues, les biosolides ont subi un traitement pour diminuer ou éliminer les organismes pathogènes, sauf dans les cas où ils n'en contiennent pas de façon importante au départ. Un biosolide doit également avoir une siccité minimale de 0,5% m.s., sinon on considère qu'il s'agit d'une eau usée. (Hébert, 2015). Les biosolides proviennent du traitement primaire des eaux usées (boues primaires), ou du traitement secondaire (biosolides secondaires), et sont souvent combinés ensemble (biosolides mixtes). Ces biosolides peuvent provenir du traitement d'eaux usées municipales ou industrielles. Ils sont utilisés comme amendements organiques des sols ou comme source d'éléments fertilisants (engrais). (Hébert, 2015)

Boues : Voir définition biosolides

CanadaGAP : CanadaGAP® est un programme de salubrité des aliments pour les entreprises qui produisent, manipulent et négocient des fruits et légumes. <https://www.canadagap.ca/program/>

Cendres de grilles : Les cendres de grilles (ou de fond) sont récupérées au bas des fours. (Hébert, 2021)

Cendres volantes : Les cendres volantes sont captées lorsque les gaz produits par la combustion des résidus d'épuration sont traités par des épurateurs avant leur rejet par les cheminées. (CCME, 2012)

Compostage : Procédé de traitement biologique qui permet la biodégradation (biooxydation) des matières organiques, sous l'action de microorganismes aérobies (vivant en présence d'oxygène). Les matières organiques sont d'abord mélangées à des agents structurants (ex. : copeaux de bois) pour en favoriser l'aération, puis placées en andains, en piles ou dans un réacteur. On obtient le compost après l'atteinte d'une phase thermophile (température entre 45 °C et 70 °C) et après une phase subséquente de maturation. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Compost : Produit solide mature issu du compostage des résidus organiques. Le compost est un produit stable, riche en composés humiques, qui sert principalement d'amendement pour les sols. Il a généralement l'apparence d'un terreau riche en humus et est peu odorant. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Corps étrangers : Matière indésirable, comme du métal, du verre ou du plastique, qui peut se trouver dans les résidus récupérés à traiter ou dans les produits tels que les composts. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Cultures vivrières : [Cultures destinées à l'alimentation humaine.](#)

Déshydratation : Ensemble des techniques destinées à extraire le maximum d'eau de certaines matières. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/d%C3%A9shydratation/24452>

Désodorisation : Traiter (quelque chose) pour enlever son odeur. <https://fr.wiktionary.org/wiki/d%C3%A9sodoriser>

Eaux usées : Effluent liquide non traité, provenant soit des procédés industriels ou municipaux, soit des activités domestiques ou commerciales (évacuation des toilettes, des eaux ménagères des cuisines et des salles de bains).

Ces liquides contiennent notamment des matières organiques dégradables, dissoutes ou en suspension et nécessitent généralement un traitement (ex. : dans une station d'épuration des eaux) avant leur rejet. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Économie circulaire : Système de production, d'échange et de consommation visant à optimiser l'utilisation des ressources à toutes les étapes du cycle de vie d'un bien ou d'un service, tout en réduisant l'empreinte environnementale et en contribuant au bien-être des individus et des collectivités. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Éléments traces métalliques : Les éléments traces métalliques sont des éléments métalliques ou des métalloïdes dont la concentration n'excède pas 1000 mg/kg dans un échantillon ou un milieu donné (Basta et al., 2005). Certains éléments traces métalliques sont des oligo-éléments essentiels ou bénéfiques aux êtres vivants, tels le cuivre et le zinc. D'autres, comme le cadmium, le mercure et le plomb, sont des contaminants stricts, puisqu'ils n'ont pas d'utilité connue pour les êtres vivants (Tremel-Schaub et Feix, 2005). (Perron et Hébert, 2007b)

Élimination : Comprend l'enfouissement et l'incinération. (Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles, chapitre Q-2, r. 43, art.2)

Engrais à libération lente : Généralement sous forme de granule, l'engrais lent a pour but de libérer une quantité de nutriments sur une longue durée et ainsi vous éviter de répéter l'opération. <https://jardinerfacile.fr/engrais-a-liberation-lente-ce-qu'il-faut-savoir/>

Extrusion : L'extrusion est un procédé de fabrication mécanique consistant à compresser un matériau dans un format donné sous l'action d'une pression. L'extrusion peut s'effectuer à chaud ou à froid et se combiner à une réaction chimique ou enzymatique -- on parle dans ce cas d'extrusion réactive.

<https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/matiere-extrusion-18482/>

Fertigation : La fertigation (mot-valise formé sur fertilisation et irrigation) est une technique agricole consistant à appliquer des éléments fertilisants solubles dans l'eau par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Cette technique est notamment rendue possible par le système d'irrigation du goutte-à-goutte enterré. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Fertigation>

Firmes de valorisation : Entreprises de gestion qui prennent en charge les activités de valorisation des MRF entre le générateur et le producteur.

Générateurs de MRF : industrie, organismes municipaux, institutions qui produisent des MRF et qui doivent en disposer en priorisant la chaîne de valeur 3RV-E établie par le gouvernement du Québec.

Hygiénisation : L'hygiénisation vise à réduire à des taux acceptables les concentrations en agents pathogènes présents dans les boues (bactéries, virus, parasites). https://www.dictionnaire-environnement.com/hygiensation_ID1788.html#:~:text=Selon%20le%20CSHPF%2C%20l'hygi%C3%A9nisation,bact%C3%A9ries%2C%20virus%2C%20parasites

Lieu d'enfouissement technique : Un lieu d'enfouissement technique (LET) est un site de gestion des matières résiduelles aménagé conformément aux exigences du Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (REIMR). <https://www.ridr.qc.ca/site/le-lieu-denfouissement/>

Lixiviat : Liquide résiduel produit par l'infiltration d'eau ou d'autres liquides à travers une masse de matières lors de leur entreposage ou à l'une ou l'autre des étapes de traitement. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Matière résiduelle : Matière ou objet rejeté par les ménages, les fermes, les industries, les commerces ou les institutions, et qui est mis en valeur ou éliminé. Note(s) : Les matières résiduelles sont mises en valeur par la récupération, le recyclage, le réemploi ou le compostage. Il y a des matières résiduelles vues comme étant putrescibles (feuilles, gazon, restes de table, boues, résidus forestiers) et des matières résiduelles vues comme étant récupérables (métaux, verre, carton, papier, plastique, pneus). <https://www.thesaurus.gouv.qc.ca/tag/terme.do?id=7823>

Matières résiduelles fertilisantes : Les MRF se présentent sous diverses formes, solides à liquides, déterminées principalement par leur siccité (teneur en matière sèche). Certaines sont considérées plutôt comme des engrais utiles aux plantes, alors que d'autres sont principalement utilisées comme amendements de sols. Les principaux types de MRF sont les « biosolides », les amendements calciques ou magnésiens (ACM) et les composts. (Hébert, 2015)

Matière organique : Fraction de matière vivante (matière végétale, matière animale ou microorganismes) pouvant se décomposer sous l'action de microorganismes. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Métaux lourds : [Voir éléments traces métalliques.](#)

Pathogène : [Qui peut causer une maladie.](#) <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/pathogene>

SPFA : Les substances per- et polyfluoroalkyles (SPFA) sont un groupe de produits chimiques synthétiques caractérisés par une forte liaison entre le fluor et le carbone. Ces substances forment une famille complexe de plusieurs milliers de composés chimiques d'origine humaine. Ils sont très stables et persistent très longtemps dans l'environnement. On les retrouve dans des centaines de produits d'applications industrielles ou des produits de consommation tels que les moquettes, les vêtements, les tissus d'ameublement, les emballages en papier alimentaire, les revêtements de fils et de câbles et dans la fabrication de semi-conducteurs. https://nasf.org/pfas/what-are-pfas/?gclid=EAIaIQobChMI7_jcx_bp-wlVI8mUCR01vAxjEAAAYAiAAEglqgvD_BwE et [Substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées \(SPFA\) | Gouvernement du Québec](#)

Phytotoxicité : Propriété d'une substance qui est toxique pour les plantes.

https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/phytotoxicite.php4#:~:text=Propri%C3%A9t%C3%A9%20d'une%20substance%20qui,substances%20toxiques%20d'origine%20v%C3%A9g%C3%A9tale

Rapport C/N : Rapport entre le carbone organique et l'azote total d'une matière organique, généralement indicateur de sa biodégradabilité (aptitude à se décomposer) et de la vitesse de libération de l'azote qu'elle contient. Le carbone organique équivaut environ à 50 % de la matière organique fraîche. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Résidus agroalimentaires : Matière organique résiduelle végétale ou animale générée par les usines de transformation alimentaire, issue de la préparation, de la transformation et de la distribution d'aliments et de boissons. Les résidus agroalimentaires peuvent contenir des produits et des sous-produits alimentaires en surplus

ou périmés, des pertes ou des rejets de taille, etc. Ils peuvent aussi contenir des fibres et des corps étrangers, et être solides, semi-solides ou liquides. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

ROTS : Matière organique végétale ou animale provenant principalement de la préparation, de la consommation et de la distribution d'aliments et de boissons, dont le tri est fait sur le lieu où est produite cette matière résiduelle (secteurs municipal et industriel, commercial et institutionnel). <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Siccité : Teneur en matière sèche d'une matière, exprimée en pourcentage, sur base humide. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Séchage : Action de faire sécher, d'ôter par évaporation (naturelle ou artificielle) l'excès d'eau ou de liquide que contient un objet, une substance. <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/sechage>

1 MISE EN CONTEXTE

1.1 LA VALORISATION AGRICOLE COMME MODE DE GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

La Politique québécoise de gestion des matières résiduelles (PQGMR) oriente les options de gestion vers des approches axées sur la valorisation et souhaite réduire au maximum le recours aux alternatives d'élimination (incinération et enfouissement). La PQGMR propose différentes mesures qui respectent les principes du développement durable et la hiérarchie des modes de gestion des matières résiduelles (3RV-E) (Recyc-Québec, 2019). La PQGMR prévoit la mise en œuvre de mesures pour répondre aux trois enjeux majeurs de la gestion des matières résiduelles, soit :

- Mettre un terme au gaspillage des ressources ;
- Contribuer à l'atteinte des objectifs du Plan d'action sur les changements climatiques ;
- Responsabiliser l'ensemble des acteurs concernés par la gestion des matières résiduelles.

Compte tenu de l'importance accordée à la gestion de la matière organique dans la Politique, un programme de traitement de matières organiques par biométhanisation et compostage (PTMOBC) a été instauré en 2009. Ce programme muni d'une enveloppe budgétaire initiale de 650 M\$ a entraîné un changement dans la gestion des matières organiques résiduelles que l'on souhaitait bannir de l'élimination en 2020. De plus, de nouvelles matières issues de la biométhanisation (digestats) ont fait leur apparition depuis quelques années et s'ajoutent à la liste des MRF potentiellement utilisables sur les terres agricoles.

Conséquemment, la quantité de matières résiduelles fertilisantes (MRF) d'origine municipale qui sera générée au cours des prochaines années devrait poursuivre son augmentation.

Plusieurs intervenants œuvrant dans le secteur agricole s'interrogent sur la capacité de ce secteur à recevoir les quantités de MRF actuellement générées et celles à venir. Pour répondre adéquatement à cette préoccupation, il importe d'identifier les besoins et les attentes des utilisateurs ainsi que les caractéristiques agronomiques et environnementales des matières résiduelles utilisables en agriculture comme amendement/fertilisant pour les sols et cultures.

Si la caractérisation agronomique et environnementale s'avère essentielle aux agronomes qui ont la responsabilité de réaliser les Plans agroenvironnementaux de valorisation (PAEV) et les Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF) des entreprises agricoles réceptrices, il est également essentiel que l'ensemble des attentes techniques, pratiques et économiques des utilisateurs soient comblées.

La PQGMR oriente les options de gestion vers des approches axées sur la valorisation et souhaite réduire au maximum le recours aux alternatives d'élimination (incinération et enfouissement). Sur la base des connaissances techniques actuelles (revue de littérature) et de consultations réalisées auprès de divers intervenants (sondage et entrevues), les informations contenues dans ce document visent à appuyer la réflexion et tentent de répondre ultimement à l'objectif qui vise à « utiliser le bon produit à la bonne place ».

Conséquemment, le présent document vise à présenter une information technique traitant de l'origine des principales MRF d'origine municipale, leurs caractéristiques et les divers marchés récepteurs agricoles potentiels. Il comprend également le point de vue de nombreux intervenants qui œuvrent dans le secteur agricole et qui s'intéressent à l'emploi des MRF en agriculture (générateurs, utilisateurs, conseillers et experts). Il s'adresse aux agronomes, aux producteurs agricoles et aux intervenants intéressés à utiliser des MRF pour l'entretien de la productivité de leurs sols conformément aux pratiques agricoles adaptées à leur exploitation et à la réglementation en vigueur.

1.2 QUALITÉ AGRONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES MRF

Les MRF ont des caractéristiques agronomiques amendantes, comme source de matière organique (MO) et fertilisantes comme source d'éléments nutritifs et sont utilisées pour amender les sols et nourrir les cultures. Sous certaines conditions, elles peuvent être employées comme intrant dans la fabrication de terreaux horticoles lorsque la stabilité de la MO le permet comme c'est habituellement le cas avec les MRF compostées. Les matières résiduelles doivent se conformer à certaines

exigences de nature environnementale pour pouvoir être recyclées sur les sols. Pour cette raison, on réfère au terme de qualité environnementale pour les caractéristiques liées à la protection de l'environnement (air-eau-sol)(Figure 1).



Figure 1. Types de qualité attribuables aux MRF (adaptée de Stehouwer et al. 2022).

Lorsqu'on aborde la qualité agronomique d'une MRF, on réfère aux caractéristiques bénéfiques pour les végétaux et les sols (apport de MO, amendement chaulant ou apport de fertilisants).

Une MRF peut avoir les qualités pour une application spécifique visée et non pour l'ensemble des usages potentiels. Par exemple, le niveau de stabilité de la MO d'une MRF organique recherchée sera fonction de son mode d'utilisation et des cultures visées (Muller, 2016).

1.2.1 Qualité environnementale des MRF

Au Québec, la qualité environnementale réfère aux catégories de classification des MRF établies dans le Code de gestion des matières résiduelles fertilisantes (CGMRF). Il s'agit d'une classification dont les caractéristiques comportent des niveaux de qualité (1,2,3 et hors catégorie) qui établissent des teneurs maximales pour les catégories suivantes : contaminants (C), pathogènes (P), odeur (O), corps étrangers (E) et paramètres investigateurs préventifs (I) (réf CGMRF (2025)).

1.2.2 Qualité agronomique des MRF

1.2.2.1 Apport de matière organique

Les MRF peuvent contenir des concentrations en MO importantes et leur utilisation représente, dans ce cas, un apport significatif de MO pour les sols récepteurs. La Figure 2 présente les effets de l'apport de MO sur les différentes fonctions du sol (Hoffland et al., 2020).

Un amendement organique peut avoir un effet sur les microorganismes du sol (Fuchs et al., 2014). Une augmentation de la biomasse microbienne dans le sol peut découler de la stimulation de la microflore indigène suivant l'apport de carbone par les MRF ou encore, être attribuable aux microorganismes contenus dans l'amendement (Saison et al., 2006, Garcia-Gil et al., 2000 ainsi que Vieublé-Gonod et al., 2009). L'augmentation de l'activité microbienne peut contribuer à la stabilisation des agrégats (Annabi et al., 2007, Bipfubusa et al., 2008). Par ailleurs, si la structure du sol est améliorée, la croissance des racines et des plantes l'est également (Clapp, 1986).

Le taux de MO du sol est un facteur important qui influence l'adsorption des minéraux et limite ainsi leur lessivage et l'application de MRF s'avère bénéfique à long terme pour le maintien et/ou l'augmentation de la MO des sols. De plus, elles sont utiles pour augmenter la capacité de rétention en eau des sols, et ce, même avant la stabilisation de cette MO (Lal, 2020).

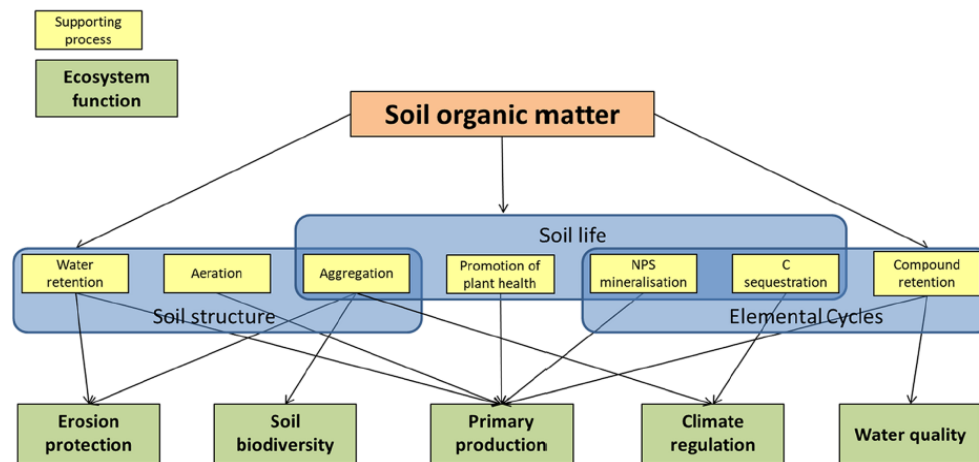


Figure 2. Fonctions de l'écosystème de la matière organique du sol et des processus qui les supportent (tiré de Hoffland et al., 2020).

1.2.2.2 Amendement chaulant

Certaines espèces végétales croissent mieux dans un sol acide (plantes acidophiles) alors que d'autres préfèrent un sol au pH plutôt neutre, voire alcalin. Il est aussi reconnu que la disponibilité des éléments fertilisants est influencée par le pH du sol, car celui-ci affecte la forme sous laquelle se retrouvent les éléments. En pratique, les producteurs utilisent la chaux calcaïque pour corriger le pH de leurs terres.

Certaines MRF (ex : cendres ou boues de désencrage ayant subi une alcalinisation lors de leur traitement) ont un pouvoir chaulant. Celles-ci, comme les résidus de désencrage chaulants et les biosolides municipaux chaulés, permettent d'apporter en surcroît de la MO et des fertilisants comparativement à la chaux conventionnelle qui ne fait que chauler (CRAAQ, 2015).

1.2.2.3 Apport fertilisant

Les MRF ont des caractéristiques fertilisantes variables en fonction de leur nature et de leurs concentrations en éléments majeurs (N-P-K), secondaires (Ca, Mg et S) et autres éléments requis en moindres quantités par les plantes (oligo-éléments). Les procédés de traitements peuvent influencer la concentration finale de certains éléments contenus dans les MRF; certains traitements concentrent les éléments minéraux, alors que d'autres engendrent des pertes (réf. section 3).

L'emploi de MRF organiques peut s'avérer avantageux économiquement pour les producteurs qui n'ont pas à défrayer la valeur associée à leur contenu en fertilisants.

2 LES MATIÈRES RÉSIDUELLES ORGANIQUES D'ORIGINE MUNICIPALE

Les municipalités québécoises ont la responsabilité de gérer les matières résiduelles produites sur leur territoire. Le gisement des matières résiduelles associé au monde municipal est varié et comprend principalement les trois types de matières suivantes :

- Les biosolides municipaux provenant de stations d'épuration ou d'étangs ;
- Les résidus organiques triés à la source (ROTS) :
 - résidus alimentaires provenant du bac brun ;
 - résidus verts (gazon, feuilles, résidus végétaux) ;
- Les résidus des institutions, commerces et industries (ICI) issus d'une collecte dédiée. (*)

(*) La collecte des résidus provenant des secteurs ICI est réalisée soit par les municipalités, soit par le secteur privé. Bien qu'il n'y ait pas encore d'obligation pour les ICI de participer à la collecte de matières recyclables, 65 % des organismes municipaux sondés desservaient plus de 90 % des ICI de leur territoire pour la collecte des matières recyclables en 2020 (ÉÉQ et Recyc-Qc, 2021).

Le MELCCFP et Recyc-Québec publient des données sur les quantités de matières résiduelles générées annuellement ainsi que leur mode de disposition par le biais de bilans périodiques. Le Tableau 1 présente les quantités et le mode de disposition pour certains types de matières résiduelles générées au Québec incluant certaines MRF d'origine municipale (Recyc-Québec, 2023a). On constate que les MRF d'origine municipale (Résidus alimentaires + Résidus verts + Biosolides municipaux) représentent une proportion importante du gisement des matières organiques générées qui pourraient être recyclées et valorisées comme amendement en agriculture, soit environ 45 % du total généré. En 2021, le taux de recyclage était de 43 % pour les résidus alimentaires et résidus verts, et de 57 % pour les biosolides municipaux (Tableau 2).

Tableau 1. Génération et recyclage des matières organiques putrescibles en 2021 en tonnes humides (tiré de Recyc-Québec, 2023a).

Secteur d'activités	Total généré	Élimination			Recyclage					Taux de recyclage en 2021	Taux de recyclage en 2018	Quantités recyclées en 2018	Variation des quantités recyclées 2018-2021
		Enfouissement	Incinération	Total éliminé	Alimentation animale et équarrissage	Compostage	Biométhanisation	Épandage	Total recyclé				
Matières organiques du secteur municipal incluant les boues	2 092 000	1 089 000		1 089 000	S.O.	593 000	63 000	346 000	1 002 000	48 %	35 %	675 000	48 %
Boues et résidus organiques putrescibles de papeteries	900 000	122 000	341 000	463 000	S.O.	S.O.	1 000	436 000	438 000	49 %	34 %	330 000	33 %
Autres résidus ICI (sans bois, résidus agricoles, effluents d'élevage et tourbe)	504 000	465 000		465 000	S.O.	31 000	9 000	S.O.	39 000	8 %	5 %	51 000	-24 %
Total (sans résidus agroalimentaires)	3 496 000	2 017 000		2 017 000	S.O.	623 000	73 000	783 000	1 479 000	42 %	27 %	1 057 000	40 %
Boues et résidus agroalimentaires	1 141 000	1 000		1 000	928 000	6 000	138 000	69 000	1 140 000	100 %	97 %	1 210 000	-6 %
Total	4 638 000	2 018 000		2 018 000	928 000	629 000	211 000	852 000	2 619 000	56 %	44 %	2 267 000	16 %

Tableau 2. Génération et recyclage des matières organiques d'origine municipale en 2021 en tonnes humides (tiré de Recyc-Québec, 2023a).

Secteur d'activités	Total généré	Élimination			Recyclage					Taux de recyclage en 2021	Taux de recyclage en 2018	Quantités recyclées en 2018	Variation des quantités recyclées 2018-2021
		Enfouissement	Incinération	Total éliminé	Alimentation animale et équarrissage	Compostage	Biométhanisation	Épandage	Total recyclé				
Résidus verts et alimentaires municipaux	1 298 000	745 000		745 000	S.O.	512 000	41 000	400	553 000	43 %	31 %	387 000	43 %
Boues municipales	794 000	45 000	299 000	344 000	S.O.	81 000	23 000	346 000	449 000	57 %	42 %	288 000	56 %
Total	2 092 000	1 089 000		1 089 000	S.O.	593 000	63 000	346 000	1 002 000	48 %	35 %	675 000	48 %

2.1 BIOSOLIDES MUNICIPAUX

Les biosolides municipaux sont issus du traitement des eaux usées réalisé par des stations d’épuration ou d’étangs aérés et doivent avoir un minimum de 0,5 % de siccité; ils se présentent donc sous des formes liquide, pâteuse ou solide.

En raison de leurs caractéristiques et de leur contenu en MO et éléments fertilisants, la valorisation des biosolides municipaux sur les sols agricoles est une alternative de disposition qui se pratique au Québec depuis plusieurs années. En effet, au lieu d’enfouir ou d’incinérer les boues, il est possible de les utiliser comme amendement de sols sur des terres agricoles pour fertiliser les cultures (Recyc-Québec, 2019). Cette avenue est favorablement identifiée comme moyen d’atteindre les objectifs gouvernementaux de valorisation de la matière organique.

En 2023 au Québec, les quantités de boues municipales envoyées à l’incinération ou à l’enfouissement sont équivalentes à celles qui sont épandues en agriculture. Quant aux modes de traitement biologique des boues, 3 % des boues vont à la biométhanisation et 10 % sont compostées (Recyc-Québec, 2023a). (Figure 3)

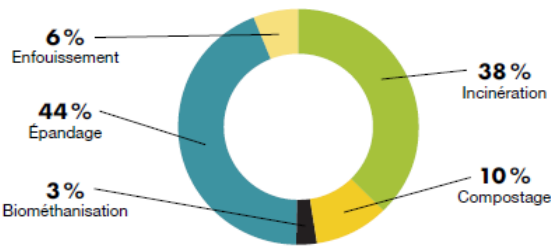


Figure 3. Destination des boues municipales (tiré de Recyc-Québec, 2023a).

2.1.1 Origines des boues

Au Québec, les boues proviennent principalement de stations mécanisées (incluant celles utilisant des procédés physico-chimiques ou des boues activées) et d’étangs aérés (Perron et Hébert, 2007a).

On retrouve également des stations qui sont dédiées exclusivement au traitement des boues de fosses septiques (BFS). Il y a également d’autres types de traitements moins communs comme les bionest, les filtres intermittents à recirculation ou les filtres à tourbes, mais qui ne sont pas abordés dans le présent document. Le Tableau 3 donne un aperçu de la répartition des différents types de traitement utilisés par les usines d’épuration au Québec. Il est à noter que la majorité des ouvrages municipaux de traitement sont de type étangs aérés.

Tableau 3. Répartition des différents types de traitement dans les ouvrages municipaux d’assainissement des eaux pour l’année 2020 (tableau modifié d’après MELCC, 2022).

Type de système de traitement	Pourcentage des stations qui l’emploient (%)
Boues activées	6
Étangs aérés	69
Étangs à rétention réduite	6
Étangs non aérés	5
Physicochimique	1
Autres technologies spécifiques	8

2.1.1.1 Stations mécanisées

En 2020, environ 830 stations d’épuration génèrent annuellement plus de 600 000 tonnes humides de biosolides municipaux (MELCC, 2022). Les stations de traitement des eaux usées qui traitent des volumes d’eau usée de plus de 50

000 m³ par jour sont généralement de type mécanisé¹ et elles se retrouvent surtout dans les grandes agglomérations de la province (Coalition Avenir Québec, 2014).

Les stations de type mécanisées comprennent divers systèmes de traitement (tiré de MELCCFP, 2022b) :

- Disques biologiques et autres réacteurs biologiques rotatifs
- Biofiltration (tous les types)
- Bio-fosse MN
- Biotour (tous les types)
- Boues activées (tous les types)
- Oxydation rapide avec polissage
- Physico-chimique
- Réacteur biologique à garnissage en suspension (tous les types)
- Réacteur biologique membranaire (tous les types)
- Étangs aérés avec débit moyen supérieur à 50 000 m³/jour

Note : Les stations mécanisées sont présentées dans leur ensemble et chacune des spécificités associées à ces types de traitement mécanisés n'est pas abordée.

2.1.1.2 Étangs aérés

Comme mentionné précédemment, les stations d'épuration avec étangs aérés sont nombreuses au Québec. En 2022, le MELCCFP en dénombrait 573 (MELCC, 2022). Elles traitent les eaux usées de villes ou d'industries et sont principalement situées dans les petites municipalités. Bien qu'elles représentent 69 % des installations de traitement à l'échelle de la province, les stations d'étangs aérés ne produisent que le quart du volume total de biosolides municipaux produits au Québec (MELCC, 2022).

On compte en moyenne entre 2 et 4 étangs par station et ceux-ci sont de dimensions et de géométries variées (Ridyard, 2020). Ces étangs sont munis d'aérateurs qui permettent de maintenir des conditions aérobies favorisant ainsi la dégradation de la matière organique dissoute. Les boues sont constituées de la matière organique qui décante et s'accumule au fond des étangs (Ridyard, 2020).

Au cours de leur passage dans les étangs successifs, les boues décantées subissent une décomposition (stabilisation) progressive et conséquemment, leurs caractéristiques physico-chimiques changent. En pratique, plus le nombre d'étangs est élevé, plus la granulométrie des boues devient fine, ce qui peut complexifier la confection d'amas lors de l'entreposage temporaire avant l'épandage en raison d'un angle de repos faible (Brousseau-Trudel 2022).

Si le temps de rétention de la phase liquide dans les bassins est de quelques jours seulement, les particules, qui décantent au fond des bassins, s'accumulent quant à elles sur une période pouvant aller de 5 à 15 ans (Perron et Hébert, 2007a). Il est recommandé de procéder à la vidange des bassins lorsque les boues atteignent 15 % du volume de l'étang (MAMOT, 2009).

Les biosolides provenant d'étangs aérés peuvent être puisés directement dans l'étang sous forme liquide, ou préalablement déshydratés et/ou séchés avant d'être épandus. Différents procédés sont utilisés pour la déshydratation de boues d'étangs : lits de séchage, sacs filtrants ou centrifugeuses mobiles (Recyc-Québec, 2016b).

2.1.1.3 Boues de fosses septiques (BFS)

À l'instar des étangs aérés, les fosses septiques génèrent une fraction solide des eaux usées domestiques qui est récupérée lors de leur vidange à l'aide de camions spécialisés. Les boues ainsi récupérées peuvent être transportées à une station d'épuration des eaux usées pour y être traitées seule ou en mélange avec d'autres boues ou elles peuvent être acheminées

¹ Quelques stations d'étangs aérés sont toutefois capables de traiter plus de 50 000 m³ par jour.

dans un centre de traitement dédié aux BFS. La vidange des fosses doit se faire aux 2 ans pour les résidences permanentes (utilisées toute l'année) et aux quatre ans pour les résidences secondaires (utilisées de façon saisonnière).²

Selon le Bilan de performances des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées pour l'année 2020 (MELCC, 2022), on retrouve au Québec huit centres de traitement de BFS qui traitent moins de 1 % des eaux usées générées. Bien que cela représente un petit volume, il s'agit d'une MRF actuellement offerte et utilisée en agriculture.

2.1.2 Qualité agronomique des biosolides municipaux

La qualité agronomique des biosolides d'origine municipale dépend de la nature et des caractéristiques des eaux usées traitées et du procédé de traitement utilisé. Le Tableau 4 présente un portrait général de la valeur fertilisante attendue selon les grandes classes de procédé de traitement.

Tableau 4. Influence du type de procédés de traitement des boues municipales sur la qualité agronomique des biosolides (tiré de Recyc-Québec, 2016b)

Paramètres agronomiques	Procédé de traitement des eaux usées			
	Physico-chimique	Biologique aérobie (boues activées)	Étangs	Centres de traitement de BFS
Valeur agronomique globale ²	√√√	√√√√	√√	√
Teneur en matière organique	Élevée	Élevée	Faible à moyenne	Élevée
Teneur en azote total	Moyenne	Élevée	Faible à moyenne	Faible à moyenne
Proportion de l'azote total présent sous forme NH ₄ ³	Faible	Moyenne	Faible à moyenne (selon l'âge des boues)	Moyenne
Teneur en phosphore total	Moyenne	Moyenne	Moyenne à élevée	Faible

NOTES EXPLICATIVES DU TABLEAU:

1 Sur une base de siccité comparable.

2 Valeur agronomique estimée en tenant compte de l'apport en matière organique et en éléments fertilisants disponibles. Sur une base de siccité réelle, comme généré à une station donnée, le classement relatif peut être différent.

3 L'azote présent sous forme NH₄ est une forme d'azote minérale disponible à court terme pour les plantes.

Les deux tableaux suivants précisent les caractéristiques agronomiques de biosolides issus de divers procédés et selon diverses sources.

Tableau 5. Comparatif de la valeur fertilisante et agronomique des boues de station mécanisée par rapport aux boues d'étangs aérées (adapté de Perron et Hébert 2007a, Recyc-Québec 2020b et Recyc-Québec 2020a).

Type de station	Références	Siccité (%)	Matière organique (% b.s.)	N _{Tot} (% b.s.)	P ₂ O ₅ (% b.s.)	K ₂ O (% b.s.)
Stations mécanisées	Recyc-Québec 2020a	30	83	2- 4	2- 4	0, 01 – 0,3
	Perron et Hébert 2007a	21	66	4,4	3,9	0,3
Étangs aérés	Recyc-Québec 2020b	15- 40	36	0,7- 4,3	1,5 – 7,3	0,1 – 0,4
	Perron et Hébert 2007a	5	42	2,2	4,5	0,2

² Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées, chapitre Q-2, r. 22, art. 13.

Tableau 6. Apport en matière organique et en éléments fertilisants des biosolides et des fumiers (tiré de Recyc-Québec, 2016b).

Type d'amendement	Siccité	Matière organique	Éléments fertilisants totaux		
			Azote (N)	Phosphore (P ₂ O ₅)	Potassium (K ₂ O)
	%	% bh ¹	kg/tbh ¹		
BIOSOLIDES					
Valeurs moyennes des stations au Québec ²					
Stations mécanisées	21	14	9	8	0,1
Stations de type « étangs »	5	2	1	2	0,1
Valeurs des stations faisant l'objet des études de cas ³					
Stations mécanisées					
• Boues activées	16	12	10	6	1,2
• Boues avec traitement alcalin ⁴	53	17	7	6	1,0
• Digestats déshydratés (avant séchage)	25	16	13	16	0,5
• Digestats séchés	96	55	56	64	2,0
Stations de type « étangs »					
• Déshydratation par sacs filtrants	19	9	5	12	0,3
• Déshydratation par lit de séchage	42	13	8	15	0,6
FUMIERS ⁵					
• Bovins laitiers - solide	20	16	6	4	5,3
• Poulets - solide	74	60	29	24	18

NOTES EXPLICATIVES DU TABLEAU:

- 1 Les apports sont présentés sur une base humide (« tel que livré ») de façon à prendre en compte la siccité des matières et à faciliter la comparaison de leur valeur agronomique.
- 2 Tiré de Perron et Hébert (2007).
- 3 Données provenant des études de cas présentées à la Partie II.
- 4 Les biosolides traités à la chaux (biosolides alcalins) ont également un pouvoir neutralisant qui agit sur l'acidité des sols.
- 5 Valeurs moyennes par type de fumier, tiré de CRAAQ (2010) et CRAAQ (2003).

Tableau 7 Valeurs du Tableau 6 exprimées sur une base sèche à des fins de comparatif

Type d'amendement	Siccité (% m.s.)	Matière organique (% b.s.)	N _{Tot} (kg/T b.s.)	P ₂ O ₅ (kg/T b.s.)	K ₂ O (kg/T b.s.)
Biosolides					
Stations mécanisées					
Boues activées	16	75	62,5	37,5	7,5
Boues avec traitement alcalin	53	32	13,2	11,3	1,9
Digestats déshydratés	25	64	52	64	2
Digestats séchés	96	57	58	66,6	2
Stations en étangs					
Déshydratation par sacs filtrants	19	47	26,3	63,2	1,6
Déshydratation par lits de séchage	42	31	19	35,7	1,4
Fumiers					
Bovins laitiers- solide	20	80	30	20	26,5

Poulets-solide	75	81	39,2	32	24,3
----------------	----	----	------	----	------

2.1.2.1 Boues de stations mécanisées

Les boues de stations mécanisées offrent un fort potentiel comme intrant agricole puisqu'elles sont généralement riches en éléments fertilisants (Perron et Hébert, 2007a), en plus de contenir un bon niveau de MO (Recyc-Québec, 2020b). (Tableau 5 à Tableau 7). On retrouve généralement deux fois plus d'azote dans les boues de stations mécanisées que dans celles des stations de type étangs. Pour ce qui est du phosphore et du potassium, leurs teneurs sont comparables pour les deux types de stations (Tableau 5 à Tableau 7).

Pour les stations mécanisées, les boues recevant un traitement alcalin sont beaucoup plus sèches, mais ont une moins grande valeur fertilisante. Les boues activées sont quant à elles riches en MO et en azote. Les digestats (produits abordés dans la section sur les transformations) offrent également de bonnes proportions de MO et d'azote, mais ils ont la particularité d'être très riches en phosphore.

En général, les biosolides des stations mécanisées ont une valeur agronomique plus élevée que ceux des étangs et des centres de traitement des BFS (Tableau 4).

2.1.2.2 Boues d'étangs

D'une manière générale, les boues d'étangs sont plus humides que les boues de stations mécanisées et elles contiennent moins de MO. Leur valeur fertilisante est également légèrement inférieure à celle des boues de stations mécanisées (Tableau 5 à Tableau 7).

Ces caractéristiques peuvent s'expliquer par le temps de rétention prolongé des boues d'étangs qui permet une biodégradation plus avancée des molécules organiques et des pertes d'azotes en raison de la nitrification/dénitrification (Perron et Hébert, 2007a).

La déshydratation des boues de station en étangs par sacs filtrants permet d'obtenir une MRF plus riche en MO et en phosphore que la déshydratation par lits de séchage (Tableau 7).

2.1.2.3 Boues de fosses septiques

Si les boues provenant de centres de traitement de BFS ont habituellement des caractéristiques apparentées à celles des stations mécanisées (Recyc-Québec, 2016b), on remarque que les BFS provenant de centres de traitement dédiés ont une valeur agronomique globalement plus faible que celle des biosolides provenant de stations de traitement (physico-chimique et biologique), notamment pour leur concentration en phosphore total. La teneur en MO est cependant plus élevée dans les BFS que dans les boues d'étangs (Tableau 4).

2.1.3 Qualité environnementale des biosolides municipaux

L'épandage des biosolides municipaux en agriculture demeure encore un sujet sensible en raison des craintes associées, à tort ou à raison, à l'origine des boues. Il y a de nombreux produits physiques, chimiques et biologiques qui peuvent potentiellement s'y retrouver et qui ont des seuils de toxicité variable. La perception négative des matières fécales humaines, le manque d'informations techniques sur la toxicité, la persistance et l'accumulation de nombreux contaminants, notamment pour les paramètres investigateurs préventifs (I) comme les retardateurs de flammes bromés ou les SPFA, sont aussi des enjeux. À ces préoccupations s'ajoutent également des sujets d'inquiétudes telles les nanoparticules, les pathogènes émergents ou le transfert de gènes de résistance aux antibiotiques (Örmeci, 2022).

Comme les procédés utilisés influencent la qualité environnementale des biosolides (Perron et Hébert, 2007a), les boues municipales peuvent afficher un large éventail de valeurs pour les critères C-P-O-E-I. En effet, en fonction des

transformations post-traitement ou du type de station, leur qualité sanitaire peut-être grandement variable autant pour les contaminants, les pathogènes, les odeurs, les corps étrangers ou les paramètres investigateurs préventifs.

En 2007, les travaux de Perron et Hébert ont permis de comparer la teneur en métaux lourds, en aluminium et en fer des boues des stations mécanisées et des boues d'étangs. D'une façon générale, les concentrations mesurées étaient plus élevées dans les boues d'étangs. Cela s'explique notamment par leur temps de séjour prolongé. En effet, une dégradation plus poussée de la MO de ces boues fait en sorte que les ions métalliques se retrouvent concentrés dans une quantité moindre de matière. À l'époque, 25 % des boues d'étangs à l'étude avaient été considérées comme étant « hors catégorie » pour le critère de contamination en métaux comparativement à seulement 3 % pour les boues de stations mécanisées (Perron et Hébert, 2007b).

À ces préoccupations s'ajoutent également les microplastiques, puisque les biosolides municipaux sont désormais reconnus comme une source de contamination dans les agroécosystèmes. Une étude récente a montré que les concentrations de microplastiques dans le ruissellement provenant de parcelles amendées avec des biosolides étaient systématiquement plus élevées que celles observées dans les parcelles amendées au fumier ou dans les témoins. Les particules transportées étaient majoritairement des fibres et des fragments, soit les formes les plus abondantes dans les biosolides. Les auteurs estiment qu'environ 0,4 % des microplastiques appliqués peuvent être exportés par ruissellement, contribuant ainsi au transfert vers les eaux de surface situées à proximité des terres agricoles (Naderi Beni et al., 2023).

2.2 RÉSIDUS ORGANIQUES TRIÉS À LA SOURCE (ROTS)

Les municipalités génèrent annuellement des quantités importantes de résidus organiques autres que les biosolides municipaux que l'on classe usuellement en deux groupes, soit les résidus verts et les résidus alimentaires. Les ROTS peuvent provenir de la collecte résidentielle ou des ICI. Les plus récentes estimations chiffrent à environ 1,3 Mth de résidus verts et de résidus alimentaires qui sont générés chaque année au Québec (Recyc-Québec 2023a). En 2021, 57 % de ces deux groupes de résidus organiques étaient éliminés par enfouissement ou par incinération alors que 43 % étaient recyclés en agriculture ou avaient subi un traitement biologique par compostage (40 %) ou biométhanisation (3 %) (Figure 4).

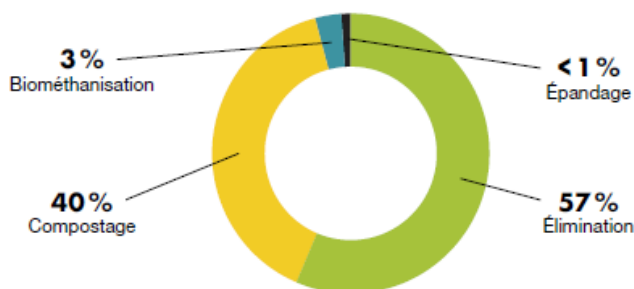


Figure 4. Destination des résidus verts et alimentaires (Recyc-Québec, 2023a).

2.2.1 Origine des ROTS

2.2.1.1 Résidus verts

Les résidus verts représentent l'ensemble de la biomasse végétale produite par les activités horticoles des particuliers, des municipalités et des institutions. Les résidus verts sont constitués essentiellement de feuilles mortes, de résidus de tonte de pelouse ainsi que de résidus de taille d'arbres et d'arbustes. Les résidus verts sont habituellement ramassés par le biais de collectes dédiées, mais on les retrouve également dans les autres matières collectées, et ce, pour diverses raisons.

2.2.1.2 Résidus alimentaires résidentiels

À l'échelle d'une municipalité, les résidus alimentaires incluent principalement les restes de table et les matières végétales (résidus de fruits et de légumes) générées par les ménages, ainsi que les résidus organiques générés par certaines institutions

et commerces et industries (ICI) tels que les restaurants et des détaillants en alimentation desservis par une collecte à la source (Recyc-Québec, 2018).

La quantité de résidus alimentaires générée dans le temps est plus régulière que celle des résidus verts (Figure 5). Toutefois, la quantité réellement récupérée peut varier selon la saison et la complexité du système de collecte et cette incertitude apporte de la complexité relative à la capacité de gestion et au choix des procédés de traitement.

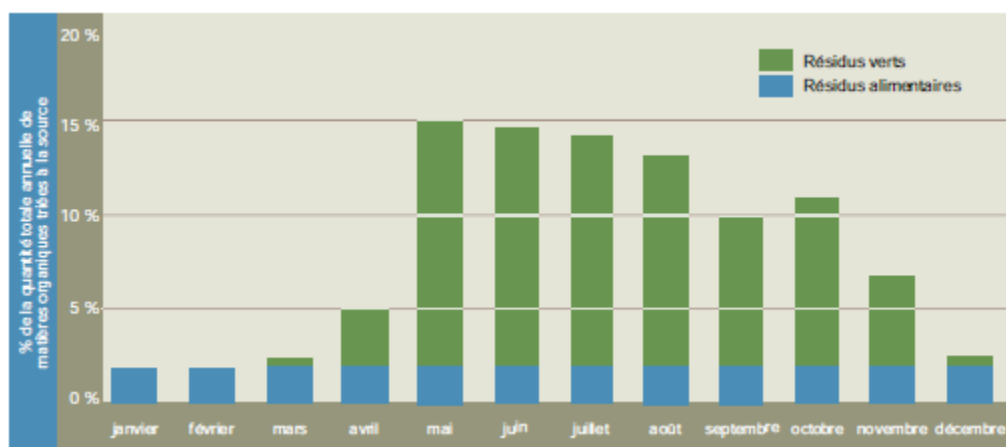


Figure 5. Fluctuation mensuelle de la quantité de résidus verts et alimentaires produite annuellement (tiré d'Environnement Canada, 2013).

2.2.2 Qualité agronomique des ROTS

Les ROTS constituent une bonne source d'azote et de phosphore et pour cette raison, ils sont une matière intéressante à valoriser en agriculture après avoir été traités adéquatement (voir le chapitre 3). Le Tableau 8 présente les résultats d'une étude ontarienne qui a comparé les caractéristiques des ROTS générés en été et en hiver (Bazyar Lakeh et al., 2019). Bien qu'il y ait certains paramètres qui affichent une différence significative entre les saisons, l'azote total (N) et le phosphore total (P) demeurent présents en bonnes proportions à l'année.

Tableau 8. Caractéristiques physicochimiques des résidus organiques triés à la source pour les saisons d'hiver et d'été (Bazyar Lakeh et al., 2019).

Physiochemical characteristics of SSO from summer and winter seasons. The values are presented as Mean $\pm$ SD (n = 3). The statistically significant difference between summer and winter samples are expressed by asterisks.

Parameters	P < 0.05	Summer		Winter	
		Mean $\pm$ SD	CV %	Mean $\pm$ SD	CV %
pH		5.5 $\pm$ 0.03	1	5.4 $\pm$ 0.05	1
TS (mg/L)		57000 $\pm$ 4200	8	56000 $\pm$ 3000	5
VS (mg/L)		40000 $\pm$ 4000	10	40000 $\pm$ 1500	4
VS/TS (%)		71 $\pm$ 2	2	72 $\pm$ 1	2
TSS (mg/L)		42000 $\pm$ 7400	18	43000 $\pm$ 4600	13
VSS (mg/L)	*	33000 $\pm$ 5400	17	36000 $\pm$ 4000	15
VSS/TSS (%)		78 $\pm$ 4	1	81 $\pm$ 5	3
TDS (mg/L)	*	15000 $\pm$ 1300	9	13000 $\pm$ 2100	11
TCOD (mg/L)	*	94000 $\pm$ 4000	19	99700 $\pm$ 3200	11
SCOD (mg/L)		43300 $\pm$ 3000	7	41400 $\pm$ 1500	4
TVFAs (mg COD/L)		8000 $\pm$ 600	15	7000 $\pm$ 550	16
TP (mg/L PO ₄ ⁻³)	*	1050 $\pm$ 158	15	1450 $\pm$ 391	27
TN (mg/L N)		3000 $\pm$ 694	22	3100 $\pm$ 573	18
Ammonia (mg/L NH ₃ -N)	*	1750 $\pm$ 296	17	1400 $\pm$ 92	7
Alkalinity (mg/L CaCO ₃)	*	9000 $\pm$ 1800	20	5000 $\pm$ 800	16
Total Carbohydrate (mg/L glucose)		13000 $\pm$ 2000	16	12000 $\pm$ 1000	10
Soluble Carbohydrate (mg/L glucose)		400 $\pm$ 56	14	350 $\pm$ 34	10
Total Protein (mg/L)	*	1800 $\pm$ 122	7	1500 $\pm$ 234	16
Soluble Protein (mg/L)		120 $\pm$ 18	15	85 $\pm$ 11	13
SV (m/h)		1.1 $\pm$ 0.1	9	0.98 $\pm$ 0.09	10
SVI (mL/g)		35 $\pm$ 9	3	33 $\pm$ 7	2
Viscosity (mPa/s)	*	92 $\pm$ 20	22	137 $\pm$ 19	14
PSD (d 10) (μm)		19 $\pm$ 2	10	19 $\pm$ 1.7	9
PSD (d 50) (μm)		350 $\pm$ 46	13	322 $\pm$ 79	24
PSD (d 90) (μm)		1600 $\pm$ 72	4	1650 $\pm$ 56	3

2.2.2.1 *Résidus verts*

Les feuilles mortes, les résidus de tonte de pelouse ainsi que les résidus de taille d'arbre et d'arbustes ont des caractéristiques physiques et chimiques distinctives et leur production varie dans le temps. Durant l'année, la quantité de résidus verts générée et leur composition fluctuent grandement (quantité saisonnière de pelouse et de feuilles) (Figure 5). Cette particularité peut complexifier les scénarios de disposition (Environnement Canada, 2013).

Les feuilles mortes collectées à l'automne sont riches en carbone et le gazon vert est une excellente source d'azote (le chaume de printemps est toutefois moins riche en azote). Si les résidus de taille constituent de bons agents structurants (aérateurs), ils doivent habituellement être broyés et compostés avant leur valorisation comme amendement de sol.

2.2.2.2 *Résidus alimentaires*

En raison de leurs caractéristiques physiques et de leur caractère hautement fermentescible, les résidus alimentaires doivent être stabilisés, habituellement par traitement biologique (compostage, digestion anaérobie), avant leur valorisation en agriculture. Les procédés de stabilisation permettent d'éliminer les inconvénients liés à l'emploi de matières organiques fraîches (consistance humide, odeurs, rapport C/N inadéquat). Pour ces raisons, le compostage des résidus alimentaires est une pratique courante (Figure 4). Une fois stabilisés, les RA sont reconnus pour leurs bénéfices agronomiques pour les sols et les cultures.

2.2.3 Qualité environnementale des ROTS

2.2.3.1 *Résidus verts*

En raison des caractéristiques propres à chacun des résidus verts et compte tenu de leur production temporelle, leur entreposage temporaire est parfois requis. Puisque ces matières sont fermentescibles, l'activité microbienne peut entraîner, lors d'une période d'entreposage plus ou moins longue, des problèmes d'odeurs incommodantes, de production de lixiviats ou de montée en températures importantes (risques d'autocombustion).

Dans tous les cas, la présence de corps étrangers dans les résidus verts collectés (verre, plastiques, métaux) est pratiquement inévitable. Ces matières sont susceptibles de compromettre leur acceptabilité en agriculture (Environnement Canada, 2013). En raison de cette probable contamination, la gestion des résidus verts nécessite le recours à des équipements de nettoyage tel le tamisage avant leur retour au sol comme source de MO et d'éléments nutritifs. Il en est de même pour les résidus alimentaires.

2.2.3.2 *Résidus alimentaires*

Il importe de noter qu'en dépit de la bonne volonté générale des gens à bien faire le tri des résidus organiques à la maison, la présence de matières indésirables dans les ROTS apparaît inévitable. Le Tableau 9 présente, à titre d'exemple, des résultats sur la composition des ROTS collectés à Toronto en 2010 (Levis et al., 2010).

Tableau 9. Composition des résidus organiques triés à la source torontoise (tiré de Levis et al. 2010).

Toronto source separated organics composition.^a

Waste stream SSO	Mean (%)
Degradable organics	71.73
Diapers	9.29
Fiber	8.85
Non-degradable material	
Plastic film	6.52
Plastic containers	0.33
Aluminum	0.20
Ferrous	0.20
Styrofoam	0.14
Glass	0.12
Other non-digestables	2.62
Total non-degradable fraction	10.13
Total	100

^a Developed from site visits.

Puisque les résidus alimentaires contiennent des quantités importantes de sels solubles, ils auront avantage à subir un procédé humide de digestion avant compostage afin de diminuer cette teneur en sels ainsi que leur teneur en corps étrangers (Solinov, 2006).

2.3 RÉSIDUS PROVENANT DES ICI

Aux résidus générés par le secteur municipal résidentiel s'ajoutent certains autres résidus organiques générés par les secteurs institutionnels et commerciaux que l'on retrouve sous l'appellation commune ICI pour les résidus d'origine institutionnelle, commerciaux et industriels. Les résidus industriels d'origine agroalimentaire ainsi que ceux provenant des industries de pâtes et papiers ne font pas partie des matières issues du secteur municipal et ne sont pas couverts par la présente étude. (Recyc-Québec, 2023a et Tableau 1). Voir l'encadré plus bas pour les résidus d'origines industrielles.

Les résidus provenant des ICI comprennent les résidus des usines de transformation, des restaurants, des épiceries ou des centres de santé par exemple. Seulement 8 % des résidus issus des secteurs ICI étaient recyclés en 2021 (Recyc-Québec, 2023a).

Les résidus organiques en provenance des ICI ont des caractéristiques encore plus variables que ceux du secteur résidentiel en termes de type et de quantités générées et en fonction de leur mode de gestion. Ces résidus peuvent être plus ou moins difficiles à récupérer ou encore à traiter (homogénéisation, hachage, enlèvement de corps étrangers, etc.) (Recyc-Québec, 2021; Solinov, 2012). La collecte des ICI est assurée par les municipalités ou par les entreprises privées et il revient à chaque municipalité de choisir une stratégie de récupération de résidus organiques des ICI qui est adaptée à son contexte.

Résidus d'origine industrielle

Bien qu'ils ne soient pas d'origine municipale, les résidus de pâtes et papiers représentent quant à eux les produits issus du traitement des eaux usées des usines de pâtes et papiers qui génère notamment des boues mixtes (boues primaires et boues secondaires de décantation) et des résidus de désencrage. L'utilisation de ces matières sur les sols agricoles est une pratique courante. Près de la moitié de ce qui est produit est recyclé (Tableau 1).

Les boues papetières primaires et secondaires ainsi que les résidus de désencrage ont des caractéristiques physico-chimiques différentes. Pour un même type de résidu, on observe des différences entre les usines et qui sont attribuables aux types d'intrants et aux procédés de traitement. L'Annexe 1 présente les fiches techniques publiées en 2020 par Recyc-Québec sur les résidus de désencrage et les boues mixtes. (Recyc-Québec, 2020g et Recyc-Québec, 2020h). Les boues de papetières mixtes sont particulièrement appréciées pour leur apport en MO. Elles représentent aussi un bon apport de fertilisants (Tableau 20). Pour les résidus de désencrage, leur principal attrait est attribuable à leur caractère chaulant. En effectuant une correction du pH du sol avec les boues de désencrage, on obtient un double bénéfice qui provient de l'amendement organique des boues comparativement à la chaux.

Les résidus agroalimentaires comprennent, entre autres, les carcasses d'animaux morts et les résidus issus de la transformation, de la distribution ou de la consommation d'aliments (surplus, pertes, rejets, périmés). Avec un taux de recyclage de 100 %, ces résidus sont pratiquement entièrement valorisés en alimentation animale ou recyclés dans les usines d'équarrissage. Dans une moindre proportion, ils sont utilisés pour la biométhanisation, le compostage et l'épandage agricole (Recyc-Québec, 2023a).

2.4 SYNTHÈSE MRF D'ORIGINE MUNICIPALE

Si la valorisation des MRF en agriculture peut être considérée pour certaines régions comme une alternative à la rareté des fumiers, la venue de MRF d'origine municipale dans les régions à forte densité animale (zones potentiellement en surplus de phosphore) a soulevé certaines craintes qui persistent encore aujourd'hui. Le Tableau 10 présente les quantités massiques de matières qui étaient en jeu en 2015 et montrent que les MRF représentent un faible tonnage comparativement aux quantités de fumiers générés annuellement.

Tableau 10. Répartition des quantités de matières fertilisantes épandues annuellement en terre agricole en 2015 (tonnes humides) (tiré de MDDELCC, 2016).

Type de matière fertilisante	Quantité (tonnes)	Proportion
Fumiers et lisiers ^{1,2}	29 000 000	95 %
MRF ²	926 413	3 %
Chaux agricole ³	365 200	1 %
Engrais minéraux ⁴	200 000	1 %
Total	30 600 000	100 %

1. Adapté de données du MAPAQ pour l'année 2012 (non publiées) en utilisant une masse volumique moyenne des fumiers et des lisiers estimée à 0,95 tonne par mètre cube. Ces quantités auraient peu changé entre 2012 et 2015, en se basant sur les déclarations prévisionnelles de phosphore reçues au MDDELCC (Jean-Thomas Denault, communication personnelle).

2. Les quantités de résidus utilisés en litières animales sont ici imputées aux fumiers et non aux MRF.

3. Données du BNQ pour 2014 (Martine Ébacher, communication personnelle).

4. Données de 2004 (Fleury, Lefebvre et Hébert, 2006). Les quantités vendues sont considérées comme relativement stables depuis 2004. Les tonnages d'engrais minéraux sont faibles (1 % des tonnages), mais ces engrais étant plus concentrés, ils comptent pour environ 31 % des apports de phosphore en agriculture.

La Figure 6 présente le portrait des activités d'épandage de certaines MRF au Québec de 1999 à 2012. On constate que :

- Les quantités de biosolides municipaux et de composts épandus au Québec augmentent au fil des ans;
- Les biosolides papetiers représentent le type de MRF étant le plus épandue chaque année;
- Les amendements calcique et magnésien (ACM) et les cendres ont été épandus en quantité pratiquement égale à celle des composts en 2010 et 2012.

Les derniers bilans sur la gestion des matières résiduelles publiés par Recyc-Québec ne présentaient pas exactement la même figure évolutive que celle présentée à la Figure 6, mais selon le Tableau 1 et le Tableau 2, il y a eu en 2021, 346 000 tonnes de biosolides municipaux d'épandues et 436 000 tonnes de biosolides papetiers. La quantité de biosolides papetiers épandue est sensiblement la même qu'en 2012, mais la quantité de biosolides municipaux épandue a doublé.

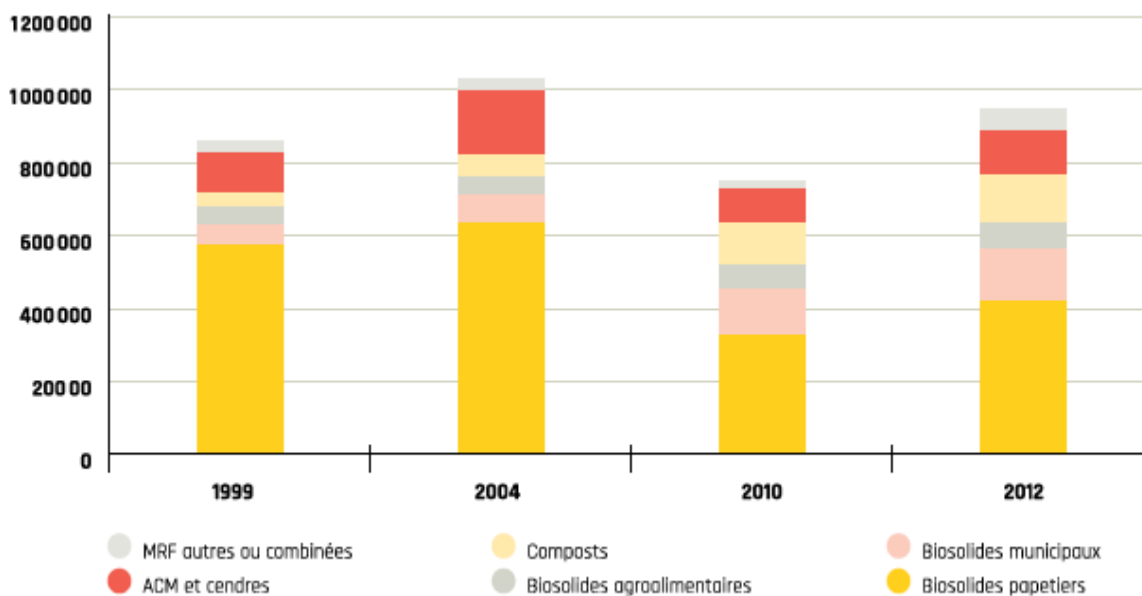


Figure 6. Quantité totale de MRF épandues sur des terres agricoles au Québec (tonnes humides) (tiré de Recyc-Québec, 2016c).

3 CONDITIONNEMENT DES MRF (AVANT UTILISATION COMME AMENDEMENT)

Certaines MRF peuvent être avantageusement utilisées telles quelles comme amendement ou fertilisants en agriculture/horticulture. C'est le cas notamment pour les feuilles mortes, les résidus papetiers, les biosolides et les cendres qui sont habituellement épandus directement sur les sols sans transformation préalable autre que le nettoyage. Pour d'autres MRF tels les ROTS, une étape de conditionnement est requise afin de 1) permettre un usage sécuritaire ou 2) éliminer les inconvénients liés à l'emploi de matières hautement fermentescibles et conséquemment instables. Le conditionnement des MRF vise notamment à augmenter leur potentiel d'utilisation pour un usage spécifique. Dans d'autres circonstances, le conditionnement peut permettre de faciliter l'entreposage, le transport et la manipulation du produit (ex : granulation), de faciliter le nettoyage sur un produit moins humide ou de stabiliser et hygiéniser la matière.

Le conditionnement des matières résiduelles se fait à l'aide de plusieurs technologies ou procédures utilisées seules ou en combinaison et qui modifient les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques des MRF pour 1) créer un environnement qui devient défavorable au développement d'une activité microbienne (matériel trop sec, matériel organique stable, pH alcalin, etc.) ou 2) répondre aux exigences des marchés.

On pense aux technologies de déshydratation, de séchage thermique, d'alcalinisation, de granulation ainsi qu'aux traitements biologiques par compostage ou biométhanisation qui permettent une augmentation de la stabilité de la fraction organique et la fabrication de nouveaux produits. Il en va de même pour les technologies de pyrolyse ou de combustion qui génèrent respectivement du biochar et des huiles ainsi que des cendres. Ces deux derniers modes de traitement sont exclus de la présente revue.

Certains traitements permettent la réduction des odeurs, l'hygiénisation de la matière, la réduction des volumes et des masses, ce qui peut se traduire par des avantages associés à une gestion facilitée, à des manipulations simplifiées ou à des usages plus sécuritaires.

La stabilisation de la MO revêt un aspect particulièrement important à considérer avec des MRF organiques hautement fermentescibles. En effet, la nature et la stabilité du carbone contenu dans les MRF influencent l'activité microbienne, qui à son tour, peut entraîner des impacts environnementaux négatifs (odeurs, lixiviats) lors de l'entreposage ou la distribution des produits. L'apport de MRF instables peut entraîner des effets négatifs sur la croissance des végétaux (immobilisation de l'azote, produits transitoires phytotoxiques, anoxie) lorsque la MRF est incorporée aux sols ou utilisée pour la confection de substrats de cultures.

3.1 DÉSHYDRATATION ET SÉCHAGE

La déshydratation et le séchage représentent deux catégories différentes de procédés qui permettent d'augmenter la siccité et de faciliter le nettoyage des MRF. Ce type de traitement est surtout appliqué en pratique aux MRF très humides, voire pâteuses (ex : biosolides municipaux) ce qui permet habituellement d'entrevoir une efficacité de nettoyage post-traitement accrue.

Les différents procédés habituellement utilisés ne permettent pas tous d'atteindre le même niveau d'assèchement de la matière (Recyc-Québec, 2016b). La Figure 7 indique les siccités de biosolides issus de différents types d'ouvrages municipaux d'assainissement des eaux ou ayant subi différentes transformations. On y retrouve également des informations sur les impacts que peuvent avoir les siccités sur l'entreposage, le transport ou l'usage de la matière, et ce, pour plusieurs MRF dont les digestats et les composts.

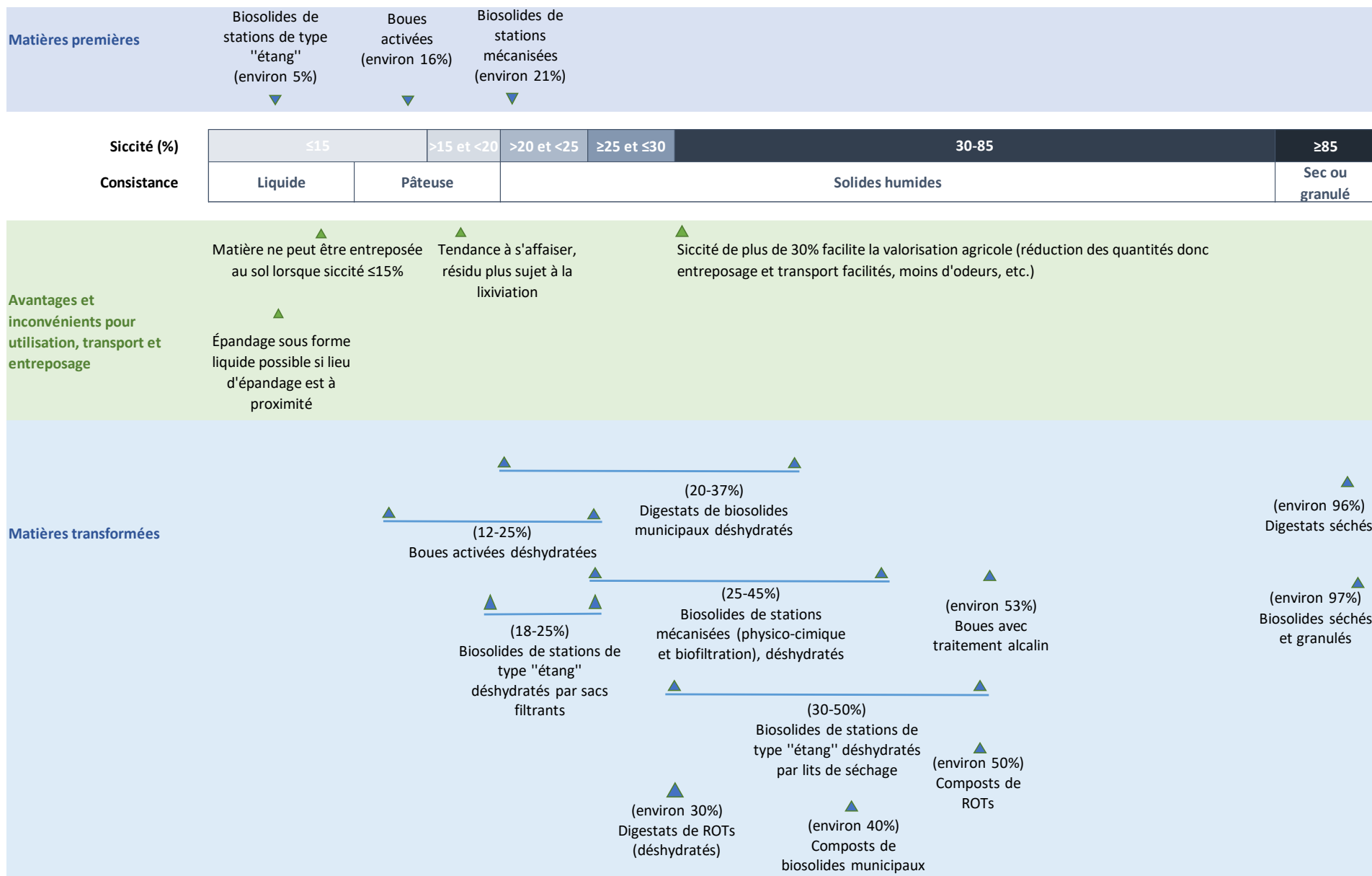


Figure 7. Siccités de différentes MRF et leurs impacts sur le transport, l'entreposage et l'usage. (tirée de Recyc-Québec, 2016 b, Recyc-Québec, 2020d, Recyc-Québec, 2020e, Recyc-Québec, 2020f, Hébert, 2021 et Englobe, 2022).

3.1.1 Conditionnement (coagulants, floculants)

Lors de l'épuration des eaux usées, les additifs de clarification comme des coagulants et des floculants sont utilisés pour favoriser l'élimination des solides en suspension, notamment les matières organiques (carbone organique total et couleur) ou comme émulsionnant pour faciliter la séparation post-traitement des solides-liquides.

Parmi les agents de clarification les plus communément utilisés, on retrouve les sels de fer ou d'aluminium, la chaux et certains polyélectrolytes (Chen et al., 2002). Dans le cas où des sels métalliques sont employés, il faut porter attention à leur teneur dans les produits destinés à la valorisation agricole. Leur présence peut diminuer la disponibilité du phosphore et il faut en tenir compte lors de l'élaboration du plan de fertilisation (Recyc-Québec, 2015). La diminution de la disponibilité du phosphore peut parfois être souhaitable pour des MRF à faible siccité par exemple, car ce phénomène diminue les risques de lessivage du P (Bunce et al., 2018). Les polyélectrolytes, des polymères chargés (cationiques et anioniques), peuvent remplacer ces sels métalliques. Au Canada, quelques milliers de polymères sont commercialisés afin de faciliter la déshydratation, mais aucun n'est réglementé en ce qui a trait à l'épandage des matières au sol (Hébert, 2015).

3.1.2 Méthodes de déshydratation mécaniques

Les procédés de déshydratation mécaniques comprennent les équipements suivants :

- Filtres-presses
- Filtres à bandes pressantes
- Centrifugeuses³
- Pressoirs rotatifs
- Pressoirs à vis
- Déshydratation par effet électrocinétique⁴

L'efficacité des procédés de déshydratation mécanique pour augmenter la siccité de la fraction solide dépend de plusieurs paramètres dont le type de boues traitées, le conditionnement préalable auquel celle-ci aura été soumise ainsi que l'équipement utilisé (Gonçalves et al., 2007). Concernant la présence des éléments retenus dans les fractions solide et liquide, leurs concentrations seront également variables en fonction des procédés. Lors de la déshydratation des boues ou des digestats, l'azote ammoniacal (NH_3) et le potassium tendent à se retrouver dans la phase liquide alors que le phosphore, le carbone et les métaux se concentrent dans la portion solide (Dabert et al., 2015).

La Figure 7 présente des valeurs de siccité attendues avec différents procédés de déshydratation mécanique.

3.1.3 Déshydratation et séchage par méthodes passives

Les méthodes de réduction de la teneur en eau dites « passives » sont :

- Sacs ou tubes filtrants⁵
- Lits de séchage
- Lits de séchage plantés⁶

³ Les digestats déshydratés à l'aide d'une centrifugeuse de haute performance sont par défaut classés « hors catégorie » pour le critère d'odeur (Hébert, 2015), et ce, en raison d'un plus grand cisaillement des cellules qui favoriserait la recrudescence des microorganismes en libérant de la matière organique avec un potentiel résiduel de biodégradation. Toutefois et après 1 à 2 semaines d'entreposage supplémentaire, le digestat devrait avoir atteint un certain degré de stabilisation, diminuant les odeurs générées (Chen et al., 2011).

⁴ Peu de technologies d'électro-déshydratation ont atteint un stade de développement qui permet une commercialisation avancée. L'électro-déshydratation pourrait réduire les odeurs pendant l'entreposage des biosolides (Enayet, 2014). Cette technologie n'est pas encore déployée à grande échelle au Canada, mais certaines compagnies commercialisent la technologie, notamment en Europe.

⁵ Après quelques semaines, lorsque la siccité voulue est atteinte, la matière peut être recyclée à l'état solide humide.

⁶ Les LSPM (lits de séchage plantés de macrophytes) sont une déclinaison des marais filtrants à écoulement vertical sous-surfacique utilisés pour le traitement des eaux usées domestiques. Les lits de séchage plantés de macrophytes (LSPM) ont pour objectif de minéraliser et réduire le volume des boues afin de faciliter leur transport, leur valorisation et leur disposition.

Bien que le roseau commun (phragmite) soit couramment employé pour les lits de séchage plantés dans plusieurs pays, il est interdit de l'utiliser au Québec, car il est considéré comme « plante envahissante ». Toutefois, d'autres plantes émergentes indigènes telles que les quenouilles, les scirpes ou les joncs de même que des arbustes à croissance rapide comme le saule pourraient être employées dans ce type de dispositif (Société québécoise de phytotechnologie, 2014).

Il peut être nécessaire de composter les biosolides provenant d'un lit de séchage planté afin de permettre une meilleure hygiénisation (Uggetti et al., 2010).

3.1.4 Séchage thermique

Les technologies de séchage thermique permettent d'abaisser davantage la teneur en eau des biosolides ou des digestats ayant été partiellement déshydratés au préalable. Elles impliquent le chauffage de la matière par convection (chauffage direct et indirect), par conduction (chauffage indirect) ou par radiation pour évacuer l'eau résiduelle par évaporation (Water Environment Federation, 2014 et Bennamoun, 2013).

Grâce au séchage thermique, les biosolides peuvent atteindre des siccités de plus de 90 % (U.S. EPA, 2006). Les procédés de séchage thermique sont également considérés comme des pratiques permettant l'hygiénisation et la stabilisation de la matière, pourvu que celle-ci ne soit pas réhydratée (Recyc-Québec, 2015). Ces technologies peuvent donc faciliter la gestion des biosolides relativement à leur entreposage, leur manutention et leur épandage. Cette étape additionnelle de séchage est habituellement envisagée lorsqu'une faible teneur en eau finale est requise pour un conditionnement de précommercialisation d'un produit comme des granules (matière organique agglomérée), aussi appelé « bouchons » ou cubes.

Il existe de nombreux procédés de séchage thermique. Ceux-ci permettent d'obtenir des poussières, des flocons ou des agrégats de tailles et de formes diverses (Water Environment Federation, 2014). Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des produits séchés dépendront des propriétés des matières à traiter et des techniques de séchage thermique.

Il est intéressant de mentionner que les procédés de séchage thermique, bien qu'ils impliquent parfois de très hautes températures, permettent de conserver en bonne partie, la MO (Water Environment Federation, 2014) dont la forme peut toutefois subir un changement (Collar et al., 2017). Cependant, l'application de chaleur entraîne des pertes d'azote par volatilisation et qui peuvent s'avérer importantes. En effet, ces pertes peuvent représenter jusqu'à 100 % de l'azote inorganique (NH_4) présent lorsque les températures de séchage sont $\geq 90^\circ\text{C}$ (Dabert et al., 2015). L'azote ainsi perdu peut toutefois être récupéré dans l'air de séchage (Berger, 2015, Dabert et al., 2015).

Le séchage thermique pourrait être une approche envisageable pour réduire les pathogènes contenus dans les MRF (ex : biosolides). Dans ce cas, la technologie choisie doit permettre de maintenir une température adéquate pendant une durée de temps appropriée (Springthorpe et Sattar, 2004, Al-Gheethi, 2018, Lau, M. et al., 2020). En plus de la technologie de séchage, on doit prendre en considération le type de chaleur utilisée (chaleur sèche ou chaleur humide) et les propriétés de la matrice à traiter (Lau, M. et al., 2020).

3.2 ALCALINISATION

L'alcalinisation consiste à élever le pH de la matière par l'ajout de produits tels que la chaux vive ou la chaux hydratée, mais aussi des déchets industriels comme des poussières de four à ciment et des cendres volantes (U.S. EPA, 2000). C'est une méthode simple et flexible qui requiert peu d'espace et qui permet, pour des valeurs alcalines élevées ($\text{pH} > 12$), de diminuer l'activité microbienne et conséquemment, les odeurs des matières organiques.

Lors de l'alcalinisation, plusieurs phénomènes permettent de réduire l'activité et la présence microbienne dans la matière résiduelle chaulée dont une augmentation du pH et une élévation rapide de la température à des valeurs qui détruisent ou réduisent significativement la teneur en agents pathogènes. D'une part, l'augmentation du pH nuit à plusieurs réactions métaboliques et favorise la transformation de l'ammonium (NH_4^+) en ammoniaque (NH_3) et dont le dégagement peut être délétère pour certains microorganismes. D'autre part, lorsque l'agent alcalinisant est mis en contact avec la matière humide

à traiter, une réaction exothermique survient (David, 2013); la température du mélange est ainsi augmentée, ce qui favorise l'hygiénisation et accélère le séchage (N-Viro System Canada inc., 2007).

Une alcalinisation adéquatement réalisée peut permettre d'obtenir des résidus de catégorie P2 (Hébert, 2015). Il est suggéré d'utiliser de la chaux vive (CaO) pour obtenir une classe P1 car celle-ci dégage plus de chaleur lors de la réaction avec la matière (Recyc-Québec, 2016 b). Basé sur l'action exothermique de la chaux, les matières organiques traitées à l'oxyde de calcium (CaO) subissent alors une réaction exothermique rapide qui hygiénise et déshydrate la matière (réf. procédé OxalorR, <http://www.oxalor.com/fr.html>).

Dans certains procédés de stabilisation alcaline, de la chaleur peut être appliquée pendant l'alcalinisation pour améliorer la performance. Dans d'autres cas, on procèdera à un séchage thermique subséquent de façon à obtenir des siccités d'environ 50 % (U.S. EPA, 2000). Pendant l'entreposage, si le pH redescend sous une valeur de 10, il peut y avoir une recrudescence de l'activité microbienne (U.S. EPA, 2000).

Au niveau des usages agricoles, les matières ayant été alcalinisées sont surtout employées comme substitut de chaux afin de corriger le pH des sols acides (U.S. EPA, 2000). Ces matières peuvent aussi être utilisées comme fertilisant, mais la perte de NH₃ par volatilisation ainsi que la diminution de la disponibilité de phosphore à la suite de réactions de précipitation en réduisent la valeur fertilisante (U.S. EPA, 2000). Si la chaux est utilisée pour l'alcalinisation, on peut aussi faire mention d'un apport de calcium (Recyc-Québec, 2016b).

3.3 GRANULATION

À l'instar des matières inorganiques comme les engrais et la chaux, il est possible de densifier et de fabriquer des particules agglomérées (granules) avec des matières organiques comme on en retrouve déjà sur le marché québécois notamment avec des fumiers déshydratés de volailles.

La production de petites particules densifiées (granules) permet d'entreposer et de distribuer des produits organiques ou inorganiques en diminuant les phénomènes de séparation ou d'aggrégation subséquente de leurs constituants et en limitant la formation de poussières (Więckol-Ryk et al., 2020). Il existe de nombreux procédés de fabrication de granules à partir de matières résiduelles (boues d'épuration des eaux usées ou de digestats) et plusieurs font l'objet de brevets (Kominko et al., 2017; Więckol-Ryk et al., 2020).

La granulation de MRF permet de mettre en forme la matière de manière à pouvoir l'épandre avec de la machinerie utilisée pour les engrais minéraux. Une fois granulée, la gestion de l'entreposage est facilitée dans la mesure où le produit demeure à l'abri de l'humidité et des précipitations, car le produit peut alors être ensaché. Le transport est également plus facile et économique à réaliser; la formation de granules implique une densification de la matière et exige une déshydratation avancée ce qui se traduit par des frais supplémentaires de séchage, mais des frais de transport réduits.

Si la simple mise en forme (densification) des MO résiduelles sans ajout n'apporte pas de valeur agronomique additionnelle au produit, elle permet de faciliter sa conservation et manipulation (ensachage, épandage avec machinerie existante, réduction des poussières).

3.3.1 Enrichissement pré et post granulation de la matière

Avant la mise en forme des granules, la matière peut être conditionnée par l'ajout de produits ou substances permettant de modifier ses caractéristiques chimiques afin de les optimiser et de procurer une valeur ajoutée au produit. À titre d'exemple, la production de granules organominérales à partir de mousse de tourbe enrichie d'engrais azotés (peat ammonia mineral fertilizer (PAMF)) se pratique depuis longtemps en Russie notamment (Bélanger et al., 1987).

Certains procédés de granulation permettent l'ajout d'acides (acide sulfurique ou phosphorique) et/ou d'agents alcalinisants (chaux, poussières de four, hydroxyde de sodium ou de potassium). Les formulations visent à ajouter des minéraux aux granules de façon à augmenter la concentration ou équilibrer des ratios pour des nutriments spécifiques, ou encore ajuster la recette en fonction des fluctuations des propriétés fertilisantes des matières premières utilisées (Kominko et al., 2017 et

Antille, 2011). Comme la densification se fait généralement avec une matière fine et relativement sèche, l'ajout et le mélange d'éléments pulvérulents à une matrice organique fine sont facilités.

Certains additifs permettent de désinfecter les MRF comme les biosolides, de lier les constituants des granules entre eux et de modifier les propriétés fertilisantes des granules (Kominko et al, 2017). Cette approche peut nécessiter un séchage thermique subséquent pour atteindre une siccité élevée. Certaines technologies de séchage thermique (section 3.1.4) permettent de combiner l'étape de séchage et de granulation (séchoirs rotatifs, séchoirs verticaux à disques, séchoirs à bandes ou lit de séchage fluidisé) (Girouard-Desautels, 2017).

Les granules peuvent être enrobées de plusieurs couches de nutriments a posteriori (Antille, 2011). Il faut considérer que la MO contenue dans les fertilisants organominéraux peut affecter les propriétés physiques des granules (densité apparente des granules, porosité, etc.) et avoir un impact sur le relâchement des nutriments (Allaire et Parent, 2004a; Allaire et Parent, 2004b). Comparativement aux fertilisants inorganiques, l'avantage principal d'un fertilisant organominéral réside dans un relâchement plus lent des nutriments (Kominko et al., 2017).

3.3.2 Utilisation des granules

La fabrication et la formulation de granules peuvent être intéressantes dans certaines situations, comme pour l'entretien des pelouses et des espaces verts (Recyc-Québec, 2016a). Idéalement et pour un même produit, les granules doivent avoir une composition constante et homogène, une taille bien définie et pouvoir s'épandre à l'aide d'un équipement pour fertilisants minéraux (Recyc-Québec, 2016 a; Girouard-Desautels, 2017). Elles ne doivent pas être friables, car cela pourrait entraîner la formation de poussières et leur siccité doit demeurer élevée afin de limiter les risques de combustion spontanée lors de l'entreposage (Recyc-Québec, 2016a, Girouard-Desautels, 2017).

3.4 COMPOSTAGE

Le BNQ définit le compostage comme un : « procédé dirigé de biooxydation d'un substrat organique hétérogène solide incluant une phase thermophile » (BNQ, 2016b). Le compostage peut être employé pour traiter et stabiliser des matières résiduelles fermentescibles telles que les résidus verts et alimentaires, les biosolides municipaux et papetiers ainsi que les digestats issus de la biométhanisation avant leur usage comme amendement. Cette approche permet d'atteindre des objectifs de traitement (réduction des volumes, déshydratation sous certaines conditions, hygiénisation et désodorisation) et de production d'un produit solide mature issu du compostage appelé compost et utilisé comme amendement organique pour les sols.

Le travail de décomposition des matières organiques par les microorganismes génère de l'énergie sous forme de chaleur. Les procédés de compostage comprennent deux grandes phases successives soient une première phase dite « active » au cours de laquelle l'activité intense des microorganismes se traduit par l'atteinte de températures thermophiles et une seconde phase dite de « maturation » qui mène à un niveau de stabilisation avancée de la MO. En incluant dans la définition du compostage la notion d'une phase avec des températures thermophiles, il devient possible d'alléguer une hygiénisation de la matière (réduction des pathogènes et des graines de mauvaises herbes) qui est un des buts recherchés avec le compostage.

Les conditions d'hygiénisation généralement reconnues au Canada sont celles du PFRP (Process to Further Reduce Pathogens) de l'U.S. EPA. Cette approche stipule que l'ensemble de la masse à composter doit atteindre et se maintenir à 55 °C pendant :

- 3 jours consécutifs en enceinte fermée;
- 15 jours en andains; période au cours de laquelle 5 retournements sont requis.

Il existe une panoplie de procédés de compostage qui peuvent être classés de diverses façons et selon les critères suivants:

- Système fermé (bâtiment, bioréacteur), système ouvert (andains ou piles abritées avec toiles ou toit rigide);
- La forme de l'amas : pile, andains;
- Avec ou sans retournement;
- Le type d'aération : par retournements, air forcée positive ou négative, pile statique.

Les procédés de compostage peuvent inclure des aires et des équipements pour le traitement des émissions gazeuses odorantes (biofiltres) et le traitement des liquides générés en cours de compostage (lixiviats); eaux s'écoulant des amas de compost à la suite de la lyse des cellules et/ou des précipitations).

Les procédés de compostage en enceinte fermée avec ventilation forcée impliquent une phase active, habituellement d'une durée de trois semaines ou moins suivie d'une période de maturation de quelques mois. Le compostage en andains ou piles retournées mécaniquement sans ventilation forcée peut nécessiter plusieurs mois de compostage avant d'atteindre le critère de stabilité associé à un compost mature.

3.4.1 Quelques notions à retenir pour le compostage et le compost

Il importe d'ajuster, au besoin, le procédé de compostage (ventilation, retournements) afin que le niveau de stabilité requis soit atteint en fonction des périodes d'utilisation (printemps, été, automne).

La succession de différents microorganismes pendant le compostage permet d'obtenir un produit stabilisé appelé compost⁷. Au Québec, le terme compost est associé à une MO stabilisée provenant du compostage et qui doit répondre à certaines exigences de stabilité définies dans la [norme CAN/BNQ 0413-200](#).

Il existe de nombreux ouvrages techniques traitant du compostage et du compost qui abordent les divers aspects du compostage tels que les procédés et les paramètres du compostage qui ne sont pas abordés dans le présent ouvrage.

3.4.2 Qualité agronomique du compost

Les caractéristiques des composts sont très variables. Elles dépendent principalement des intrants utilisés, mais également du procédé, de sa gestion ainsi que du conditionnement du compost (exemple: tamisage) (Cofie, 2016; Stehouwer et al., 2022). Les propriétés du compost, tant agronomiques qu'environnementales, permettent d'orienter son usage final.

Les composts sont avant tout une source de MO stabilisée, bien que leurs apports en éléments fertilisants (majeurs, secondaires et oligo-éléments) soient suffisamment importants pour devoir être pris en compte dans l'élaboration des Plans agroenvironnementales de fertilisation (PAEF) ou Plans agroenvironnementales de valorisation (PAEV).

Au Québec, les principaux types de composts disponibles sont fabriqués à partir de résidus verts, de ROTS, de biosolides et de fumiers. Généralement, les composts de fumiers ou de biosolides ont des teneurs en MO plus élevées que les composts faits à partir de résidus alimentaires (Stehouwer et al., 2022). Sur la base des fiches publiées par Recyc-Québec en 2020, les composts de biosolides et de ROTS se distinguent comme suit :

- Le compost de biosolides contient généralement plus de MO que celui de ROTS, mais il est aussi généralement moins fertilisant;
- Les composts de ROTS ont des concentrations en phosphore et potassium qui sont supérieures aux composts de biosolides.

⁷ Le CGMRF prévoit que les précomposts apparaissent dans la liste des résidus ayant des qualités agronomiques avec la mention «Un précompost doit avoir passé la même phase thermophile qu'un compost. Simplement, sa maturation est écourtée.» (MDELCCFP, 2024b)

Le Tableau 11 présente des valeurs moyennes en éléments traces dans différents types de compost provenant du Nord-Est américain, dont les composts de résidus alimentaires. Ces derniers ont une teneur plus élevée en sodium que les composts de résidus verts ou les composts de biosolides. Toutefois, la teneur en sodium du compost de résidus alimentaires est semblable au compost de fumiers.

Tableau 11. Variation d'éléments traces contenus dans différents types de compost (tiré de Stehouwer et al., 2022).

Trace element ^a	Al	Fe	Mn	Na	As	Cd	Cu	Pb	Hg	Mo	Ni	Se	Zn
Unit	mg/kg												
Leaf and yard trimmings													
10th percentile	5224	5408	305	163	0.6	1.1	28.6	11.2	0.06	3.1	6.2	1	79.1
Median	12,375	11,395	639	405	2.6	2.1	52.4	33.0	0.21	3.3	11.9	1.1	178.5
Mean	14,108	12,276	715	532	4.2	2.0	74.4	48.2	0.33	3.9	12.8	1.7	235.8
90th percentile	24,323	18,607	1235	935	10.0	2.2	127.3	96.4	0.64	6.0	18.8	3.3	501.8
Number of samples	125	125	125	125	125	125	125	125	58	125	125	125	125
Food waste													
10th percentile	4650	4621	117	292	0.6	2	21.3	7.1	0.05	3.1	4.6	1	62.4
Median	8516	12,307	322	1077	3.9	2.1	36.9	18.8	0.07	3.2	7.8	1.1	96.4
Mean	9231	12,231	390	1971	3.6	2.1	40.3	24.3	0.09	3.3	8.6	1.3	124.4
90th percentile	13,701	19,781	626	4769	8.0	2.2	63.5	44.4	0.13	3.3	12.3	1.1	201.1
Number of samples	88	88	88	88	88	88	88	88	39	88	88	88	88
Manure													
10th percentile	1049	1193	146	187	0.6	1.1	18.8	4.2	0.02	3.1	2.4	1	46
Median	5419	6548	559	1025	0.7	2.1	45.3	8.8	0.05	3.3	8.3	1.1	127.0
Mean	8267	8667	620	1678	3.0	1.9	84.2	16.7	0.06	3.6	11.6	1.9	211.1
90th percentile	16,982	19,314	1192	4396	5.6	2.2	166.0	37.9	0.12	4.6	19.6	3.7	437.6
Number of samples	182	182	182	182	182	182	182	182	43	182	182	182	182
Biosolids													
10th percentile	7377	9984	293	446	0.6	1.2	83.4	17.5	0.11	3.2	6.8	1.1	203.4
Median	10,471	19,410	496	595	6.5	2.2	221.0	43.7	0.71	3.6	13.9	2.3	373.0
Mean	11,264	24,244	729	694	7.3	2.1	242.1	60.5	0.91	4.7	14.3	2.6	417.3
90th percentile	15,622	49,202	1343	948	13.1	2.6	422.5	127.9	2.34	5.8	21.0	3.7	660.7
Number of samples	81	81	81	81	81	81	81	81	51	81	81	81	81

^a The Mean is the arithmetic average of all samples. The Median is the value that half of tested samples were greater than and half were less than. The 10th percentile is the value that 10% of samples were less than, and the 90th percentile is the value that 90% of samples were less than.

Tableau 12. Variation d'éléments traces contenus dans des composts municipaux (tiré de Stehouwer et al., 2022).

Parameter ^a	Fe	Mn	Na	B	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
Units	mg/kg										
Minimum	5570	186	354	11	0.4	8	18	32.5	0.1	7.6	75
Median	14,750	317	660	27	0.6	22	58	92.0	0.2	15.2	188
90th %	18,779	426	1238	81	1.3	50	187	206	0.5	30.0	316
Maximum	34,800	593	1625	102	2.5	83	1160	301	13.3	44.3	572
Number of samples	28	28	28	28	21	21	28	21	19	21	28

^a The Median is the value that half of tested samples were greater than and half were less than. The 90th percentile is the value that 90% of samples were less than.

Dans le CGMRF, il est spécifié que des recommandations agronomiques particulières sont nécessaires pour les MRF avec des teneurs en sodium supérieures à 1 % b.s. Dans le Guide sur la collecte et le compostage de matières organiques du secteur municipal (Solinov, 2006), il est spécifié qu'un excès au niveau de la teneur en sels dans un compost peut être un critère de mauvaise qualité. Le Guide de Solinov présente des exemples de caractéristiques des composts selon les exigences des marchés. Le Tableau 13 présente les exigences du marché ainsi que des valeurs maximales de conductivité électrique pour des usages sécuritaires envisagés.

La teneur en sels solubles provient habituellement de la mesure de la conductivité électrique qui s'exprime en mmhos/cm ou dS/m. Ce paramètre ne donne aucune précision sur la nature des sels impliqués et mesurés (Na, K, Mg, NH₄⁺, autres). Le Tableau 14 et le Tableau 15 présentent des valeurs moyennes de conductivité électrique pour les mêmes composts que les tableaux précédents.

Au niveau du sol, la teneur en sodium devrait demeurer inférieure à 40 ppm pour éviter d'affecter la structure du sol ou la disponibilité des éléments fertilisants (Cropnuts, 2023).

Tableau 13. Exemples de caractéristiques des composts selon les exigences des marchés (tiré de Solinov, 2006).

Caractéristiques	Utilisation			
	Médium de croissance	Entretien de gazon	Amendement de sols agricoles	Végétalisation de sites dégradés
Odeur	Bonne odeur de terre	Bonne odeur de terre	Pas d'odeur désagréable	Peu odorant/pas d'odeur désagréable
Granulométrie	< ½ po	< ¼ po	> ¾ po	Pas de restriction
Teneur en sels solubles (mmhos/cm)	<2,5	<5	<20	<20
Maturité	Très mature	Jeune à mature	Jeune et très jeune	Jeune et très jeune
Teneur en graines adventices	Aucune	Aucune	Le moins possible	Aucune restriction

Tableau 14. Variation de paramètres physiques et de fertilités contenus dans différents types de compost (tiré de Stehouwer et al., 2022).

Parameter ^a	pH	Soluble salts	Solids	LOI	Total N	NH ₄	OC	C/N ratio	P	K	Ca	Mg	S
Units		dS/m	%	%	%	mg/kg	%		%	%	%	%	%
Leaf and yard trimmings													
10th percentile	6.7	0.41	36.39	25.2	0.8	4.5	15	11.3	0.09	0.31	0.95	0.21	0.10
Median	7.5	1.76	53.30	46.5	1.5	6	27.1	15.5	0.24	0.53	2.05	0.49	0.25
Mean	7.4	2.00	53.17	46.6	1.7	366	26.5	19.5	0.48	0.70	3.14	0.66	0.31
90th percentile	8.0	3.33	70.92	67.0	2.6	1730	37.8	26.9	1.35	1.28	6.78	1.18	0.40
Number of samples	130	130	130	130	130	130	130	130	125	125	125	125	125
Food waste (with various co-feedstocks, such as yard trimmings)													
10th percentile	7.3	0.58	40.1	8.2	0.3	3.9	4.5	10.5	0.09	0.36	1.05	0.2	0.10
Median	8.0	1.86	58.10	35.6	1.1	5	19.6	15.1	0.20	0.68	2.98	0.39	0.18
Mean	7.9	3.41	57.91	36.5	1.5	140	19.9	15.8	0.37	0.90	3.93	0.53	0.23
90th percentile	8.5	7.79	77.10	67.0	2.9	253	34.4	22.4	0.63	1.74	8.37	0.97	0.41
Number of samples	99	99	99	99	99	99	99	99	88	88	88	88	88
Manure													
10th percentile	6.8	0.65	29.4	27.1	0.8	2.2	14.9	10.4	0.12	0.42	0.78	0.18	0.10
Median	7.7	2.64	50.20	55.3	1.6	17	29.8	16.1	0.37	1.00	2.74	0.68	0.26
Mean	7.6	3.96	54.22	56.5	1.8	351	30.8	29.3	0.59	1.18	3.80	0.71	0.31
90th percentile	8.4	10.01	82.10	85.5	2.9	805	47.1	37.0	1.48	2.10	8.91	1.16	0.62
Number of samples	201	201	201	201	201	201	201	201	182	182	182	182	182
Biosolids													
10th percentile	5.9	1.04	31.25	41.6	1.1	25.2	19.7	10	0.37	0.22	1.24	0.2	0.18
Median	7.1	2.68	49.85	58.3	2.2	1297	29.0	13.4	0.95	0.37	1.77	0.35	0.48
Mean	7.0	3.05	50.78	55.6	2.1	1727	28.2	14.4	0.94	0.45	1.93	0.37	0.48
90th percentile	7.7	5.37	70.85	68.7	3.0	3699	35.4	19.3	1.42	0.69	2.59	0.51	0.73
Number of samples	86	86	86	86	86	81	86	86	81	81	81	81	81

^a The Mean is the arithmetic average of all samples. The Median is the value that half of tested samples were greater than and half were less than. The 10th percentile is the value that 10% of samples were less than, and the 90th percentile is the value that 90% of samples were less than.

Tableau 15. Variation de paramètres physiques et de fertilité contenus dans des composts municipaux (tiré de Stehouwer et al., 2022).

Parameter ^a	Bulk density	pH	Soluble salts	Solids	LOI	Total N	C/N	OC	P	K	Ca	Mg	S
Units	g/L		dS/m	%	%	%		%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Minimum	260	6.3	0.34	33	17	0.7	8	7	0.13	0.28	10,900	1550	1000
Median	483	8.2	0.98	64	35	1.2	12	14	0.23	0.89	22,278	2655	1834
Mean	492	8.1	0.96	63	40	1.3	14	17	0.25	0.85	23,333	2786	1970
90th percentile	611	8.7	1.39	78	57	1.5	23	28	0.27	1.13	30,893	3973	2556
Maximum	720	9.0	1.80	80	72	2.8	25	32	1.02	1.98	40,200	478	4390
Number of samples	33	33	33	33	33	33	33	33	28	28	28	2	28

^a The Mean is the arithmetic average of all samples. The Median is the value that half of tested samples were greater than and half were less than. The 10th percentile is the value that 10% of samples were less than and the 90th percentile is the value that 90% of samples were less than.

Bien qu'il soit avant tout un amendement organique, le compost possède une certaine valeur fertilisante. La majorité du N dans les composts se retrouve sous des formes organiques, ce qui signifie qu'elles doivent être minéralisées par les microorganismes décomposeurs du sol avant de devenir disponibles pour les plantes (Stehouwer et al., 2022).

Si la forme organique a l'avantage de diminuer les pertes de nutriments par lessivage (Adugna, 2016), il s'avère complexe de prédire à quel moment et en quelle quantité les éléments nutritifs deviendront disponibles pour la plante, et ce, notamment pour l'azote. Le relâchement des nutriments organiques passe par la décomposition de la MO qui, à son tour, est influencée par les caractéristiques du compost (dont la stabilité) en plus du type de sol (texture) ainsi que des conditions qui y prévalent (température, humidité et aération) (Stehouwer et al., 2022).

Bien que les valeurs fertilisantes citées dans la littérature étrangère soient informatives, il est important de préciser le «devenir» des éléments fertilisants, notamment pour l'azote dans le contexte climatique québécois, pour des types de composts produits sous nos conditions, avec des intrants tels que disponibles et pour les différents types de sol et cultures rencontrés au Québec. Le Tableau 16 tiré du Guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2015) expose des valeurs moyennes de teneur en azote dans les MRF. On retrouve également à l'Annexe 1, les fiches techniques du compost de ROTS et du compost de biosolides publiées par Recyc-Québec en 2020 (Recyc-Québec, 2020d et Recyc-Québec, 2020e) (Tableau 20).

Tableau 16. Teneurs moyennes en azote des engrais de ferme et des MRF organiques (tiré de CRAAQ, 2015).

Engrais organique	Matière sèche (% sur base humide)	C/N	N _{total} (kg/t)	N-NH ₄ (kg/t)	N-NH ₄ / N _{total} (%)
Lisier - porcs à l'engraissement	3,5	3,4	3,5	2,4	69
Fumier - bovins laitiers	19	15	5,3	1,2	23
Lisier - bovins laitiers	7	10	2,6	1,4	54
Fumier - poulets	68	11	27,5	10,4	38
Compost	29	15	7,3	0,3	4
Biosolides mixtes de papetières	26	21	6,2	0,3	5 ²
Biosolides primaires de papetières ³	44	281	0,7	0	0
Biosolides municipaux	21	9	9,2	0,9	10
Biosolides d'abattoirs	9	6	5,2	0,9	17
Autres résidus agroalimentaires	13	8	5,4	1,0	19

¹ Valeurs adaptées de Perron et Hébert, 2007a; Hébert, 2005a; CRAAQ, 2003b; MAPAQ, non publié. Il ne s'agit que de données indicatives. Les teneurs moyennes montrent des écarts statistiques importants.

² Pour les biosolides papetiers mixtes, le ratio NH₄/N_{total} augmente en fonction du temps de stockage.

³ Les biosolides papetiers primaires incluent les résidus de désencrage. Ce sont des amendements et non des engrais organiques. Ils sont présentés à titre indicatif.

3.4.2.1 Azote

Pour les composts, la minéralisation de l'azote suivant la première année d'application au sol peut varier de 0 % à 40 % (Amlinger et al., 2003; Lee, 2016, cités dans Ozores Hampton et al., 2022). La teneur en azote d'un compost de ROTS varie généralement de 0,6 % à 2,4 % (b.s.). Pour un compost de biosolides municipaux, cette teneur varie de 0,75 % à 2,0 % (b.s.) (Tableau 20).

Depuis plusieurs années, il est recommandé de compléter les apports de compost avec des doses d'azote minéral représentant au moins 25 % des besoins des plantes (Hébert et al., 2003). Sinon, l'usage de composts sur les plantes fixatrices d'azote pourrait permettre de contourner les incertitudes en lien avec le relâchement de l'azote (Ozores Hampton et al., 2022).

3.4.2.2 Phosphore

La quantité de phosphore qu'un compost peut fournir aux cultures est variable et outre sa teneur en phosphore, elle variera en fonction de sa disponibilité qui variera à son tour, en fonction de sa forme. La concentration du compost en phosphore sera influencée par les intrants, le procédé de compostage ainsi que la durée de celui-ci (Lanno et al., 2021). Le phosphore soluble est la forme qui est la plus disponible pour les plantes, suivi par le phosphore adsorbé par le manganèse ou les oxydes de fer (Jakubus, 2016, cité par Lanno et al., 2021).

La teneur en P_2O_5 d'un compost de ROTS varie généralement de 0,6 % à 2,8 % (b.s.). Pour un compost de biosolides municipaux, la concentration en P_2O_5 varie de 1,0 % à 2,5 % (b.s.) (Tableau 20). La disponibilité du phosphore des composts au cours de la première année suivant l'application varie entre 40 et 100 % (CRAAQ, 2015).

3.4.2.3 Potassium

Le potassium contenu dans le compost est soluble et généralement disponible pour les plantes dès la première année d'application (Ozores Hampton et al., 2022). La teneur en K_2O d'un compost de ROTS varie généralement de 0,6 % à 2,0 % (b.s.). Pour un compost de biosolides municipaux, la concentration en K_2O varie de 0,25 % à 0,5 % (b.s.) (Tableau 20). La disponibilité du potassium dans les composts la première année varie entre 60 et 100 % (CRAAQ, 2015).

3.4.3 Effet suppressif des composts

Depuis plusieurs années, de nombreuses études ont démontré que certains composts avaient un effet suppressif sur certaines maladies fongiques transmises par le sol (telluriques) et causées par des organismes phytopathogènes, notamment les champignons tel que *Pythium* (fonte des semis), *Rhizoctonia* et *Phytophthora* (pourriture), *Fusarium* (fusariose) et *Verticillium* (Bonanomi et al 2007). C'est ce qu'on appelle l'effet suppressif des composts. La diminution de l'impact des phytopathogènes résultant de l'application d'amendements organiques au sol a surtout été observée avec les composts (Bonanomi et al., 2007). Les mécanismes de suppression peuvent être généraux (découlant de l'activité de plusieurs microorganismes) ou spécifiques (lorsque des microorganismes donnés affectent un pathogène en particulier (Litterick, 2004).

Plusieurs aspects liés aux effets suppressifs des composts ont fait l'objet de nombreuses publications qui montrent bien la complexité du sujet.

- Des effets qui varient dans le temps (étude de 2007 par Yitzhak Hadar, citée par Hadar et Papadopoulou 2012);
- Des microorganismes qui colonisent le compost pendant la maturation peuvent déterminer si le compost sera suppressif ou non (De Bertoldi, 2010, Fuchs 2010 ainsi que Litterick, 2004);
- L'effet du compost sur les pathogènes peut être influencé par le milieu récepteur (Litterick, 2004 ainsi que Hadar et Papadopoulou 2012).

Les composts perdraient leur potentiel suppressif lorsqu'ils sont traités à la chaleur en raison de la destruction de leur microflore (Fuchs, 2003). Les travaux réalisés par Hoitink au cours des nombreuses années de recherche lui permettent de conclure que si la plupart des composts peuvent prévenir la pourriture des racines, seulement quelques composts peuvent prévenir la fonte des semis et les maladies de feuillage (Hoitink et al., 2006).

Compte tenu des enjeux associés à l'emploi de composts comme agent de lutte et de contrôle, les recherches doivent se poursuivre pour parvenir à développer des composts « commerciaux ou faits maison » et qui garantiraient un niveau de performance élevé et récurrent.

3.4.4 Le tri ou le traitement mécano-biologique (TMB)

Le TMB est un procédé de traitement mécano-biologique qui inclut des équipements pour le tri mécanique et le traitement biologique des ordures ménagères collectées dans le but de séparer les diverses fractions de matières (organique et inorganique) dans les résidus tels la MO, verre, métal, plastiques, etc. La fraction organique fermentescible ainsi séparée est ensuite traitée avec des procédés comme le compostage (section 3.4), ou la digestion anaérobie (réf. section 3.6). (BAPE, 2022).

Si le TMB est une pratique répandue en Europe, on dénombre seulement 6 usines aux États-Unis et seulement 3 emplacements au Québec (Valoris (Sherbrooke), Gazon Savard (Chicoutimi) et Viridis (Beauce)) (BAPE, 2022). Au Québec,

les technologies de TMB se positionnent en porte à faux avec les orientations gouvernementales du ministère de l'Environnement qui visent à favoriser le tri des résidus organiques à la source (3RV-E)⁸.

Pour cette raison, le MELCCFP ne reconnaît pas le TMB comme une technologie admissible au Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage (PTMOBC) parce que l'approche TMB n'implique pas de tri à la source des matières collectées.

Le MELCC estime toutefois qu'une telle approche pourrait s'inscrire en complémentarité avec une collecte à trois voies dans la mesure où des procédés de TMB parviendraient à démontrer leur capacité à produire un compost, bien que de qualité moindre, destiné à des marchés spécifiques pour lesquels des mesures de mitigation adaptées auront été appliquées (BAPE, 2022).

La commission d'enquête du BAPE est d'avis que, pour des considérations environnementales, une approche de TMB devrait toujours se faire dans le respect de la hiérarchie des 3RV-E et qu'elle ne devrait pas avoir pour objet de se substituer à la collecte séparée des matières organiques à la source. Elle est d'avis que la qualité du compost issu du traitement mécano-biologique gagnerait à être bien établie sur la base de normes reconnues avant d'étendre cette technologie à l'ensemble du territoire québécois (BAPE, 2022).

3.5 BIOSÉCHAGE

Le terme bioséchage est apparu au milieu des années 80 et désigne l'action d'évaporer l'eau et de sécher de la matière organique grâce à la récupération et à l'emploi de la chaleur produite par une activité intense des microorganismes. Si les processus impliqués pour le bioséchage et le compostage sont similaires, les objectifs principaux des deux approches diffèrent. Le bioséchage vise à déshydrater rapidement et efficacement les résidus organiques en utilisant la chaleur microbienne alors que le compostage vise à stabiliser la MO pour en faire un compost. En pratique, le bioséchage correspond à la phase active du compostage et se déroule habituellement sur une courte période de moins de 15 jours. Pour atteindre les objectifs de déshydratation rapide, les taux de ventilation en bioséchage sont nettement plus élevés que ceux utilisés en compostage.

La MO bioséchée a subi un faible taux de décomposition; la fraction organique hautement fermentescible a été partiellement transformée, stabilisée, déshydratée et désodorisée. Ainsi traitée, la gestion d'un résidu organique bioséché est facilitée notamment pour son entreposage et sa commercialisation. Si le produit bioséché, qui est encore biologiquement instable, devait être réhumecté, les processus associés au compostage reprendraient.

L'atteinte de températures élevées au sein de la masse permet de respecter les exigences et les critères d'hygiénisation associés au PFRP. Si l'obtention d'un produit bioséché pulvérulent peut causer des problèmes de poussière lors des manipulations, le produit issu du bioséchage peut être granulé pour contrer ce problème potentiel.

3.6 BIOMÉTHANISATION (DIGESTION ANAÉROBIE)

La digestion anaérobie est un processus de décomposition microbienne qui se déroule en absence d'oxygène, dans des réacteurs sous conditions anaérobies contrôlées. En dégradant la MO, les microorganismes dégagent du biogaz qui peut être récupéré pour sa valeur énergétique. Au terme du processus, la biométhanisation génère également une matière organique partiellement digérée appelée digestat et qui peut être recyclée comme fertilisant/amendement pour des usages agricoles. En pratique, le digestat peut être valorisé à l'état liquide ou solide sur les terres. La présente revue traite uniquement des caractéristiques et de la valorisation de la fraction solide des digestats.

À l'instar du compostage, la digestion anaérobie comprend des consortiums microbiens qui se succèdent selon les quatre phases suivantes : hydrolyse, acidogenèse, acétogenèse et méthanogenèse. Les composés générés lors de l'acétogenèse

⁸ 3RV-E est un sigle utilisé pour signifier, dans l'ordre, la réduction à la source, le réemploi, le recyclage, la valorisation et l'élimination. (BAPE, 2022)

sont utilisés par les bactéries méthanogènes qui produisent le méthane et d'autres gaz tels le CO₂ et le H₂S (Insam et al., 2010).

Il existe plusieurs systèmes de digestion anaérobie qui se distinguent notamment en fonction de la teneur en eau du substrat dans le digesteur (procédé par voie sèche ou par voie humide) ou encore par leur température d'opération (digestion thermophile T° 50-65 °C, mésophile T° 30-40°C ou psychrophile T° ambiante) (MDDELCC, 2018).

La majorité des matières organiques résiduelles d'origine municipale peuvent être traitées par digestion anaérobie et le choix des intrants dépend de plusieurs facteurs : disponibilité régionale et temporelle, pouvoir méthanogène et considérations économiques. Le recours à la co-digestion (digestion de plusieurs substrats à la fois comme des boues d'épuration et des ROTS) permet d'optimiser l'ensemble de ces considérations.

Si la biométhanisation vise principalement la production de gaz, la production et la gestion de digestats sont inévitables et la gestion de ce sous-produit ainsi que leurs débouchés constituent un aspect important pour le développement et la pérennité de cette filière.

3.6.1 Propriétés des digestats

Les propriétés des digestats seront influencées par divers facteurs incluant le type d'intrants, le type de prétraitement, la technologie utilisée ou encore la durée du processus ou les conditions dans lesquelles la digestion s'opère (Guilayn et al., 2022). Plusieurs technologies de post-traitement influenceront aussi la qualité des digestats. Par exemple, la technologie choisie pour déshydrater le digestat peut influencer la ségrégation de la MO ou des minéraux vers la phase solide ou la phase liquide (Guilayn et al., 2019).

Les fiches de Recyc-Québec présentent les caractéristiques attendues de deux types de digestats produits au Québec. (Annexe 1 ou Recyc-Québec, 2020f ou Recyc-Québec, 2020c ou Tableau 20).

3.6.1.1 Valeur amendante

Des molécules telles que la lignine, les lipides complexes ou les stéroïdes sont conservées lors de la digestion anaérobie et celles-ci sont des précurseurs de MO de type « humus » (Tambone et al., 2010; Lorenz et al., 2007).

Au Québec, puisque la filière de la biométhanisation n'est pas encore très développée, il y a encore un manque de connaissances concernant la valeur amendante et fertilisante des digestats et, à ce jour, il existe peu d'essais au champ de moyenne et longue durée qui ont porté sur le sujet.

3.6.1.2 Valeur fertilisante

Lors de la digestion anaérobie, une grande partie de l'azote organique est transformée en azote soluble sous forme de NH₄⁺ et NH₃ (Canadian Biogas Association, 2019). Celui-ci se retrouvera en plus grande proportion dans la portion liquide du digestat après la séparation des phases (Reibel et Leclerc, 2018). Des traitements subséquents de la portion solide du digestat tels que le séchage ou le compostage pourraient aussi diminuer la portion d'azote minéral du digestat en entraînant sa volatilisation (Reibel et Leclerc, 2018). La valeur fertilisante azotée à court terme du digestat ayant subi différentes transformations serait généralement décroissante selon l'ordre suivant (Reibel et Leclerc, 2018) :

Digestats liquides > Digestats bruts > Digestats solides > Digestats compostés ~ Digestats séchés.

Le phosphore se concentre également dans le digestat brut de biométhanisation. Sa disponibilité pour les plantes peut varier (Möller et Muller, 2012). Le phosphore peut se lier à certains composés comme le fer, ce qui le rend moins disponible. Lors de la déshydratation du digestat, la proportion de phosphore qui se retrouve dans la phase solide est légèrement plus élevée que celle qui migre vers la phase liquide (Peng et Pivato, 2019) de sorte que la portion solide des digestats de boues d'épuration est particulièrement riche en phosphore total. La teneur en phosphore sur base humide pour les différentes portions de digestats et leurs transformations subséquentes seraient en ordre décroissant comme suit (Reibel et Leclerc, 2018) :

P digestat séché > P digestat composté > P digestat fraction solide séparation par centrifugeuse > P digestat fraction solide séparation par presse à vis > digestat brut > digestat liquide

La concentration en phosphore estimée varierait entre 4 et 8 kg de P_2O_5 /T humide pour les digestats de ROTS (Recyc-Québec, 2020f) et entre 9 et 15 kg de P_2O_5 /T humide pour les digestats de biosolides (Recyc-Québec, 2020c).

Concernant le potassium, il se retrouve majoritairement dans la portion liquide du digestat (Guilayn et al., 2022). Sa concentration varierait entre 0,5 et 4 kg de K_2O /T humide pour les digestats de ROTS (Recyc-Québec, 2020f) et entre 0,3 et 1 kg de K_2O /T humide pour les digestats de biosolides (Recyc-Québec, 2020c).

3.6.1.3 *Innocuité*

Plusieurs facteurs peuvent influencer la survie des pathogènes au cours de la digestion anaérobie. Parmi ceux-ci, on peut mentionner les conditions d'opération (type de digestion, temps de rétention, température). La formation de composés tels que les acides gras volatiles ou le NH_4^+ peut avoir des effets délétères sur certains agents pathogènes. (Jiang et al., 2020). La digestion en conditions thermophiles serait, pour l'abattement des pathogènes, plus efficace que la digestion en conditions mésophiles. Toutefois, il a été démontré qu'à des temps d'incubation supérieurs à 11 jours, les températures mésophiles parvenaient à détruire les graines dures plus résistantes comme la tomate (Johansen et al., 2013; Engeli et al., 1993; Westerman et Gerowitt, 2013). La compétition microbienne joue aussi un rôle dans la persistance des pathogènes.

Concernant les spores pouvant disséminer des maladies de plantes ou encore les nématodes, ils seront aussi affectés de façon variable par la digestion anaérobie. La plupart des spores sont détruits à des températures mésophiles, mais d'autres, comme les pathogènes responsables de la hernie du chou, nécessitent des températures d'au moins 55 °C pour une période prolongée afin d'être inactivés. Pour ce qui est des nématodes, des études ont montré que ceux des deux espèces affectant la pomme de terre sont, pour la plupart, détruits après quelques jours de digestion à 35 °C (revu par Al Seadi et Lukehurst, 2012).

Concernant des polluants tels que les métaux et à l'instar du compostage, leurs teneurs dans le digestat brut seront plus élevées que dans les intrants puisqu'ils seront concentrés lors du processus de digestion (Reibel et Leclerc, 2018).

Quant aux polluants organiques, on retrouve certaines informations qui indiquent une biodégradation partielle de certains d'entre eux. Par exemple, la méthanisation permet d'abaisser considérablement le taux de certains produits pharmaceutiques comme l'ibuprofène (> 80 %), alors que d'autres produits de pharmacopée associés aux perturbateurs endocriniens sont moins affectés (< 55 %) (Samaras et al., 2013). Des études ont aussi montré que la digestion anaérobie a un potentiel de dégradation pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les nonylphénols et les polychlorobiphényles (Barret et al., 2012).

L'impact sur les gènes de résistance aux antibiotiques n'est pas encore clairement établi. Le prélèvement de ces produits par les plantes, leur effet sur la flore microbienne du sol, ainsi que la bioaccumulation et la biomagnification dans l'environnement sont peu ou pas documentés à ce jour. Également, les propriétés physicochimiques diffèrent entre la multitude des produits de la pharmacopée et, par conséquent, les facteurs qui influencent leur dégradation sont variables et peu étudiés à ce jour.

3.6.1.4 *Effet sur les microorganismes du sol*

Une récente revue de littérature a été réalisée sur l'effet des digestats de biométhanisation issus de plusieurs types d'intrants sur les microorganismes de sols agricoles amendés. Elle recense des résultats mitigés (neutres dans près de la moitié des cas, parfois positifs et parfois négatifs) (Karimi et al., 2023). Les auteurs concluent que le type d'intrant composant les digestats semble affecter les effets de l'application d'un tel produit sur la microbiologie des sols, mais qu'il n'est pas encore possible de décrire des tendances selon le type d'intrant. Ils recommandent donc de réaliser davantage de travaux avec divers types de sols et de digestats pour mieux évaluer l'effet de ceux-ci sur la biodiversité des sols. Les articles qui abordent les effets découlant de l'apport de digestats de biosolides sont encore très limités (De Corato, 2021).

Si plusieurs travaux de recherche ont été faits sur les composts ayant des effets suppressifs (section 3.4.3), très peu d'informations sont disponibles au sujet du potentiel des digestats d'origine urbaine à éliminer ou réduire les phytopathogènes. Une étude récente a toutefois démontré une diminution de la sévérité de la fusariose chez la tomate cerise à la suite d'une application de digestats de biosolides ayant été préalablement séchés (De Corato et al., 2023). Les auteurs ont attribué cet effet à une modification de la communauté bactérienne des sols amendés.

3.6.1.5 Autres caractéristiques

Généralement, les digestats ont un pH plus élevé de 0,5 à 2 unités supplémentaires comparativement aux pH des intrants (Guilayn et al., 2020). Les fiches de Recyc-Québec indiquent des valeurs attendues de pH entre 7,5 et 8,5 pour les digestats de ROTS et entre 7 et 8,5 pour les digestats de biosolides (Recyc-Québec, 2020c et Recyc-Québec, 2020f).

3.7 INCINÉRATION

La présente section porte sur l'incinération de biosolides municipaux spécifiquement.

L'incinération des boues municipales facilite la gestion des déchets, notamment en raison de la réduction des masses et des volumes. On estime une diminution de masse de l'ordre de 70 % et une diminution de volume de l'ordre de 90 % à la suite de l'incinération (Kosson et al., 1996) ainsi qu'une perte complète de la MO.

L'incinération est un procédé d'élimination qui, en fonction de la hiérarchie des 3RV-E, constitue une approche de disposition de dernier recours qui génère des cendres de combustion que l'on classe en deux types : les cendres de grilles et les cendres volantes. La proportion de cendres de grilles produites est beaucoup plus grande que celle des cendres volantes. À titre d'exemple, à la station d'épuration Jean-R. Marcotte de Montréal (la Station), environ 90 % des cendres produites sont des cendres de grilles et 10 %, des cendres volantes (Hébert, 2021). Les cendres volantes sont le résultat de la captation des gaz produits lors de la combustion de boues et elles ont une teneur en composés organiques toxiques souvent plus élevée que les cendres de grille. Les cendres de grilles sont le résultat direct de la combustion de boues. Elles ont généralement une grande concentration en métaux lourds (CCME, 2012).

Depuis 2012, environ 49 % des boues produites au Québec sont destinées à l'incinération (MDDELCC, 2016). En 2020, on estimait à 16 % le taux de valorisation de cendres sur les terres agricoles et de ce nombre, 15 % étaient épandues en Ontario (Hébert, 2021). La proportion restante de cendres produites au Québec est destinée à une utilisation dans les cimenteries ou est envoyée dans des lieux d'enfouissement technique (LET) (Joseph, 2019; Hébert, 2021). Malheureusement, ces deux derniers modes de disposition ne permettent pas de recycler les éléments nutritifs au profit de l'agriculture.

Les cendres de combustion de boues (CCB) ne contiennent pas de MO, d'eau, de soufre, de carbone organique et d'azote, car ces éléments se transforment en différents gaz lors de la combustion (Werter et Ogada, 1999). Les caractéristiques C-P-O-E-I des cendres sont différentes des matières d'origine. La cendre de combustion de boues est très concentrée en phosphore, mais également en métaux non volatils.

L'incinération élimine les odeurs des boues, dégrade les contaminants organiques et élimine les pathogènes (Chen et Yan, 2012; Kruger et Adam, 2015).

3.7.1 Cendres et valorisation agricole

Pour que l'épandage de cendres à des fins agricoles soit permis, il faut, à l'instar des MRF envoyées en agriculture, que la cendre réponde aux critères du CGMRF pour les teneurs en éléments traces métalliques.

Tout comme les biosolides municipaux, la cendre de boues municipales peut fournir un apport en éléments nutritifs pour la plante, ce qui permet de réduire l'utilisation d'engrais minéraux, et ce, dans la mesure où la matière obtenue respecte les critères de qualité exigés.

Certaines cendres ont un pouvoir chaulant suffisamment élevé qui permet de les appliquer comme ACM sur les sols agricoles ou servir à d'autres fins tels que le traitement de boues primaires ou encore comme agent de contrôle d'odeurs dans les LET

(Hébert, 2021). En se basant sur les exigences de la norme BNQ pour les amendements calciques magnésiens (BNQ, 2015), une cendre ayant un pouvoir neutralisant (PN) $\geq 25\%$ d'équivalent carbonate de calcium (ECC) est qualifiée de chaulante (Hébert, 2021 et réf. Tableau 17).

Le pH des cendres influence la disponibilité du phosphore qui augmente pour des valeurs de pH variant entre 5,5 et 7,0 (Joseph, 2019). Le pH des CCB d'origine municipale est généralement inférieur à celui des cendres de bois (Hébert, 2015). Le Tableau 18 présente des caractéristiques physico-chimiques moyennes de CCB provenant de diverses sources (Joseph, 2019).

Compte tenu de leur siccité et de leur teneur en phosphore qui limite les doses d'épandages permises, les cendres de boues peuvent être épandues avec un épandeur à chaux ou bien un épandeur de précision (Hébert, 2021).

Tableau 17. Quelques paramètres agronomiques (b.s.) des cendres de la station d'épuration de Montréal de janvier 2014 à juin 2018 (tiré de Hébert, 2021).

Paramètres	Unités	Moyenne	Minimum	Maximum	Nombre d'échantillons (n)
pH (eau)	-	10,8	8,2	12,4	159
Pouvoir neutralisant (PN)	% ECC, b.s.	29	15	46	47
Calcium (Ca)	%, b.s.	12	6	19	158
Magnésium (Mg)	%, b.s.	2,0	1,4	2,8	158
Silicium (Si)	%, b.s.	16	11	20	158

Tableau 18. Caractéristiques physico-chimiques des CCB (tiré de Joseph, 2019).

Eléments	Min	Max	Moyenne
P (%)	1,5	13,1	7,3
K (%)	< 0,006	1,700	0,900
Ca (%)	6,1	37,8	13,8
Mg (%)	0,3	3,9	1,4
S (%)	0,3	6,9	1,5
Na (%)	0,2	2,6	0,7
Al (%)	0,7	20,2	5,2
Fe (%)	1,8	20,3	9,9
pH	8,00	10,03	9,15
Humidité (%)	---	---	0,28
Diamètre des particules (μm)	1	100	---

Sources : Ai-sharif et Attom, 2014; Bierman et Rosen, 1994; Cyr et al., 2007; Krüger et al., 2014; Ottosen et al., 2013

3.8 SYNTHÈSE DES TRANSFORMATIONS

Tableau 19. Impacts du conditionnement selon une perspective agricole (adapté de Recyc-Québec, 2016b et Recyc-Québec, 2016c).

Transformation	Avantages	Inconvénients	Impacts
Déshydratation/séchage	- Augmentation de la siccité	- Si les sels d'aluminium et de fer sont employés, il y a augmentation des contaminants et diminution de la disponibilité du phosphore	- Stabilisation thermique temporaire - Entreposage facilité - Réduction des coûts de transport
Filtre-pressoir	- Déshydratation améliorée		
Déshydratation par effet électrocinétique	- Retrait d'une partie des métaux lourds - Diminution des pathogènes - Réduction des odeurs		
Lits de séchage plantés	- Réduction de métaux lourds		
Séchage thermique	- Conservation de la matière organique - Diminution des pathogènes	- Perte d'azote	
Alcalinisation	- Réduction de l'activité microbienne (stabilisation) - Diminution des odeurs - Hygiénisation - Apport de calcium si la chaux est l'agent alcalinisant - Effet chaulant	- Perte d'azote ammoniacale - Diminution de la disponibilité du phosphore	- Stabilisation chimique
Granulation	- Possibilité d'ajouter des minéraux - Possibilité d'équilibrer le ratio N et P - Convient mieux à certaines applications comme le gazon - Diminution des pathogènes - Diminution des odeurs - Réduction du volume - Fertilisants concentrés - Ensachage possible	- La MO contenue dans les granules a un impact sur le relâchement des nutriments (peut aussi s'avérer un avantage selon ce qui est souhaité, mais est considéré comme un désavantage comparativement aux engrais minéraux). - Libération plus lente des éléments fertilisants. - Risque de poussières - Risque de combustion spontanée si réhydraté	- Stabilisation thermique et mécanique - Entreposage facilité - Réduction des coûts de transport
Compostage	- Désodorisation - Stabilisation la matière - Hygiénisation de la matière (P1 irréversible) - Apport de matière organique stable	- La période de compostage doit être synchronisée avec les périodes d'épandage - La stabilisation de la matière peut également s'avérer être un désavantage selon ce qui est souhaité du compost	- Stabilisation biologique avancée du C

		- Libération plus lente de l'azote	
Bioséchage	- Déshydratation - Désodorisation - Hygiénisation - Demeure instable biologiquement - Permet de mettre en pause le compostage pour le recommencer au moment voulu	- L'instabilité biologique peut également s'avérer être un désavantage selon ce qui est recherché	- Stabilisation biologique partielle du C
Digestion anaérobie	- Production d'énergie (méthane et autres gaz) - Augmentation du pH - Concentration en N et P selon le digestat - Fertilisants plus disponibles	- Variabilité de la disponibilité du phosphore - Augmentation du pH - Souvent de classification P2-O2 - Plus grand risque de lessivage des nutriments si le digestat n'est pas séché thermiquement, alcalinisé ou composté	- Stabilisation biologique partielle du C
Incinération	- Récupération de l'énergie de combustion - Concentration du phosphore - Élimination des odeurs, des corps étrangers et des pathogènes - Diminution du volume de matière - Potentiellement chaulant	- Concentration des contaminants - Perte de la matière organique - Perte de l'azote	- Stabilisation thermique - Réduction des coûts de transport

Tableau 20. Valeur agronomique de 13 amendements organiques (adapté à partir des fiches techniques sur les matières résiduelles fertilisantes de Recyc-Québec, publiées en 2020).

Type d'amendement organique	N _{Tot} (kg/T _{sec})	P ₂ O ₅ (kg/T _{sec})	K ₂ O (kg/T _{sec})	MO (% B.S.)
Résidus de désencrage	1,1-5,6	0,0-3,3	0,0-0,4	44,4
Biosolides papetier mixte	8,3-25,0	3,3-11,7	0,7-3,3	83,3
Compost de biosolides municipaux	7,5-20,0	10,0-25,0	2,5-5,0	62,5
Biosolides municipaux de stations mécanisées	20,0-40,0	20,0-40,0	1,0-3,3	83,3
Biosolides municipaux étangs aérés	8,0-48,0	16,0-80,0	1,2-4,0	40,0
Digestats de biosolides municipaux	32,0-52,0	36,0-60,0	1,2-4,0	60,0
Cendres de l'industrie forestière	0,0-0,0	4,0-22,7	12,0-46,7	13,3
Compost de ROTS	6,0-24,0	6,0-28,0	6,0-20,0	40,0
Digestats de ROTS	16,7-40,0	13,3-26,7	1,7-13,3	66,7
Lisier de porcs en croissance	70,0-110,0	20,0-70,0	40,0-80,0	80,0
Lisier de bovins laitier	25,0-83,0	16,7-33,3	41,7-75,0	83,3
Fumier solide de poulets à griller	25,3-49,3	20,0-42,7	12,0-36,0	73,3
Fumier solide bovins laitiers	20,0-40,0	12,5-25,0	17,5-35,0	75,0

Et les fumiers

Il s'avère intéressant de comparer la valeur fertilisante des biosolides municipaux avec celle des fumiers, car :

- Les fumiers sont traditionnellement utilisés sur les terres agricoles comme fertilisants et amendements;
- L'utilisation de biosolides municipaux (fumier humain) peut s'avérer une source d'éléments fertilisants et de matière organique particulièrement intéressante dans les régions où les fumiers se font de plus en plus rares.

Bien que l'apport en potassium des fumiers demeure supérieur aux biosolides municipaux, ces derniers constituent des sources en éléments fertilisants et en MO non négligeables (Tableau 20).

4 CADRE RÉGLEMENTAIRE ET EXIGENCES DES ORGANISMES DE CERTIFICATION

Plusieurs lois, règlements, normes, guides et codes encadrent directement ou indirectement les activités associées à la valorisation des MRF. La présente section vise à présenter les grandes lignes des principaux aspects législatifs et des documents développés et administrés par les divers organismes pour les activités de valorisation des MRF en agriculture.

4.1 LOI SUR LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT (LQE) ET SES RÈGLEMENTS

L'art. 20 de la LQE prévoit qu'il ne peut pas y avoir de rejet dans l'environnement de contaminants au-delà des concentrations ou des valeurs limites permises par la loi. Pour toute activité risquant de créer un rejet dans l'environnement, une autorisation ministérielle est nécessaire (art.22).

4.1.1 Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE) et Règlement concernant la valorisation de matières résiduelles (RVMR)

Depuis le 31 décembre 2020, le Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement (RRALQE) découlant de la LQE a été abrogé et remplacé par le Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE) et le Règlement concernant la valorisation des matières résiduelles (RVMR). Ces deux règlements viennent spécifier certaines exemptions d'autorisation et encadrent la réglementation sur l'élimination et la valorisation des MRF en établissant certaines limites à respecter au niveau des activités de valorisation de matières résiduelles.

4.1.2 Règlement sur les exploitations agricoles (REA)

Dans le but d'assurer la protection de l'environnement et des eaux contre de potentiels polluants, le REA établit certaines restrictions en ce qui concerne les matières qu'il est permis d'épandre dans une situation donnée ainsi que des distances d'épandages minimales à respecter. Un projet est actuellement en cours pour mettre à jour ce règlement.

4.1.3 Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP)

Le RPEP prévoit les aires de protection des sites de prélèvement d'eaux pour tout ce qui concerne les épandages et l'entreposage de pesticides ou de fertilisants, dont les MRF. Il réglemente également le fait que les MRF qui contiennent plus de 0,1 % de boues d'eaux usées non conformes à la norme BNQ ne peuvent être stockées à même le sol ou épandues dans les sites de prélèvement des eaux (art.58).

4.2 CODE DE GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES FERTILISANTES (CGMRF)

Le CGMRF présente les lignes directrices pour l'utilisation de MRF en milieu agricole. Il présente entre autres dans quelles situations il est nécessaire de faire une demande d'autorisation ministérielle ou si seulement une déclaration de conformité suffit. Il spécifie aussi les barèmes à respecter au niveau des contaminants, des corps étrangers, des pathogènes, des odeurs et des paramètres investigateurs préventifs. Ces barèmes sont employés pour classer les MRF selon les classes C-P-O-E-I.

- Le C représente les contaminants chimiques. Il fait référence aux métaux (ex : cadmium), aux éléments traces inorganiques (ex : sélénium) et aux composés traces organiques (ex : dioxines, furannes et pesticides).
- Le P fait référence aux pathogènes (E. coli, salmonelle).
- Le E correspond aux corps étrangers (plastiques, morceaux de métal).
- Le O est pour le paramètre des odeurs.
- Et finalement le I pour les paramètres investigateurs préventifs, dans lesquels font partie les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées. Les paramètres d'entreposage et d'épandage sont établis en fonction de la classification des MRF.

Il existe une [Guide de référence du CGMRF](#) afin d'en faciliter l'interprétation.

4.3 LOI SUR LA PROTECTION DU TERRITOIRE ET DES ACTIVITÉS AGRICOLES

Administré par la Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ), la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles et son règlement énonce que dans certaines situations où il est question de placer des MRF dans un ouvrage de stockage étanche, il se peut qu'une autorisation de la Commission soit nécessaire avant qu'une autorisation ministérielle puisse être délivrée par le MELCCFP (art. 58 de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles et art.1 du Règlement d'application de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles).

4.4 LOIS FÉDÉRALES

4.4.1 Loi et règlement sur les engrais

La Loi et le Règlement sur les engrais sont administrés par l'Agence canadienne d'Inspection des aliments (ACIA) et s'appliquent pour les produits vendus ou importés comme engrais ou suppléments (amendements) au Canada dont font partie les MRF. Sur la base de cette réglementation, l'ACIA s'assure de la conformité des normes fédérales de l'étiquetage et de l'innocuité de ce type de produits notamment pour les contaminants chimiques et les pathogènes pour les MRF vendus en vrac, en sacs ou en petits contenants ainsi qu'à certains terreaux faits à base de MRF.

4.5 AUTRES EXIGENCES NON RÉGLEMENTAIRES D'ORGANISMES DE CERTIFICATION

4.5.1 Bureau de normalisation du Québec (BNQ)

Le BNQ est un organisme de normalisation reconnu par le Conseil canadien des normes (CCN) pour l'élaboration de normes nationales ou provinciales sur les matières fertilisantes au Canada. En 2021, il existe trois normes BNQ qui portent sur les MRF; une quatrième norme est en cours d'élaboration et porte sur les digestats :

- Amendements organiques- composts (CAN/BNQ 0413-200)
- Amendements organiques- biosolides municipaux alcalins ou séchés (CAN/BNQ 0413-400)
- Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels (BNQ 0419-090)
- Projet Amendements organiques- digestats de biométhanisation (BNQ 0413-500)

Le CGMRF et la norme BNQ sur les composts ont été fait dans un souci d'harmoniser le plus possible les exigences et la valeur des critères de chaque outil de référence. En principe, les MRF certifiées conformes par le BNQ respectent les exigences d'innocuité de l'ACIA. Finalement, le CGMRF inclut la notion de reconnaissance du statut particulier des MRF conformes aux critères de qualité prescrits dans une norme du BNQ et qui leur permet alors de bénéficier d'un assouplissement relativement aux autorisations requises pour leur valorisation.

La norme BNQ sur les digestats 0413-500 est actuellement en développement. Dans un souci d'harmonisation des exigences de qualité, la structure et les éléments pour les exigences de la norme digestats seront sensiblement similaires à ceux de la norme compost avec des différences inhérentes aux caractéristiques de qualité des digestats, le cas échéant.

4.5.2 Canada Gap®

CanadaGAP® est un programme canadien de salubrité des aliments destiné aux entreprises qui s'adonnent à la production, à la manipulation et au courtage des fruits et des légumes. Le programme a obtenu la pleine reconnaissance du gouvernement canadien. Il contribue à la mise en œuvre et au maintien de procédures de salubrité alimentaire efficaces au sein des exploitations de fruits et de légumes frais. Deux guides, l'un pour les produits de serre et l'autre pour les fruits et légumes, ont été élaborés par le secteur horticole, puis soumis à l'examen technique des experts gouvernementaux du Canada. Ils sont conçus pour permettre aux entreprises de production, d'emballage et d'entreposage de mettre en œuvre de bonnes pratiques agricoles et aux entreprises de remballage et de commerce en gros de mettre en œuvre de bonnes pratiques de fabrication, ainsi que les programmes HACCP (Analyse des risques et maîtrise des points critiques). Le

programme CanadaGAP® est aussi destiné aux courtiers en fruits et légumes frais qui mettent en œuvre des pratiques exemplaires en matière de gestion des fournisseurs et de traçabilité des produits.

Tiré de : <https://www.canadagap.ca/fr/program/>

4.5.3 Certification agriculture bio

Le Conseil des appellations réservées et des termes valorisant (CARTV) a accrédité six organismes certificateurs chargés d'attribuer les certifications biologiques au Québec:

- Ecocert Canada
- Québec Vrai
- Pro-Cert
- QAI International
- Letis S.A.
- TCO Cert

Tiré de : <https://www.fermierdefamille.org/certification-biologique>

Peut-on utiliser des MRF en agriculture biologique?

Bien que le Ministère considère que l'utilisation des MRF selon les critères en vigueur au Québec est une pratique sécuritaire et conforme au développement durable, certains organismes de certification biologique peuvent en interdire l'utilisation, comme c'est le cas des engrais chimiques et des pesticides de synthèse.

Tiré de : https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/faq.htm#q-14

Pour diverses raisons, certaines MRF sont interdites par les agences de certification, limitant ainsi leur potentiel d'utilisation. Chaque organisme de « certification » possède ses propres exigences. L'agriculteur détenteur d'une certification biologique ou désireux d'en obtenir une, doit donc s'informer préalablement auprès des organismes de certification avant d'utiliser des MRF afin de s'assurer de la conformité de ce type d'activité auprès des organismes certificateurs.

5 SEGMENTS POTENTIELS DE MARCHÉS AGRICOLES : FREINS ET OPPORTUNITÉS

La nature et l'origine des MRF constituent des éléments importants à prendre en considération dans l'exercice qui vise à établir les freins, les irritants et les opportunités associées à la valorisation des MRF et ce, pour divers segments d'utilisations potentiels des MRF en agriculture ou horticulture.

Le présent chapitre a pour objectif de brosser un portrait des principaux freins et opportunités associés à l'utilisation des MRF pour chacun des segments de marchés agricoles et horticoles retenus qui sont : grandes cultures destinées à l'alimentation humaine, grandes cultures destinées à l'alimentation animale, production d'arbres de Noël, pépinières, production de gazon en plaques, petits fruits, légumes en champs et pommes de terre. La perception ou l'existence de règles peuvent s'avérer des contraintes plus ou moins importantes selon les segments de marché.

L'objectif final qui vise à utiliser les bons produits (caractéristiques agronomiques et niveau de qualité) à la bonne place en agriculture (segments de marché, type de cultures) demeure un exercice essentiel pour optimiser et pérenniser la valorisation agricole des MRF. Ainsi, les freins et les opportunités communes à tous les marchés pour les MRF sont présentés aux sections 5.2 et 5.3 alors que la section 5.5 est consacrée aux points spécifiques à chacun des secteurs de production étudiés.

5.1 MÉTHODOLOGIE

La création d'un sondage à l'aide de la plateforme SurveyMonkey a permis d'obtenir l'avis de producteurs agricoles au sujet de l'utilisation de MRF. Les questions de ce sondage sont présentées à l'annexe 2. Dans le contexte où les producteurs agricoles sont abondamment sollicités par sondage, le taux de réponse a été faible avec seulement 20 sondages qui ont été complétés entre juillet 2021 et mai 2022.

Pour établir ce portrait, divers groupes d'intervenants ont également été questionnés à l'aide de sondages adaptés aux divers segments. Différentes entrevues ont eu lieu en 2022 et en 2023.

Le questionnaire qui a été soumis à plusieurs conseillers de clubs conseil est présenté à l'annexe 3.

Des rencontres virtuelles ou présentielles se sont tenues avec différents intervenants ou producteurs de différentes filières et les points de discussion se retrouvent à l'annexe 4.

L'annexe 5 présente les questions adressées aux différents acteurs du secteur des municipalités alors que les questions posées aux organismes qui représentent leurs membres (ex : UPA) figurent à l'annexe 6.

Enfin, les questions de l'annexe 7 ont été adressées par courriel à des firmes de valorisation.

5.2 FREINS COMMUNS À TOUS LES SEGMENTS DE MARCHÉS

En dépit d'un taux de réponse faible, les informations récoltées se sont avérées précieuses et riches en commentaires éclairants. À la lumière de l'ensemble des activités de consultation et des informations récoltées, il est possible de dégager certains freins et irritants communs à l'ensemble des MRF.

5.2.1 Odeurs et bon voisinage

Les activités de valorisation des MRF en agriculture comportent des étapes au cours desquelles les MRF organiques fermentescibles peuvent générer des odeurs inconfortables pour le voisinage (entreposage, reprise, épandage).

Les odeurs dégagées par les MRF demeurent une préoccupation pour les producteurs qui veulent préserver le bon voisinage et l'image d'une agriculture respectueuse de l'environnement. Les odeurs sont au centre des enjeux de cohabitation et leur gestion constitue un enjeu constant pour les producteurs, fournisseurs et conseillers qui doivent gérer des matières organiques fermentescibles potentiellement odorantes. Les producteurs qui recyclent les MRF dans le respect des règles

établies mériteraient d'être davantage reconnus pour leur contribution aux bénéfices d'une action agroenvironnementale plutôt qu'aux irritants olfactifs liés à l'épandage des produits.

5.2.2 Manque de connaissances sur les effets à long terme des MRF sur la santé des sols

Les producteurs sont de plus en plus conscientisés aux enjeux de durabilité des terres agricoles. Dans ce contexte, plusieurs d'entre eux fournissent de nombreux efforts à modifier leurs pratiques culturales en faveur de la santé et de la conservation des sols. L'absence d'informations concernant les effets à long terme d'épandage de MRF pouvant contenir des corps étrangers ou des contaminants chimiques connus ou émergents et les craintes associées à l'accumulation qui en découlent constituent des freins.

5.2.3 Manque d'information – biodisponibilité des éléments

La biodisponibilité des éléments minéraux dans le sol est à la fois complexe et dynamique. Elle est influencée par plusieurs facteurs, dont le pH, la texture du sol ou encore les interactions entre les différents éléments, mais également aussi par l'activité biologique.

L'application au sol d'une MRF dont la teneur en certains éléments est particulièrement élevée peut entraîner un déséquilibre dans le sol, ce qui affecterait la biodisponibilité des éléments fertilisants pour la plante. Par exemple, une MRF avec une forte teneur en aluminium (agent floculant) peut affecter la formation des nodosités fixatrices d'azote des légumineuses ou encore précipiter le phosphore sous la forme de phosphate d'aluminium (CRAAQ, 2015).

De plus, en l'absence d'indicateur précis sur la biodisponibilité des éléments fertilisants pour les MRF, les producteurs sont contraints à procéder à des essais répétés pour déterminer quelles sont les conditions optimales d'emploi d'une MRF et si son emploi leur convient réellement.

5.2.4 Gestion de l'azote

Synchronisation de la libération de l'azote

Pour la majorité, sinon la totalité des productions, la fertilisation azotée constitue un aspect primordial au succès de la culture. La fertilisation minérale est bien connue des producteurs et elle bénéficie d'une bonne connaissance sur les recommandations en éléments fertilisants ainsi que sur la vitesse de libération de l'azote; deux aspects qui sont des éléments essentiels pour les producteurs. L'absence de ces niveaux de précision notamment pour l'azote constitue un élément de risque supplémentaire pour le producteur et conséquemment un frein pour l'utilisation d'une MRF.

Immobilisation de l'azote

Avec les amendements organiques qui ont un rapport C/N élevé, l'immobilisation d'azote est un phénomène probable et anticipé selon la nature du carbone de la MRF. À titre d'exemple, les biosolides papetiers, notamment les résidus de désencrage dont le C/N est supérieur à 50 (Recyc-Québec, 2020h), sont plus souvent sujets à engendrer une immobilisation de l'azote que les biosolides municipaux (CRAAQ, 2015). Ce phénomène d'immobilisation est bien connu avec l'emploi de résidus ligneux frais comme les copeaux de bois et les sciures. Bien qu'une immobilisation de l'azote puisse être contrebalancée au champ par l'utilisation d'engrais minéral azoté, les MRF susceptibles d'immobiliser l'azote demeurent plus complexes à gérer. En raison du coût élevé de l'engrais azoté et de l'importance de la synchronisation de l'azote avec les besoins des cultures, certains producteurs préféreront s'abstenir d'épandre une MRF susceptible de créer une soif d'azote pour ne pas ajouter un risque additionnel.

5.2.5 Lourdeur administrative

En dépit de la volonté gouvernementale de simplifier et d'alléger le cadre administratif qui régit l'utilisation des MRF (par l'utilisation de déclaration de conformité), il demeure lourd pour les producteurs. Plus complexe que l'importation et

l'utilisation de déjections animales, la lourdeur administrative liée à l'obtention et à l'épandage des MRF ainsi qu'au suivi de l'activité (traçabilité) en rebute plusieurs et constitue un réel frein.

La complexité administrative liée à l'importation joue en défaveur des MRF et ce, comparativement aux engrais minéraux ou aux fumiers qui bénéficient d'une plus grande flexibilité quant à leur emploi. Cette complexité entraîne notamment une nécessité de planifier l'activité de valorisation des MRF plusieurs mois à l'avance, ce qui ne simplifie pas la gestion et la planification des opérations déjà exigeantes pour les entreprises agricoles.

5.2.5.1 Complexité générale liée à la gestion des MRF

L'encadrement des activités de valorisation exige l'implication de professionnels (agronomes) qui ont la responsabilité de superviser ce type d'activités, ce qui n'est pas obligatoire pour l'achat d'engrais minéraux et moins compliqué pour ce qui concerne les fumiers (simple ajout au bilan phosphore).

Contrairement aux fumiers, l'encadrement et le suivi plus rigoureux exigés pour les MRF peuvent aussi donner l'impression que l'utilisation de MRF comporte des risques agronomiques (qualité) ou environnementaux potentiellement plus élevés que ceux associés à l'utilisation des fumiers.

À cela s'ajoutent les incertitudes quant à la valeur fertilisante effective de la MRF et ce, comparativement à celle des engrais minéraux.

Pour finir et en comparaison avec l'emploi des engrais minéraux, la complexité générale liée à la gestion des MRF en agriculture nuit au développement de la valorisation agricole de ce type de produits.

5.2.6 Perception, acceptabilité et origine

Il est permis de croire que les MRF jouissent d'un niveau d'acceptabilité générale qui varie en fonction de leur origine et que certaines d'entre elles soulèvent, à tort ou à raison et selon la perception des utilisateurs, des craintes qui seraient liées à l'utilisation sécuritaire du produit, à sa qualité agronomique ou environnementale.

Par exemple, la présence de biosolides d'origine municipale pourrait-elle influencer les réponses relatives à l'intérêt des producteurs d'utiliser ce type de MRF sur les sols agricoles? Il s'est avéré délicat d'aborder cette nuance sans crainte d'entraîner un biais lors des sondages et entrevues. Pour cette raison, la question suivante a été adressée à la toute fin du sondage : « Si les MRF qui vous étaient proposées ne contenaient pas de biosolides municipaux (boues d'épuration) est-ce que vos réponses seraient les mêmes? »

Les résultats du sondage auprès des producteurs agricoles indiquent que pour la majorité des répondants (9/14), les réponses auraient été les mêmes, que la MRF soit ou contienne ou non des biosolides d'origine municipale. Il importe toutefois de préciser que la majorité des réponses à cette question précise provenaient de personnes qui utilisent déjà des MRF (8/14).

L'ensemble des consultations réalisées auprès des producteurs a permis d'identifier une préférence des producteurs pour les MRF d'origine papetière.

5.2.7 Mauvaise presse et histoires négatives

À l'instar de plusieurs autres domaines, ce sont les nouvelles négatives qui retiennent davantage l'attention et aujourd'hui, à l'heure des réseaux de diffusion, elles se répandent rapidement et atteignent un nombre vertigineux d'intervenants de tous domaines et de tous pays. Même si l'ensemble des acteurs (générateurs, courtiers, professionnels) démontre un souci constant d'améliorer les procédés de traitement, les procédures de gestion et la qualité des produits, les histoires négatives anciennes ou récentes, réelles ou fausses viennent rapidement hanter la réputation des MRF et peuvent freiner, voire enrayer l'utilisation d'une matière, et ce, en l'espace de quelques jours. Ces récits annulent souvent et malheureusement tous les efforts préalablement déployés pour encourager la valorisation et confirment les craintes et incertitudes exprimées

par certains groupes ou individus réticents ou opposés à la valorisation des MRF. La récente saga de 2022-2023 concernant la présence de composés SPFA (PFAS en anglais) dans certains biosolides américains en est un exemple bien concret.

5.2.8 MRF de faible siccité

Certaines MRF offertes aux producteurs agricoles se retrouvent à l'état solide, mais à des taux d'humidité élevés (siccité entre 15 et 25 %) et dans cette éventualité, leur consistance pâteuse (ni solide, ni liquide) peut complexifier leur épandage.

Elles sont alors plus difficiles à manipuler et à épandre même avec un équipement adapté et leur texture collante rend l'épandage laborieux.

5.2.9 Manque de connaissance/réglementation complexe

En discutant avec différents conseillers et producteurs du domaine agricole, il devient évident qu'il y a un manque flagrant de connaissance sur les caractéristiques des différentes MRF et/ou sur la réglementation qui encadre leur usage. Il appert que la connaissance, l'interprétation et la maîtrise de la réglementation actuelle sont complexes et ardues, ce qui en décourage plusieurs. L'inconnu étant générateur de craintes, certains producteurs vont tout simplement préférer éviter d'employer les MRF.

Par comparaison, les fumiers qui proviennent de la ferme sont traditionnellement valorisés sur les terres et conséquemment, ils sont mieux reconnus pour leurs caractéristiques et bénéfices.

5.2.10 Teneurs en phosphore des sols récepteurs

Le cadre professionnel et légal de la fertilisation des cultures au Québec est fondamentalement associé à la teneur en phosphore du sol. Les sols cultivables sont parfois riches, voire saturés en phosphore; certaines zones ayant été considérées en situation de surplus de phosphore au tournant des années 2000. Certaines régions à forte densité animale sont aux prises avec des quantités importantes de déjections animales qui sont riches en phosphore. Dans ces régions, les quantités de fumier à épandre peuvent excéder la capacité de réception des terres disponibles. Aujourd'hui, le ministère de l'Environnement met à jour les données sur la saturation en phosphore des sols et utilise un outil nommé « l'Atlas de l'eau » qui peut être consulté en ligne (MELCCFP, 2022a).

Certaines régions comme celles de Lanaudière et de la Montérégie affichent toujours un équilibre global plus sensible pour les doses d'application de phosphore sur les sols agricoles et d'autres régions comme Chaudière-Appalaches, mais aussi celles du Centre-du-Québec et de la Mauricie, ont déjà des quantités importantes de phosphore à épandre. Dans ces régions, l'importation de MRF provenant de l'extérieur peut constituer un frein dans un contexte où il serait compréhensible de prioriser la disposition des fumiers générés régionalement. En effet, dans ces zones à forte densité de production animale, les producteurs craignent de perdre leurs ententes d'épandage au profit de l'utilisation de MRF.

Dans un contexte où on tente de préciser l'intérêt et le potentiel d'application des MRF comme amendement pour les sols, il faut considérer davantage la situation particulière de chaque exploitation agricole impliquée plutôt que de se fier au portrait général d'une région. Si à l'échelle de la ferme, certains producteurs peuvent être en situation précaire quant à l'atteinte de l'équilibre du bilan phosphore sur leur exploitation, d'autres dans la même région ont la capacité de recevoir des MRF.

Il importe de mentionner que l'utilisation de MRF dans les régions à fortes charges en phosphore demeure une question sensible, notamment au chapitre de l'acceptabilité.

5.2.11 Classification C-P-O-E-I

Les MRF destinées à l'épandage agricole doivent faire l'objet d'une classification préalable qui encadre l'utilisation des MRF en fonction de leur contenu en éléments traces métalliques (contaminants C), en agents pathogènes (P), de l'odeur (O), des corps étrangers (E) et des paramètres investigateurs préventifs (I). Les classes de niveau 2, 3 ou HC peuvent comporter des

restrictions dont certaines pourraient empêcher l'utilisation des MRF pour des usages spécifiques. En effet, certaines parcelles qui bénéficieraient des apports liés à l'emploi de MRF n'offrent pas la possibilité d'épandre ou encore d'entreposer la matière dans un endroit assez rapproché d'un champ visé en raison de la classification restrictive de la MRF. Cette classification préalable n'est pas requise pour les fumiers et les engrais minéraux, de sorte que les restrictions d'épandage sont moindres pour ces matières.

5.2.12 Contraintes d'épandage

Équipements

La disponibilité et le type d'équipements d'épandage nécessaires pour réaliser les travaux d'épandage d'une MRF peuvent constituer un frein commun pour les producteurs qui n'ont pas l'équipement adéquat pour épandre une MRF disponible. Certaines MRF solides nécessitent des épandeurs de précision pour réaliser l'épandage uniforme d'une faible quantité par hectare de matière (dose). Le recours à des travaux à forfait ou l'achat de nouvelles machineries constituent pour certains des freins à l'utilisation des MRF sur leurs terres en raison, notamment, des coûts et du temps supplémentaire requis pour l'organisation et la réalisation des activités.

L'épandage peut s'avérer plus fastidieux si la concentration en éléments fertilisants de la MRF est moindre ou lorsque les équipements d'épandage sont moins efficaces diminuant ainsi l'intérêt des producteurs à réaliser ou à répéter l'expérience d'utiliser une MRF.

Périodes d'épandage

L'épandage des MRF se fait habituellement au printemps et à l'automne et les périodes qui permettent l'épandage de MRF sont habituellement restreintes par les conditions climatiques et par les types de cultures (rotations).

De plus, cette activité doit s'intégrer aux autres travaux parfois prioritaires comme la gestion des engrais de ferme (vidange et épandage des déjections). À cette réalité s'ajoutent les incertitudes liées à la facilité ou aux difficultés d'épandage en fonction de l'équipement et à la rareté de la main-d'œuvre qui peut exiger du temps supplémentaire ou retarder, voire empêcher, la réalisation des travaux.

Synchronisation et récoltes tardives

Pour les variétés tardives qui se récoltent plus tard en saison (ex : maïs grain, pommes de terre), les épandages de MRF à l'automne ne sont pas envisageables.

5.2.13 Principe de précaution reliée à l'emploi d'une nouvelle matière

En l'absence d'informations précises et complètes sur les caractéristiques d'une MRF peu connues, les producteurs et conseillers doivent inévitablement se positionner relativement à leur tolérance face aux incertitudes et aux risques liés à l'emploi d'une MRF peu connue. La gestion des MRF et leurs impacts à long terme renvoient l'ensemble des intervenants à un positionnement qui repose sur les notions de gestion du risque, sur la capacité individuelle à faire face aux incertitudes et sur les valeurs personnelles.

À la question « est-il possible qu'une MRF X puisse contenir tels contaminants ou composés » (dont souvent on ignore même l'existence), il est difficile de répondre catégoriquement non. Il est encore plus difficile d'y répondre quand la molécule n'a pas encore été découverte ou que les moyens pour en déceler de très faibles quantités sont inexistants. Les MRF utilisées pour une première fois sont habituellement pointées du doigt lorsqu'un problème de culture survient. À tort ou à raison, ce réflexe attribué à l'utilisation de nouvelles matières peu connues s'ajoute aux autres freins et joue en défaveur de l'emploi des MRF.

5.2.14 Attente des producteurs

Certaines MRF représentent des alternatives à l'emploi de fumiers et/ou d'engrais minéraux en raison de leur contenu en fertilisants et en MO. Bien que certaines caractéristiques des MRF soient comparables aux fumiers, notamment au chapitre de leur qualité agronomique, certains producteurs les comparent davantage aux engrais minéraux. L'emploi d'engrais minéraux permet une bonne estimation des quantités de N-P-K apportées en cours de saison de croissance alors qu'avec une MRF ou un fumier, il est beaucoup plus difficile d'obtenir un portrait précis de la réelle valeur fertilisante et de la vitesse de libération des nutriments dans le temps (arrière-effets).

Avec les matières fermentescibles, la disponibilité des formes organiques de fertilisant (dont l'azote) demeure, pour les intervenants, au centre des interrogations et préoccupations.

En comparant les MRF aux engrais minéraux, les producteurs se créent des attentes erronées jouant en défaveur de leur utilisation en agriculture. Pourtant, la libération lente de certains éléments, lorsqu'adéquatement prise en compte, peut constituer un intérêt et un avantage pour certaines cultures. Cet aspect demeure un élément clé lié à l'emploi des MRF et une priorité de recherche à soutenir.

5.2.15 Préférence pour le fumier

Utilisés traditionnellement en agriculture et d'une façon générale, les producteurs font davantage confiance aux fumiers qu'aux MRF. Lors des rencontres, les producteurs ont été questionnés relativement à leur préférence pour un fumier ou une MRF. Les réponses ont été unanimes en faveur des fumiers. Cette confiance est probablement attribuable au fait que les fumiers sont employés depuis très longtemps en agriculture et qu'une confiance s'est établie au fil des ans. Contrairement aux fumiers, les utilisateurs ne connaissent pas autant en détail l'origine, le traitement et les caractéristiques des résidus qui leur sont offerts.

5.2.16 Exigences liées à la production biologique

L'utilisation de biosolides d'origine municipale est interdite en agriculture biologique depuis 2014 (Portail BIOQuébec) et comme la proportion de producteurs biologiques est en croissance depuis quelques années notamment, cette restriction est importante à prendre en compte dans l'analyse des questionnaires et de leurs réponses.

5.2.17 Exigences du programme CanadaGAP®

Plusieurs producteurs d'horticulture fruitière et maraîchère souscrivent à la certification CanadaGAP® qui leur permet de mettre en marché leurs produits dans les épiceries ou de les exporter. Les inspecteurs de la certification portent une attention particulière au risque de contamination par les pathogènes. Ainsi, la réglementation encadrant l'emploi de matières fertilisantes ou de fumiers d'origine organique dans un contexte de production sous la certification CanadaGAP® est restrictive.

En effet, la section 2.1 du Guide de salubrité des aliments pour les fruits et légumes frais du programme CanadaGAP® stipule que les producteurs doivent connaître l'historique d'épandage des 5 dernières années de leurs parcelles en culture, mais également les risques de contamination pouvant provenir des champs adjacents. Comme il s'agit ici de produits destinés à l'alimentation humaine, l'emploi de boues d'épuration est interdit (art.29.1 REA et CanadaGAP, 2021).

Pour les MRF d'origine papetières, elles peuvent être employées seulement si la MRF est classée P1 selon la classification C-P-O-E-I. En raison de ces restrictions et afin d'éviter tout problème de retrait ou de refus concernant la certification, plusieurs producteurs vont préférer ne pas importer de MRF, même si certaines sont permises.

5.2.18 Contamination des cultures

La saine alimentation ainsi que la santé humaine sont des préoccupations présentes chez les producteurs de cultures vivrières qui éprouvent des craintes concernant l'utilisation des MRF qui leur seraient permis d'appliquer et la qualité de leurs cultures qui pourrait être altérée par l'absorption de contaminants ou d'agents pathogènes.

5.2.19 Risques de transmission de maladies

Comme il n'est pas possible à la suite de certains traitements de garantir la destruction totale de tous les phytopathogènes potentiellement présents, le risque d'une transmission de maladie ne peut rarement être complètement écarté.

5.2.20 Terres en location

La location des terres laisse moins de liberté au locataire en ce qui a trait au choix des pratiques culturales qu'il peut implanter. L'application de MRF n'est pas toujours permise par les locataires et cette réalité rejoint également les producteurs qui procèdent à l'échange de terres pour diversifier leurs rotations. Dans ce contexte d'échange, pour éviter de se tromper dans les délais ou les restrictions d'usage, les MRF ne sont pas appliquées. Étant donné qu'il y a une proportion de plus de 20% des terres agricoles exploitées au Québec qui sont louées, cela représente un enjeu pour les possibilités de valorisation de MRF (Statistique Canada, 2022).

5.2.21 Compaction des sols

Les producteurs ont soulevé un aspect qui constitue une crainte (frein potentiel) et qui concerne la compaction des sols associée aux livraisons de MRF. Même si ces dernières doivent être effectuées lorsque le sol est bien portant, les camions de transport demeurent lourds et les lieux de passage et d'entreposage deviennent plus compacts et conséquemment, moins fertiles.

5.2.22 Étape d'entreposage

D'une manière générale, l'entreposage temporaire des MRF, qui est requis avant l'épandage, se fait à l'aide d'amas au champ. Ce type d'entreposage accapare dans certains cas une superficie normalement cultivable et peut représenter des pertes financières significatives. Le faible équilibre des revenus par superficie de culture s'en trouve défavorablement impacté et dans ces cas, l'importation et l'entreposage d'une MRF jouent en défaveur de cette opportunité.

Par ailleurs, l'entreposage au champ peut entraîner des conditions de surfertilisation à l'endroit où l'amas a été temporairement entreposé (Tableau 21). Cette surfertilisation peut mener à un déséquilibre des minéraux du sol et modifier la fertilité du champ, et ce, pour quelques saisons. Les niveaux de risques associés aux amas au champ sont présentés au Tableau 21.

Avec la rareté et le prix des terres, on ne devrait pas se surprendre des réticences exprimées par les producteurs lorsqu'il est question d'entreposage au sol.

Tableau 21. Niveaux de risques associés aux amas au champ en l'absence de conduite préventive (tiré de Côté et al. 2009).

Risques	Durée d'entreposage (mois)		Niveau de risques							
			Fumier sec				Fumier humide			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Microorganismes pathogènes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Microorganismes pathogènes
Percolation de contaminants vers la nappe phréatique sous et au pourtour de l'amas	3	pendant*	1	1	1	1	1	1	1	1
		après**	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	pendant	2	1	2	2	2	1	2	2
		après	3	1	2	1	3	1	2	1
	9	pendant	3	1	2	2	3	1	2	2
		après	4	2	3	1	4	2	3	1
Ruissellement de contaminants à la surface du sol au-delà d'un périmètre de 1 m à la base de l'amas	3	pendant	3	2	3	2	3	2	3	2
		après	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	pendant	3	2	3	2	3	2	3	2
		après	1	1	1	1	1	1	1	1
	9	pendant	4	3	4	2	4	3	4	2
		après	1	2	1	1	1	2	1	1
Accumulation d'éléments fertilisants dans le sol sous et au pourtour de l'amas	3	pendant	2	2	2	NA***	3	3	3	NA
	6	pendant	3	3	3	NA	4	3	4	NA
	9	pendant	5	3	5	NA	5	3	5	NA

Échelle de risque
1 = Risque très faible : l'apport de contaminants (dans l'eau de la nappe, dans l'eau de ruissellement et dans le sol au-dessus de la nappe) est masqué par le comportement du champ sans amas; bilan de contamination (enrichissement) local difficile à établir.
2 = Risque faible : l'apport de contaminants est mesurable, mais reste faible par rapport au « bruit de fond » du champ sans amas; le bilan de contamination (enrichissement) local peut être établi.
3 = Risque important : l'apport de contaminants peut être élevé dans certaines situations; des éléments de conduite préventive doivent être appliqués (bande filtrante et andain filtrant, réhabilitation du sol).
4 = Risque élevé : l'apport de contaminants est régulièrement élevé; des éléments de conduite préventive doivent être appliqués; des correctifs après la reprise sont nécessaires (réhabilitation du sol).
5 = Risque très élevé : l'apport de contaminants est régulièrement très élevé; les éléments de conduite préventive appliqués pourraient être insuffisants; des correctifs après la reprise sont nécessaires (réhabilitation du sol).
* pendant = En présence de l'amas. ** après = Au cours des 2 années suivant la reprise. *** NA = Non applicable.

Adapté de Côté, D., M. Giroux, M. R. Laverdière, 2005.

5.2.23 pH inadéquat de la MRF

Chaque culture a des conditions spécifiques de croissance qui lui sont optimales. Par exemple, les cultures fourragères préfèrent des conditions de pH s'approchant de la neutralité, alors que pour les cultures acidiphiles comme le bleuets, des sols plus acides sont à favoriser. Ainsi, dépendant des préférences de la culture et de son milieu de culture, le pH d'une MRF ou son pouvoir neutralisant (chaulant) peut constituer un frein à son usage.

5.2.24 Constance de qualité année après année

Bien que les MRF produites à un même endroit sous les mêmes conditions aient habituellement des caractéristiques semblables dans le temps, il peut exister, pour diverses raisons, une certaine variabilité engendrée notamment par la nature des résidus, le mode de traitement ou la durée d'entreposage.

La constance d'un produit est un critère de qualité important et en son absence, la réalisation d'essais de performance pour convaincre les producteurs de l'intérêt d'utiliser une MRF, perd tout intérêt.

La valeur fertilisante ou amendante d'une MRF anticipée sur la base d'analyses moyennes fournies peut différer de celles de la matière livrée. Contrairement aux engrais minéraux, cette absence de garantie de constance ne favorise pas le recours à l'emploi de MRF comme amendement/fertilisant.

5.2.25 Manque d'information sur la disponibilité des MRF

Les firmes œuvrant dans le domaine de la valorisation des MRF connaissent très bien les produits qu'ils offrent et fournissent une information technique essentielle aux conseillers responsables de l'élaboration des PAEF et des PAER. Toutefois, aucun outil d'information (bottin, répertoire, sites internet) n'existe pour les producteurs non sollicités qui aimeraient en apprendre davantage sur les MRF qui leur seraient disponibles ou qui souhaiteraient contacter et discuter avec des personnes-ressources (générateurs, firmes de courtage, conseillers, etc.).

Ce ne sont pas tous les producteurs agricoles qui se voient offrir l'opportunité d'utiliser une MRF sur leurs terres ou qui connaissent l'existence et la disponibilité des MRF; en contexte de pénurie de main-d'œuvre, il est permis de croire que la sollicitation par les firmes spécialisées ou les générateurs est priorisée auprès des fermes à fort potentiel de valorisation.

5.2.26 Disponibilité des MRF

Un autre problème avec certaines MRF, c'est qu'elles ne sont pas disponibles en tout temps. Selon la provenance, certaines MRF deviennent disponibles à des périodes précises comme c'est le cas de certaines boues produites lors de la vidange de bassins. Il est permis de croire que les producteurs vont prioriser un produit qui sera disponible en temps et en quantité au moment opportun et ce, année après année.

5.3 OPPORTUNITÉS COMMUNES À TOUS LES SEGMENTS DE MARCHÉS

5.3.1 Aspects agronomiques et santé des sols

Comme mentionné à la section 2, les MRF peuvent apporter plusieurs bienfaits sur les sols et les plantes. Les MRF sont des matières qui procurent, à des niveaux variables, les avantages suivants:

- Apport de matière organique au sol et les avantages physiques, chimiques et biologiques qui en découlent sur la santé, la fertilité et la productivité des sols.

Améliorer la structure et la santé du sol

Favoriser la séquestration du carbone dans le sol (puits)

- Apport d'éléments essentiels à la croissance des plantes

Comblent le besoin nutritif des végétaux et maintiennent la fertilité des sols

Réduire l'apport des engrais de synthèse et prolonger l'action des fertilisants par apports de formes organiques

- Effet chaulant pour certaines MRF

Corriger l'acidité des sols

Tous ces aspects constituent des avantages agronomiques qui expliquent l'intérêt des producteurs pour l'utilisation des MRF en agriculture sous réserve que ces matières permettent de les utiliser avantageusement. S'il ne faut pas oublier les objectifs et les gains environnementaux associés à la valorisation des MRF, le développement de cette filière doit tenir compte de la préservation de la qualité et de la santé des sols et des cultures.

5.3.2 Aspects économiques

Toute entreprise agricole vise à optimiser chaque étape de production pour minimiser les coûts de production. Avec la flambée des prix des intrants qui s'est amorcée depuis 2021, les producteurs agricoles cherchent constamment les moyens et les opportunités pour réduire leurs dépenses. Les MRF, qui sont habituellement fournies gratuitement, ou celles dont le coût de revient est bas peuvent représenter une opportunité qui permet de réduire la facture d'engrais minéraux. Le bénéfice économique lié aux apports et aux bénéfices de la MO dans les sols demeure quant à lui difficile à établir.

5.3.3 Aspects environnementaux et changements climatiques

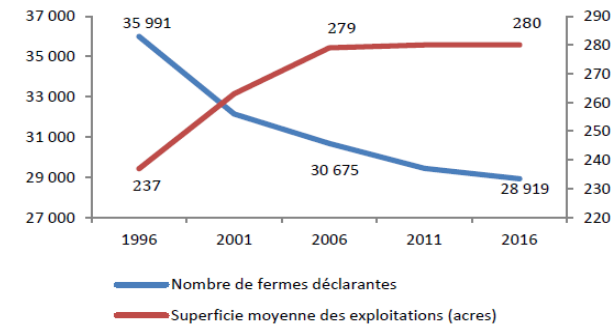
Compte tenu des préoccupations actuelles concernant les changements climatiques, de la gestion des résidus qui est non optimale et de l'augmentation de la population mondiale, la valorisation agricole des MRF apparaît comme un moyen qui favorise une gestion plus environnementale des ressources. En recyclant la fraction organique des déchets, les producteurs contribuent à réduire la production de produits de consommation comme les engrais minéraux et les gaz à effet de serre

(GES). Ce faisant, ils participent à l'effort collectif qui vise à réduire l'impact environnemental que peuvent avoir les activités agricoles sur la préservation des ressources et la protection de l'environnement.

Une étude de Villeneuve et Dessureault (2011) a démontré que la génération de GES était moindre avec les filières du compostage, de la biométhanisation ou de la valorisation agricole qu'avec les modes d'élimination par enfouissement ou incinération. De plus, l'augmentation de la séquestration du carbone dans les sols à la suite de l'apport de MO constitue une avenue intéressante pour contribuer à la réduction des émissions de GES. L'épandage de MRF permet non seulement de réduire la génération de GES dû au traitement des boues, mais également de réduire les quantités d'engrais minéraux (qui ne sont généralement pas produites localement) nécessaires (Nature Québec, 2012; Villeneuve et Dessureault, 2011).

5.3.4 Alternative aux fumiers

Le portrait agricole québécois est en constant changement et depuis quelques années, le nombre de fermes de grande taille augmente alors que les petites entreprises agricoles diminuent (Figure 8). La production laitière n'échappe pas à cette tendance et les petites entreprises qui ont délaissé leur troupeau se tournent vers la production en grandes cultures. Ces « nouvelles » entreprises productrices de grandes cultures ne produisent plus de fumiers alors que leurs besoins en MO et fertilisants subsistent.



Source : Statistique Canada, tableau 32-10-0152-01, « Nombre et superficie des fermes et modes d'occupation des terres agricoles, données chronologiques ».

Figure 8. Évolution du nombre de fermes déclarantes et de leurs superficies moyennes au Québec de 1996 à 2016 (tiré de MAPAQ, 2019).

La relative rareté des fumiers crée, dans certaines régions, une opportunité pour la valorisation des MRF dont certaines représentent une alternative intéressante pour pallier la difficulté d'approvisionnement en fumiers.

5.3.5 Alternative pour parcelles plus éloignées

Le Québec n'échappe pas au contexte de la rareté des terres agricoles qui amènent certains producteurs à acheter ou louer des terres qui sont habituellement plus éloignées de leur ferme. Le transport du fumier généré par leur exploitation agricole vers des parcelles de terre éloignées s'avère ainsi plus coûteux. Dans ce contexte, la livraison et l'entreposage de MRF directement au champ (tel qu'autorisés) est une opportunité qui permet aux producteurs de n'avoir qu'à transporter les équipements d'épandage ou bien de faire réaliser les travaux d'épandage à forfait.

5.3.6 Action prolongée de la fertilisation/arrière-effet

L'action prolongée de la fertilisation contenue dans les MRF organiques entraîne, notamment pour l'azote, un arrière-effet qui peut, dans certaines circonstances, constituer un avantage, et ce, malgré le besoin d'acquisition de connaissances plus approfondies. Par exemple, pour la culture de maïs, il est souhaitable qu'une fraction de l'azote nécessaire à la croissance de la plante soit apportée plus tard en saison. Avec l'application d'une MRF en présemis, la fraction d'azote qui se libère plus tard en saison pourrait permettre d'éviter un deuxième passage dans le champ avec un engrais de synthèse. Cet exemple

avec le fractionnement de l'azote dans le maïs est valable pour toutes les cultures nécessitant un fractionnement de la fertilisation. Toutefois, pour que ces bénéfices agronomiques, économiques et écologiques soient associés à la valorisation de certaines MRF, il faut parfaire les connaissances sur le patron de libération des éléments fertilisants en contexte québécois pour une MRF spécifique.

5.3.7 Sur les années en rotation de culture

Pour les cultures auxquelles sont liées certaines restrictions ou encore pour les producteurs qui ne veulent pas risquer d'épandre de MRF sur leur principale production, l'épandage de MRF pourrait être réalisé pendant les années en rotation de culture ou encore avant l'implantation d'un engrais vert.

5.3.8 Faible teneur en graines adventices

Comparativement aux fumiers et en raison de leur origine et/ou des traitements qu'elles ont subis, la majorité des MRF contiennent peu ou pas de graines de plantes adventices (Rynk et al., 2022, Baier, 1997 et Johansen et al., 2013). La réduction des applications d'herbicides sur les sols agricoles comporte des avantages tant sur le plan de l'environnement (toxicité) que celui de l'économie (coût du produit et main-d'œuvre).

5.3.9 MRF granulées

La granulation des MRF est intéressante, notamment pour les cultures en rang ou les producteurs qui ne sont pas équipés pour épandre des boues ou d'autres MRF en vrac. Sous cette forme, les MRF sont plus faciles à épandre, soit à la main ou à l'aide d'un applicateur en bande ou à la volée.

5.3.10 Paillis

Pour toutes les cultures en rang, certaines MRF (ex : copeaux de bois, compost à C/N élevé, feuilles mortes) pourraient être utilisées comme un paillis entre les rangs. Il s'agirait alors également d'une méthode de lutte contre les mauvaises herbes. Dans l'éventualité où le glyphosate serait proscrit ou dans celle de vouloir réduire l'usage des herbicides, l'emploi d'une MRF comme paillis est une opportunité à considérer.

5.3.11 Fabrication de terreaux

Certaines MRF pourraient être utilisées pour la fabrication des terreaux, notamment celles qui sont suffisamment stables comme celles préalablement compostées. Les MRF pouvant être utilisées dans les terreaux doivent répondre aux exigences du CGMRF ou autres organismes comme CanadaGAP® lorsqu'applicables.

5.3.12 Effets suppressifs des MRF compostées

Tel qu'abordé à la section 3.4.3, certains composts pourraient avoir des effets suppressifs contre certains agents pathogènes responsables de maladies telles que *Verticilium dahliae*, *Fusarium* spp., *Phytium* spp. ou *Phytophthora* spp. (Bonanomi et al., 2007). Il est permis de croire que dans l'éventualité où il est possible de prédire cet effet et de le garantir aux utilisateurs, l'effet suppressif constituera un argument majeur qui pourrait changer la donne au chapitre du potentiel d'utilisation de MRF « compostées » pour la culture de végétaux en agriculture et horticulture.

5.4 SYNTHÈSES DES FREINS ET OPPORTUNITÉS LIÉS À L'EMPLOI DES MRF EN AGRICULTURE

Tableau 22. Freins et opportunités pour les divers segments de marchés.

Freins	Opportunités
Odeurs et bon voisinage	Aspect agronomique et santé des sols
Manque de connaissances sur les effets long terme des MRF sur la santé des sols	Aspect économique
Manque d'information- Biodisponibilité des éléments	Aspects environnementaux et changements
Gestion de l'azote	Alternative aux fumiers
Lourdeur administrative	Alternative pour parcelles plus éloignées
Perception, acceptabilité et origine	Action prolongée de la fertilisation/arrière-effet
Mauvaise presse	Sur les années en rotation de culture
MRF de faible siccité	Faible teneur en graines adventices
Manque de connaissances/règlementation complexe	MRF granulées
Teneur en phosphore des sols récepteurs	Paillis
Classification C-P-O-E	Fabrication de terreaux
Contraintes d'épandage	Effet suppressif des MRF compostées
Gestion du risqué relié à l'emploi d'une nouvelle	
Attentes des producteurs	
Préférence pour le fumier	
Exigences liées à la production biologique	
Exigences du programme CanadaGAP	
Contamination des cultures	
Risques de transmission de maladies	
Terres en location	
Compaction des sols	
Étape d'entreposage	
pH inadéquat de la MRF	
Constance de qualité année après année	
Manque d'information sur la disponibilité des MRF	
Disponibilité des MRF	

5.5 FREINS ET OPPORTUNITÉS SPÉCIFIQUES AUX SEGMENTS DE MARCHÉS CONSULTÉS

5.5.1 Grandes cultures

Les grandes cultures regroupent diverses productions telles que les céréales (avoine, blé, orge, soya), le maïs grain ou fourrager et les cultures fourragères. Selon le profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire du Québec édition 2021, les producteurs de grains sont représentés par 11 000 exploitations et possèdent 604 900 ha en productions; les producteurs d'oléagineux et protéagineux représentent 6 921 exploitations avec 370 100 hectares en production; et les producteurs de cultures fourragères sont représentés par 15 504 exploitations ayant au total 609 100 hectares en production.

La production de grains, destinée à l'alimentation animale ou à l'alimentation humaine, est entièrement ou partiellement vendue sur les marchés ou utilisée pour satisfaire les besoins de l'entreprise agricole. Plus de 80 % des grains produits au Québec sont destinés à l'alimentation animale (MAPAQ, 2020). Dans le contexte de la valorisation agricole des MRF, il importe de distinguer les grandes cultures destinées à l'alimentation animale et celles destinées à l'alimentation humaine.

Il est à noter que l'épandage de biosolides municipaux non certifiés BNQ est interdit pour les cultures destinées à l'alimentation humaine et les pâturages. Pour toutes les autres MRF, la classification P1 est exigée pour l'épandage sur des cultures vivrières.

Pour toutes les MRF (autres que les biosolides municipaux) de catégorie P2 qui seraient introduites dans une rotation, un délai de 36 mois entre l'épandage et la récolte d'une culture destinée à la consommation humaine doit être respecté ou 14 mois si la partie récoltée n'est pas en contact avec le sol (Hébert, 2015).

5.5.2 Alimentation animale

5.5.2.1 Freins spécifiques au secteur de l'alimentation animale

Corps étrangers

Bien que les MRF épandues en agriculture doivent répondre à des exigences concernant la grosseur et la quantité de corps étrangers qu'elles peuvent contenir (Hébert, 2015), les producteurs redoutent la contamination des balles de foin destinées à l'alimentation du troupeau avec des morceaux de métal ou de plastique provenant des MRF.

5.5.2.2 Opportunités liées au secteur de l'alimentation animale

Il n'y a pas d'opportunité spécifique d'utilisation de MRF dans ce secteur de production. Toutefois, voir la section 5.3 pour les opportunités communes à tous les segments de marché.

Tableau 23. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur de l'alimentation animale.

Freins	Opportunités
Corps étrangers	

5.5.3 Alimentation humaine

5.5.3.1 Freins spécifiques au secteur de l'alimentation humaine

Acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale est un élément majeur à considérer dans le secteur des grains destinés à l'alimentation humaine. Les transformateurs de grains doivent répondre aux exigences des acheteurs, en occurrence, les boulangers. À cet égard, déclarer l'utilisation de MRF pourrait avoir un impact négatif en matière de mise en marché de leurs produits, car la population en générale associe souvent MRF aux matières fécales. L'impact négatif identifié correspond à la perception négative des MRF, notamment en ce qui concerne les biosolides municipaux.

Synchronisation de l'azote

La synchronisation des apports en azote est essentielle pour obtenir un grain de qualité panifiable. En effet, les céréales doivent atteindre un certain taux de protéines et la synchronisation de l'apport azoté avec le stade de développement de la céréale (notamment pour le blé) est nécessaire. L'absence d'information précise sur le patron de libération de l'azote d'une MRF pourrait compromettre la classification du grain.

5.5.3.2 Opportunités liées au secteur de l'alimentation humaine

Il n'y a pas d'opportunité spécifique liée à l'emploi de MRF dans ce secteur de production. Toutefois, voir la section 5.3 pour les opportunités communes à tous les segments de marché.

Tableau 24. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur de l'alimentation humaine.

Freins	Opportunités
Acceptabilité sociale	
Synchronisation de l'azote	

5.5.4 Horticulture ornementale

Pour le domaine de l'horticulture ornementale, les producteurs d'arbres de Noël, de pépinières en champs et de gazon en plaques ont été sondés. Ces productions en champ sont représentées par 658 producteurs, pour un total de 16 550 hectares en production (Institut de la statistique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2021).

Un frein relie toutefois tous les producteurs d'horticulture ornementale : Les MRF de classification P2 ne sont pas admises en horticulture ornementale (Hébert, 2015). Les opportunités d'importation de MRF se retrouvent alors diminuées. Il n'y a toutefois pas de restriction quant à l'origine des MRF.

5.5.5 Arbres de Noël

Selon le profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire de 2021, il y avait en 2020 environ 260 producteurs d'arbres de Noël, cultivant un total d'environ 8 500 hectares. Ceux-ci sont majoritairement localisés en Estrie et en Chaudière-Appalaches.

5.5.5.1 Freins spécifiques au secteur des arbres de Noël

Corps étrangers

Pour la production d'arbres de Noël, la plupart des travaux au champ sont réalisés manuellement puisque peu de machineries peuvent circuler dans la plantation. Dans le cas où une MRF devait être épandue à la main, l'absence de corps étranger pouvant blesser les travailleurs est essentielle.

Équipement d'épandage

Il existe certains équipements d'épandage spécifiques utilisés pour la culture d'arbres de Noël. Ces épandeurs sont conçus pour circuler entre les arbres et déposer des engrais en bande ou à la volée. Souvent, ils ne peuvent qu'épandre des matières granulées ou sous forme pulvérulente. Ainsi, la possibilité d'épandre des MRF humides ayant la texture d'une boue se limite à l'année d'implantation des parcelles. Pendant les années de croissance, l'emploi de MRF granulées ou pulvérulentes (ex : cendres) serait envisageable et favorisé.

Odeurs

Les fertilisants sont rarement incorporés dans le sol en production d'arbres de Noël, l'incorporation n'étant possible qu'au pré semis. Comme la plupart des travaux aux champs sont effectués manuellement, l'application de MRF fortement odorantes pourrait gêner les ouvriers qui doivent travailler dans une plantation établie.

Format de livraison

Les livraisons de MRF sont généralement faites par camion-remorque et le matériel est disposé en un seul amas. Pour certains producteurs de sapins de Noël, le contenu d'un seul camion peut parfois combler les besoins de plus d'une parcelle. Puisque les producteurs d'arbres de Noël n'ont habituellement pas de très grosses machineries, le transport d'une partie de

l'amas vers le lieu d'épandage peut s'avérer fastidieux. Dans ce contexte, l'approvisionnement de MRF en sacs pourrait faciliter l'utilisation et la manutention du produit.

5.5.5.2 *Opportunités liées au secteur des arbres de Noël*

Absence de restriction sur l'origine de la MRF

En production d'arbre de Noël, il n'y a aucune restriction sur l'origine des MRF. Il y a donc plusieurs opportunités de marché pour l'utilisation de MRF dans les parcelles en production, dont les MRF d'origine municipales et ce, dans la mesure où on réussit à rassurer les producteurs et les propriétaires des parcelles sur leur utilisation.

Nouvel équipement d'épandage

Il existe maintenant des épandeurs adaptés à des matières de consistance semblable aux fumiers et qui peuvent être utilisés entre les rangs d'arbres. Avec ce type d'épandeurs, il serait possible de valoriser certaines MRF solides, mais non granulées.

Tableau 25. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des arbres de Noël.

Freins	Opportunités
Corps étrangers	Absence de restriction sur l'origine de la MRF
Équipement d'épandage	Nouvel équipement d'épandage
Odeur	
Format de livraison	

5.5.6 Pépinières

Le secteur des pépinières en champ pour la production d'arbustes, de feuillus et de conifères représentait en 2020, 297 entreprises qui exploitaient 2 258 ha en culture (Institut de la statistique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2021).

5.5.6.1 *Freins spécifiques au secteur des pépinières (cultures en champs)*

Synchronisation de la libération de l'azote

L'utilisation de MRF peut représenter un enjeu pour l'aoûtement des végétaux. À la fin de la saison estivale, lorsque les températures et la durée d'ensoleillement commencent à diminuer, le métabolisme de la culture ralentit et les fibres des nouvelles pousses se durcissent afin de se préparer aux froids de l'hiver (aoûtement). Une MRF qui aurait un relargage tardif en éléments fertilisants pourrait avoir pour effet de maintenir la croissance de la culture au lieu d'induire l'aoûtement (Pépinière ancestrale, 2020) et un taux de mortalité plus élevé pourrait alors en résulter au printemps suivant.

Corps étrangers

La présence de corps étrangers peut aussi représenter un frein pour le secteur des pépinières. À l'instar des producteurs d'arbres de Noël, si l'épandage de MRF se fait manuellement, le risque de blessures pour les travailleurs manipulant les MRF constitue un frein à leur emploi.

5.5.6.2 *Opportunités liées au secteur des pépinières*

Apport de matière organique

Le système racinaire des arbres et arbustes cultivés en pépinière est beaucoup plus étendu que celui des plantes. La culture des arbres et arbustes cultivés en pépinière implique une exportation de sols significative lors de la récolte qui se traduit par une perte importante de MO. L'application de MRF pouvant offrir un apport intéressant en MO pourrait s'avérer une solution pour maintenir la santé des sols. Actuellement, l'utilisation d'engrais verts ou l'épandage de fumier sont les pratiques employées et l'usage d'une MRF pourrait se faire en combinaison ou en remplacement de ces options.

Tableau 26. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des pépinières.

Freins	Opportunités
Synchronisation de la libération de l'azote	Apport de matière organique
Corps étrangers	

5.5.7 Gazonnières

En 2020, les 67 entreprises en production de gazon représentaient à peine un peu plus de 5 % des entreprises en horticulture ornementale. En dépit de cette faible proportion, elles exploitent 5 225 hectares en culture, soit 30 % des superficies dédiées aux productions horticoles ornementales (Institut de la statistique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2021). Ce secteur est potentiellement intéressant pour valoriser des MRF.

5.5.7.1 Freins spécifiques au secteur de la production de gazon en plaque

Compétition pour l'eau

L'observation suivante a été mise en lumière lors des entretiens avec les intervenants du secteur : lorsque les MRF ne sont pas enfouies, il pourrait y avoir une compétition pour l'eau entre les besoins de la semence et l'absorption d'eau par les MRF, ce qui entraînerait des problèmes de germination et d'uniformité du gazon. Ce type d'observation a déjà été rapportée par Landschoot, 1996, qui recommande l'application de compost (propriétés apparentées aux MRF) en couche mince (1/4 pouce) et d'incorporer au sol le matériel, car l'application successive de compost en surface résulterait en une accumulation de matière organique pouvant causer de la sécheresse en surface et restreindre l'enracinement de la semence.

Synchronisation de l'azote

La production de gazon en plaque requiert des apports d'azote qui doivent être fractionnés en au moins trois applications au cours de la saison de croissance. Ce fractionnement est nécessaire pour synchroniser les besoins des plantes avec la libération ou la disponibilité de l'azote. C'est un facteur clé de la production de gazon qui permet d'obtenir un produit vert et fourni et qui répond à la demande de la clientèle.

Avec l'utilisation de fumier ou de MRF en pré semis pour la fertilisation du gazon, la régie de l'azote est moins précise qu'avec les engrais minéraux et explique en partie pourquoi les MRF sont moins utilisées pour la production de gazon.

Pour les applications subséquentes d'azote, le fractionnement doit se faire avec des engrais minéraux pour ne pas altérer le produit final avec le poids des équipements d'épandage de matières humides ou encore les résidus de boues ou autres MRF qui pourraient demeurer à la surface du gazon. Dans cette perspective, l'application de MRF sous forme granulaire pourrait être une avenue intéressante à développer.

Délais avant récolte de 12 mois pour les MRF P2

Les MRF classées P2 n'étant pas permises en horticulture ornementale, il doit y avoir un délai de 12 mois entre leurs épandages et la récolte du gazon (Hébert, 2015). Comme habituellement la culture de gazon en plaque se fait sur plus d'une année (≈18 mois), ce type de délai n'est pas un enjeu. Si toutefois un producteur produit de façon plus intensive (±12 mois), ce facteur est à considérer et pourrait devenir un frein à l'utilisation de MRF.

Pas de MRF liquides

La filière des producteurs de gazon se montre moins intéressée à recevoir et à utiliser des MRF sous forme liquide. L'apport de MO est la raison principale pour laquelle les producteurs de gazon s'intéressent aux MRF solides riches en MO et les matières liquides répondent moins bien à ce besoin. De plus, l'épandage de matières liquides nécessite l'utilisation d'équipements lourds pouvant endommager les parcelles en créant des rousiers de compaction qui affectent l'uniformité du produit final. Pour cette raison, les formes solides, granulaires et pulvérulentes de MRF sont mieux adaptées aux besoins.

Corps étrangers

La présence de corps étrangers dans les MRF deviendrait un problème d'acceptabilité sociale du produit si on devait les retrouver dans le gazon. Une fois vendues à la clientèle, les plaques de gazon sont manipulées manuellement et la présence de corps étrangers (notamment ceux qui sont tranchants) pourrait blesser les utilisateurs.

Odeurs

Les producteurs de gazon redoutent les odeurs perceptibles malodorantes qui se dégageraient des rouleaux de gazon à la suite de l'utilisation de MRF. Cette crainte n'est pas présente pour les fumiers, car ils sont utilisés depuis longtemps dans la production sans engendrer d'odeurs nuisibles lors de la manipulation des plaques de gazon. Il en serait autrement pour les MRF dont l'impact sur les odeurs des plaques est moins connu et en l'absence de connaissances découlant d'un usage pratique, les producteurs sont craintifs à utiliser une MRF et rebutent leur utilisation.

Contamination des sols récepteurs

La vente de gazon en plaque implique la perte d'une certaine quantité de sols qui est exportée avec la plaque de gazon. Comme les MRF peuvent contenir des ÉTM (métaux lourds) ou d'autres contaminants, les producteurs craignent d'être confrontés à d'éventuelles poursuites par leur clientèle, et ce, pour avoir contaminé leur sol.

Acceptabilité sociale

La notion d'acceptabilité sociale est importante à considérer autant pour le producteur que le consommateur de gazon en plaque. Ainsi, les producteurs de gazon redoutent le risque de voir leurs produits boudés si la clientèle apprenait l'utilisation de MRF moins acceptables aux yeux des utilisateurs.

5.5.7.2 Opportunités liées au secteur du gazon en plaque

Apport de matière organique

L'apport de MO par les MRF ayant comme effet d'améliorer la capacité de rétention en eau des sols est intéressant pour des parcelles non irriguées. La MO apportée permet également d'améliorer la structure du sol et conséquemment, l'infiltration de l'eau. Il y a donc une moins grande incidence au ruissellement sur les parcelles, ce qui est très important pour la production de plaques de gazon uniformes, car les graines de semences sont petites, légères et conséquemment sensibles à l'érosion et au déplacement.

L'apport de MO dans la couche supérieure de sol constitue un excellent moyen de combler la perte par exportation de sols et de MO hors des terres. Un des besoins exprimés par les producteurs de gazon est l'apport de MO pour assurer la pérennité de leur production et l'usage d'une MRF riche en MO représente un bon moyen pour y parvenir.

Cycle de production décalé

Comparativement aux autres cultures, le cycle de production de gazon est décalé. En effet, l'implantation des parcelles se fait en août et cette particularité offre un avantage tant aux générateurs de MRF qui cherchent à recycler leurs résidus sur toute l'année, qu'aux producteurs agricoles, qui bénéficient d'une meilleure disponibilité de MRF à un moment propice pour la culture du gazon.

Granulation

La production de MRF granulée pourrait constituer une valeur ajoutée pour les producteurs de gazon, car cela leur permettrait de pouvoir en utiliser en saison de production.

Tableau 27. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des gazonnières.

Freins	Opportunités
Compétition pour l'eau	Apport de matière organique
Synchronisation de l'azote	Cycle de production décalé
Délais avant récolte de 12 mois pour les MRF P2	Granulation
Pas de MRF liquides	
Corps étrangers	
Odeurs	
Contamination des sols récepteurs	
Acceptabilité sociale	

5.5.8 Horticulture fruitière et maraîchère

À l'instar du secteur de l'horticulture ornementale, deux freins particuliers s'appliquent à l'ensemble de la filière « horticulture fruitière et maraîchère ».

En vertu du CGMRF, du Règlement sur les exploitations agricoles (REA) et du cahier de charge CanadaGap®, l'épandage de biosolides municipaux n'est pas permis sur les parcelles de cultures destinées à l'alimentation humaine. Les MRF d'origine papetière ou forestière sont quant à elles permises si elles sont classées P1. Pour les biosolides papetiers P2, un délai avant récolte de 14 mois est requis pour les cultures ne touchant pas au sol (ex : maïs sucré) et de 36 mois pour les cultures en contact avec le sol (ex : chou). Ces réglementations limitent les possibilités d'utiliser certaines MRF pour ce segment de marché, mais la porte n'est pas fermée pour l'utilisation d'autres MRF (compost de ROTS ou de résidus verts, digestats de ROTS, MRF d'origine papetière).

Pour les cultures de légumes racines (ex : pommes de terre, carottes), en plus de l'interdiction d'employer des biosolides municipaux, les producteurs ne peuvent pas utiliser de MRF de catégorie E2 (Hébert 2015).

5.5.9 Petits fruits

Pour le secteur des petits fruits, les producteurs de fraises, framboises et bleuets ont été consultés. En 2020, les trois productions sondées étaient représentées par 1 920 producteurs et comptaient 31479 hectares en production. Selon un article paru dans Le Quotidien en juillet 2021 et qui se basait sur les données de Statistiques Canada, il y avait en 2020, 14 435 hectares de fruits en culture biologique. Bien que la canneberge et le raisin font partie de cette statistique, une grande proportion de ces deux cultures est réalisée sous régie biologique.

5.5.9.1 Freins spécifiques au secteur des petits fruits

5.5.9.2 Odeurs

Les petits fruits représentent une culture agrotouristique qui attire les consommateurs friands de l'autocueillette. Bien que certains consommateurs soient familiers aux odeurs de fumier (partie intégrante de la réalité agricole), ils peuvent toutefois se montrer moins tolérants à de nouvelles odeurs odorantes, voire nauséabondes. La crainte des producteurs pour l'épandage de MRF odorantes dans les champs en autocueillette ou environnants qui pourraient faire fuir leur clientèle est compréhensible. Dans un tel contexte, il apparaît que les MRF compostées ont un potentiel d'utilisation plus grand pour ce secteur, que les MRF hautement fermentescibles non stabilisées.

Culture sous fertigation

La culture de petits fruits implique souvent une régie sous fertigation et les engrais solubles dans l'eau sont ainsi apportés aux végétaux. Ce type de régie est difficilement compatible avec l'usage de MRF. Conséquemment, ce segment de marché pour l'utilisation de MRF est pratiquement et actuellement quasi inexistant.

Peu de diversité dans la rotation

Les producteurs de petits fruits font généralement peu de rotations avec d'autres cultures. Certains vont produire un peu de céréales à pailles qu'ils utilisent comme paillis entre les rangs. Cette réalité laisse peu d'options à l'importation de MRF pour des cultures autres que celle de petits fruits.

5.5.9.3 Opportunités liées à la production de petits fruits

Il n'y a pas d'opportunité spécifique pour l'utilisation de MRF dans ce secteur de production. Toutefois, voir la section 5.3 pour les opportunités communes à tous les segments de marché.

Tableau 28. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des petits fruits.

Freins	Opportunités
Odeurs	
Culture sous fertigation	
Peu de diversités de cultures dans la	

5.5.10 Légumes en champs

Selon le profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec, on comptait en 2020, 2 182 exploitants de légumes qui produisent pour le marché frais de consommation et/ou pour celui de la transformation. Au total, ils exploitent 36 544 hectares en production.

5.5.10.1 Freins spécifiques au secteur des légumes en champs

Corps étrangers

Considérant que les légumes sont destinés à l'alimentation humaine, les corps étrangers ne sont pas tolérés par les producteurs et les clients, même s'ils sont permis pour les légumes autres que les légumes racines (et dont la partie récoltée pour l'alimentation n'a pas de contact direct avec la MRF).

5.5.10.2 Opportunités liées à la production de légumes en champs

Il n'y a pas d'opportunité spécifique d'utilisation de MRF dans ce secteur de production. Toutefois, voir la section 5.3 pour les opportunités communes à tous les segments de marché.

Tableau 29. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur des légumes en champs.

Freins	Opportunités
Corps étrangers	

5.5.11 Pommes de terre

À l'instar de plusieurs cultures spécialisées, la production de pomme de terre est un secteur qui possède ses propres particularités qui varient elles-mêmes, en fonction des marchés visés : pommes de terre pour la consommation (table), pommes de terre pour la transformation (croustilles). En 2020, les producteurs de pommes de terre étaient représentés par 670 exploitations et totalisaient 18 500 ha en culture au Québec (Institut de la statistique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2021).

5.5.11.1 Freins spécifiques au secteur de la pomme de terre

Fertilisation azotée particulière

La fertilisation azotée de la culture de pommes de terre, notamment pour la croustille, est un aspect important, voire essentiel à prendre en compte pour l’obtention de produit de qualité qui doit rencontrer des exigences strictes. Un apport d’azote en trop grande quantité entraîne une accumulation de sucres dans les tubercules affectant ainsi leur qualité et leurs transformations subséquentes. À l’inverse, une carence d’azote dans le sol vient affecter la maturité des plants et conséquemment, la récolte et les rendements. L’utilisation d’une MRF dont la valeur fertilisante azotée n’est pas précisément connue entraîne un risque supplémentaire pour le producteur et en l’absence de connaissances rigoureuses, constitue un frein important pour ce segment de marché.

Absence totale de corps étrangers

L’absence de corps étrangers dans le sol constitue un enjeu majeur pour les plantes racines cultivées en plein sol et pour une régie de récolte mécanisée qui prélève à la fois le sol et les légumes. Comme le produit est destiné à la consommation et à l’alimentation humaine, il n’y a aucune tolérance pour les corps étrangers dans les sols à pommes de terre. Conséquemment, les MRF destinées à l’amendement de sols pour les légumes racines doivent être exemptes de corps étrangers. Au-delà des valeurs maximales définies dans le CGMRF et la norme BNQ pour les corps étrangers, la présence de particules de métal, de plastiques, de verre et autres matériaux indésirables dans des MRF appliquées pour les cultures racines alimentaires constitue un frein plus que majeur.

Ce contexte illustre bien une limite pour le potentiel d’utilisation de MRF provenant des municipalités et dont la qualité de la matière est basée sur la participation citoyenne (biosolides, résidus verts, ROTS). Puisque l’absence de contamination ne peut être assurée à 100 %, ce potentiel de contamination restera toujours une préoccupation et un frein potentiel pour ce secteur d’utilisation.

5.5.11.2 *Opportunités spécifiques liées à la production de pommes de terre*

Il n’y a pas d’opportunité spécifique d’utilisation de MRF dans ce secteur de production. Toutefois, voir la section 5.3 pour les opportunités communes à tous les segments de marché.

Tableau 30. Freins et opportunités de marché pour les MRF destinées au secteur de la pomme de terre.

Freins	Opportunités
Fertilisation azotée particulière	
Absence totale de corps étrangers	

5.6 VOIES DE VALORISATION POTENTIELLES DES DIFFÉRENTES MRF

De manière générale, les MRF compostées ont un usage potentiel intéressant pour la fabrication de terreaux destinés à l’horticulture ornementale incluant les composts de biosolides municipaux. Pour les composts de ROTS ou de résidus verts, ils pourraient être employés en horticulture fruitière et maraîchère comme amendement organique fertilisant ou pour la fabrication de terreaux. S’il s’agit d’un compost avec un C/N élevé, il pourrait être employé comme paillis.

Les digestats de biosolides et les boues municipales pourraient bien convenir pour une application en grande culture, particulièrement sur les cultures exigeantes au niveau de la fertilisation, ou encore sur les engrais verts. Les digestats de ROTS pourraient être employés en culture maraîchère, particulièrement sur les cultures exigeantes en fertilisants, et sur les engrais verts.

Les boues mixtes d’origine forestières pourraient convenir à tous les segments de marché, pourvu qu’elles soient P1 pour les applications en cultures vivrières.

Le C/N des boues de désencrage étant généralement élevé, il est préférable d’éviter les cultures exigeantes en azote. Sinon elles peuvent convenir à tous les segments de marchés et constituent une alternative ou un complément à la chaux agricole.

Les biosolides municipaux sous forme de granules pourraient trouver un usage préférentiel auprès des producteurs de gazon et des producteurs en pépinières.

Concernant les cendres de biosolides municipaux, leur usage serait particulièrement recommandé en grande culture sur les sols ayant une faible teneur en phosphore et un taux de MO adéquat.

*À noter : Le tableau suivant a été réalisé en 2023, soit avant l'entrée en vigueur du CGMRF. Il peut donc il y avoir quelques changements depuis, mais l'essentiel est encore d'actualité.

Tableau 31. Voies de valorisation potentielles de différentes MRF en regard de la réglementation.

Type de résidus	Forme	Voies de valorisation potentielles								
		Grandes Cultures ⁵			Horticulture ⁵					
		Animale (Prairies ^{1,3} /grains)	Animale (Pâturages ^{1,4})	Humaine ²	Ornementale			Fruitière et maraichère		
					Pépinière ⁷	Sapin ⁷	Gazon ³	Fruits	Patates ⁶	Légumes ⁶
Biosolides municipaux	Boues/composts/Digestats	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗
	Granulé	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗
	Cendres	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Biosolides papetiers	Boues	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Granulé	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Cendres	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ROTS	Composts/Digestats	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Résidus verts	Tel quel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Compostée	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✗=valorisation interdite ✓=Valorisation possible

¹ MRF E2 interdit sur les prairies et pâturages sauf avant semis ou labour

² MRF P2 délais avant récolte de 36 mois ou 14 mois si la partie récoltée n'est pas en contact avec le sol

³ MRF P2 délais avant récolte de 12 mois

⁴ MRFP2 délais avant pâture de 30 jours

⁵ MRF C2 max de 13,2 T (b.s.)/ha/an

⁶ MRF E2 interdit sur les légumes racines

⁷ MRF P2 interdit

Tableau 32. Usage préférentiel des différentes MRF par segment de marché.

Produits (MRF)	Marché pour usage préférentiel
Composts contenant des biosolides municipaux	Horticulture ornementale (fabrication de terreaux)
Composts sans biosolides municipaux (ROTS, résidus verts)	Horticulture maraîchère (fabrication de terreaux, fertilisant, amendement organique, paillis)
Digestats de biosolides municipaux	Grandes cultures destinées à l'alimentation animale (cultures exigeantes en fertilisants) et engrais verts
Digestats de ROTS	Horticulture maraîchère (cultures exigeantes en fertilisants) et engrais verts
Boues municipales (étangs, stations mécanisées, bfs)	Grandes cultures destinées à l'alimentation animale (cultures exigeantes en fertilisants) et engrais verts
Boues mixtes (papetières)	Toutes les cultures (attention, doit être P1 pour cultures vivrières)
Boues de désencrage	Toutes les cultures (attention, doit être P1 pour cultures vivrières). Particulièrement intéressant pour sol nécessitant d'être chaulé. Éviter les cultures exigeantes en azote (si C/N élevé)
Biosolides municipaux granulés	Gazonnières et pépinières
Cendres de biosolides municipaux	Grandes cultures destinées à l'alimentation animale (sols faibles en phosphore sans besoin particulier de matière organique)

6 POINT DE VUE DES DIFFÉRENTS ACTEURS CONCERNÉS PAR LA VALORISATION AGRICOLE

Bien que la prise en compte des points de vue des producteurs agricoles de chacun des segments de marchés soit essentielle pour assurer la cohésion et la pérennité de la valorisation des MRF, il est également important de considérer le point de vue d'intervenants incontournables de la filière tels que les générateurs de MRF (ex : les villes), les firmes de valorisation de MRF et l'Union des producteurs agricoles (UPA). Ces divers acteurs ont été contactés dans le cadre du présent projet.

6.1 LES MUNICIPALITÉS

Les municipalités ont été contactées par le biais de représentants de la Fédération québécoise des municipalités (FQM), de l'Union des municipalités du Québec (UMQ) et de certaines municipalités pour obtenir leur point de vue sur les enjeux liés à la gestion des MRF. La présente section synthétise les principaux éléments qui ont été soulevés par les représentants consultés.

6.1.1 Contraintes financières

Les municipalités sont généralement préoccupées par le fait que la MO soit détournée des sols agricoles qui en auraient besoin, mais les contraintes budgétaires ne leur permettent pas toujours d'optimiser la gestion des MRF qu'elles génèrent. Conséquemment, il s'avère souvent difficile pour elles de débloquer les fonds requis qui leur permettraient d'obtenir un niveau de qualité qui réponde aux exigences de qualité recherchées par les producteurs agricoles.

Un des principaux problèmes liés à la gestion des résidus municipaux réside dans le fait que les réalités de chacune des municipalités sont différentes et varient selon leur taille notamment. Les plus petites villes ou celles qui sont éloignées font face à des coûts de traitement des résidus relativement plus élevés alors que pour d'autres, les alternatives à l'enfouissement impliquent un mode de gestion plus cher difficilement compatible avec leur budget et priorités. Comme il n'existe pas une solution unique pour l'ensemble des municipalités, le mode de gestion retenu doit être adapté aux réalités de chacune des villes, ce qui implique des investissements différents pour le traitement, le transport et le niveau de qualité à atteindre en fonction des débouchés que l'on souhaite les plus proches possibles (de proximité).

Pour les plus petites villes et pour des raisons budgétaires ou d'absence de personnel qualifié, il n'est pas rare qu'une seule et même personne ait la charge de gérer plusieurs dossiers, dont celui de la gestion des MRF qui peut s'avérer complexe.

6.1.2 Systèmes de collecte

La majorité des villes ont adopté depuis plusieurs années la collecte de résidus de 3^e voie par le biais notamment du bac brun (plus de 750 municipalités sur 1 131; Recyc-Québec, 2023b).

Certaines villes n'ont toujours pas de collecte de résidus de troisième voie, car le bac brun représente une collecte supplémentaire avec l'impact financier qui l'accompagne et certaines d'entre elles remettent toujours en doute son efficacité puisque les citoyens y mettent parfois des résidus non organiques (contaminants). Pour pallier ces contraintes, certaines villes ont choisi de distancer leurs différentes collectes, mais il ne s'agit pas toujours d'une option envisageable par toutes. Plusieurs municipalités se disent satisfaites du compost qu'ils réussissent à produire à partir des résidus de troisième voie et n'éprouvent aucune difficulté à trouver des preneurs pour ce type de compost.

Pour les villes qui font du compost à partir d'une collecte des résidus de troisième voie, l'enjeu concernant l'utilisation de sacs compostables est toujours existant en raison notamment de la « compostabilité » et de la vitesse de dégradation des divers types de sacs. Ces variabilités impactent la qualité finale des composts dans lesquels des morceaux de plastiques demeurent visibles après le compostage, ce qui est environnementalement inacceptable et indésirable pour les utilisateurs.

Les biosolides municipaux se butent à un problème d'acceptabilité sociale probablement en raison de leur origine à la fois fécale et humaine. De plus, cette MRF est interdite d'usage en agriculture biologique, pour les cultures destinées à l'alimentation humaine, en plus d'appartenir souvent à des catégories de classification « 2 », ce qui limite les utilisations en agriculture. Finalement, en matière de salubrité et de sécurité des biosolides municipaux, la barrière des espèces pour les

agents pathogènes est inexistante. Les biosolides municipaux semblent appartenir à une catégorie de résidus qui comporte plus d'enjeux que certaines autres MRF tels les ROTS ou les résidus verts.

6.1.3 Manque de connaissances

De façon générale, il semble y avoir un manque de connaissances sur les MRF au sein des municipalités. Certaines d'entre elles entretiennent des craintes quant aux impacts négatifs qui découleraient de l'usage de MRF tel que la contamination des sols ou des cours d'eau, et ce, en dépit de la classification en vigueur. Ainsi, il faut poursuivre la recherche à cet effet afin de pouvoir rassurer tous les intervenants et mettre en perspective les bénéfices agronomiques et environnementaux associés à la valorisation agricole des MRF.

Le manque de connaissances par les citoyens sur les divers aspects du tri des matières qu'ils génèrent (le quoi, le comment et le pourquoi) nuit à la qualité des matières recyclées, à la participation citoyenne et à l'adhésion de comportements responsables. Finalement, il existera toujours une proportion de citoyens qui ne se sentent pas concernés ou qui expriment un certain scepticisme relativement à l'importance et à l'urgence de mieux gérer les résidus.

Bien que la gestion des résidus soit l'affaire de chacune des municipalités, la contribution citoyenne pour la gestion et la récupération des matières est un élément clé et il importe de déployer les efforts requis pour que les citoyens soient sensibilisés à l'importance de réaliser un tri adéquat de leurs résidus afin de faciliter leurs traitements et leur valorisation.

6.1.4 Cadre réglementaire

Un autre problème réside dans le fait que la réglementation actuelle entourant les MRF est complexe et il n'est pas évident pour les municipalités de bien la maîtriser et d'évaluer les divers aspects techniques et les possibilités qui s'offrent à elles, et ce, dans le respect des règlements et normes en vigueur. La gestion des MRF est soumise au cadre réglementaire provincial et les municipalités ne disposent pas du droit de légiférer pour les aspects déjà encadrés dans les lois provinciales (LCM). Les municipalités ont le pouvoir d'interdire l'épandage de MRF pour un maximum de 12 jours par année (art.52, LCM). Elles peuvent aussi légiférer sur les distances séparatrices par exemple ou pour le territoire situé en dehors des zones vertes. Une redevance supplémentaire à l'élimination est accordée aux villes qui respectent certains critères, dont celui de ne pas restreindre l'épandage de MRF en zones vertes (Recyc-Québec, 2023c).

Certaines villes ont aussi des réalités géographiques particulières. Par exemple, les régions dont les terres sont divisées en cantons ont plus de difficultés à valoriser des MRF avec de plus grandes contraintes de distances pour l'entreposage et l'épandage parce qu'il y a très souvent des maisons d'habitation ou des puits à proximité.

6.1.5 Incitatifs financiers et redevances

Actuellement, l'enfouissement des résidus organiques est malheureusement une alternative moins coûteuse que leur traitement (BAPE, 2022) et pour cette raison, il s'agit d'une méthode de gestion encore privilégiée par certaines municipalités. L'établissement d'un incitatif au non-enfouissement ou encore un frais supplémentaire à l'enfouissement pourrait amener certaines villes à repenser leur système de gestion des résidus. Depuis le 1er janvier 2023, une redevance à l'enfouissement de 30\$/tonne métrique est exigée (MELCCFP, 2023). Une redevance partielle de 10\$/tonne métrique peut s'ajouter à la redevance à l'enfouissement dans certains cas (MELCCFP, 2023).

Comme l'aspect financier est trop souvent l'élément limitatif pour les municipalités qui souhaitent implanter une gestion optimale des résidus, l'octroi de subvention à cet effet serait nécessaire pour favoriser l'amélioration de la gestion des résidus.

6.1.6 Qualité des MRF

Même si plusieurs conseillers et producteurs agricoles croient que l'élaboration d'un sceau de qualité pour les MRF est un élément incitatif à la valorisation agricole, certaines municipalités craignent que les MRF qui ne détiennent pas les caractéristiques nécessaires à l'obtention d'un tel sceau soient boudées par les producteurs.

6.2 LES FIRMES DE VALORISATION

Les firmes de valorisation supervisent et réalisent des activités d'épandage au champ de diverses MRF. Elles effectuent un travail de courtage sous contrat qui assure le lien entre le générateur de MRF et les producteurs receveurs. Dans ce contexte, elles sont dépendantes de la qualité des produits qui leur sont fournis par les générateurs.

6.2.1 Qualité des MRF

Selon les intervenants des firmes de valorisation consultées, les MRF d'origine municipales représentent une bonne source d'éléments fertilisants et de MO pour les producteurs. Comme il y a une très grande variabilité de produits offerts aux agriculteurs, certaines MRF d'origine municipales sont plus difficiles à valoriser sur des terres agricoles que d'autres en raison de leurs caractéristiques. Par exemple, les MRF à haute concentration en phosphore ou celles trop humides sont parfois plus difficiles à valoriser sur les terres. Il arrive aussi que la concentration en ETM (ex : aluminium dans les boues municipales) soit élevée au point d'affecter la disponibilité des autres éléments comme le phosphore.

Les firmes de valorisation confirment l'existence d'une problématique particulière concernant les corps étrangers contenus dans les résidus verts et résidus alimentaires collectés par les méthodes actuelles. Les corps étrangers qui s'y retrouvent limitent leur potentiel de valorisation sur les terres agricoles comme amendement.

Comme présenté précédemment, les biosolides municipaux ont une classification C-P-O-E-I qui peut limiter les possibilités de trouver des receveurs pour ce type de MRF. Pour certains producteurs, l'origine fécale des biosolides municipaux, en plus des enjeux d'innocuité qui y sont liés, nuit à leur acceptabilité comme amendement pour les terres et le type de cultures qu'on y retrouve. Pour d'autres, c'est la crainte d'un impact négatif sur leurs marchés en raison du type de MRF appliqués.

Il arrive à l'occasion que la siccité de la matière produite soit plus faible que celle anticipée, ce qui peut d'une part, compliquer l'épandage ou la reprise de l'amas dans le champ et d'autre part, engendrer un élargissement de l'espace d'entreposage, car la matière entreposée s'étend sur une plus grande superficie à l'image d'une flaque d'eau. Le tout engendre également de la compaction sur une plus grande superficie qu'un amas solide et plus sec.

Il a été mentionné que les boues ayant une concentration moins élevée en phosphore sont préférées par rapport à d'autres. En effet, les producteurs doivent, par le biais des agronomes, respecter la capacité réceptrice de leurs terres sur la base des concentrations de phosphore dans le sol.

Plus les paramètres de contaminants, agents pathogènes, odeurs, corps étrangers et paramètres investigateurs préventifs (C-P-O-E-I) sont de catégories élevées, plus il est difficile pour une firme de trouver des producteurs qui sont prêts à valoriser ces matières. Les producteurs ont un souci grandissant pour la protection de l'environnement et la préservation de la qualité et santé de leurs sols. Conséquemment, les attentes concernant la qualité et l'innocuité des MRF augmentent et doivent être prises en compte.

Les boues provenant de stations d'épuration sont souvent des produits odorants qui appartiennent à la catégorie O3. Ce paramètre est limitatif dans une perspective de valorisation agricole en raison des distances séparatrices qui doivent être respectées, ce qui limite le choix d'entreprises agricoles réceptrices. Cette problématique est habituellement moins prononcée avec les boues d'étangs aérés qui appartiennent plus souvent à la catégorie O2.

Les boues municipales traitées contiennent souvent des graines de plantes qui ont encore un pouvoir germinatif lorsqu'elles sont épandues sur les sols. C'est le cas notamment des graines de tomates qui réussissent à survivre à différents traitements et qui se retrouvent aux champs comme adventices.

6.2.2 Gestion du risque

Les conseillers techniques des différentes firmes de valorisation se butent parfois à des refus d'importation de MRF car certains producteurs craignent toujours une contamination de leurs sols à la suite d'épandage de MRF. La présence de paramètres investigateurs préventifs et la récente saga avec les SPFA rappelle à l'ensemble des intervenants que le risque

zéro n'existe pas et qu'il importe de rester prudents et vigilants afin d'assurer une gestion responsable des risques sur l'emploi de MRF en agriculture.

6.2.3 Infrastructures et équipements

L'établissement de nouveau centre de transbordement serait une avenue à envisager pour pallier certains problèmes auxquels font face les firmes de valorisation car de tels centres de transbordements permettraient un entreposage temporaire de MRF dans l'attente de conditions favorables d'épandage au champ. Ainsi, les MRF peuvent être temporairement entreposées lorsque la météo vient compliquer les livraisons ou lorsque les livraisons de MRF anticipées impliquent le transport de gros volumes sur une plus courte période (ex : déneigement du chemin d'accès à plusieurs reprises lors de livraisons en hiver).

Pour certaines stations mécanisées, les boues sont entreposées temporairement dans des conteneurs de type « roll-off ». La capacité volumique limitée de ce type de conteneur ne permet malheureusement pas de transporter de grandes quantités à la fois, ce qui vient affecter l'efficacité de la gestion des matières, le coût, mais également la satisfaction des receveurs. Lorsque les quantités de MRF requises chez un receveur sont grandes et que les équipements pour la livraison sont petits, les problèmes suivants surviennent sur une période étendue : va-et-vient intense, compaction des sols, déneigement répété des chemins d'accès et des aires d'entreposage.

6.2.4 Synchronisation des activités de production et de valorisation

Un des principaux problèmes liés à la valorisation des MRF en milieu agricole est la non-synchronisation des fenêtres de production et de valorisation des MRF; les MRF étant générées en continu à l'année alors que l'épandage des MRF est interdit sur des sols gelés. Il faut alors composer avec les contraintes météo et les contraintes associées à l'entreposage temporaire des MRF. Les possibilités de livraisons ou encore les quantités des MRF disponibles ne correspondent pas toujours au besoin des producteurs agricoles, qui, par exemple, veulent épandre avant les semis au printemps ou à la suite des récoltes d'automne. Les producteurs n'ont pas toujours la possibilité, faute d'endroit d'entreposage, de recevoir une MRF plusieurs semaines ou plusieurs mois avant l'épandage prévu. De plus, une météo pluvieuse peut rendre inaccessible l'accès à certains sites, ce qui complexifie le travail des firmes de valorisation qui doivent trouver des sites adéquats permettant de recevoir en tout temps les MRF. De telles conditions limitent davantage les possibilités de trouver des combinaisons gagnantes entre les générateurs et les receveurs.

6.2.5 Manque de connaissances

Des réalités et contextes respectifs

Les firmes de valorisation soulèvent également le manque de connaissances ou de sensibilisation faites auprès de producteurs qui ont, pour certains, des idées préconçues sur les MRF. Ce manque de connaissances est également valable pour les générateurs, qui auraient avantage à saisir l'importance de combler les attentes des utilisateurs potentiels tant pour la qualité de leurs MRF que pour les aspects pratiques de gestion qui mènent à l'usage de leurs résidus en agriculture.

De la valeur agronomique

La valorisation des MRF serait facilitée pour tous les intervenants s'il était possible de chiffrer la valeur des impacts positifs que procure l'apport de MRF organique au sol. S'il s'avère possible d'accorder une valeur monétaire à une MRF sur la base de son apport fertilisant (en comparaison avec la valeur des engrais minéraux ou de la chaux), il est malheureusement difficile de chiffrer les bénéfices qu'apportent la MO ou les microorganismes au sol à court, moyen et long terme.

6.2.6 Coûts associés à la valorisation des MRF

Certains agronomes responsables de PAEF chargent des frais à leurs clients pour les ajouts apportés au PAEF et qui sont associés à l'importation d'une MRF. L'application d'une MRF entraîne donc des coûts additionnels qui doivent être assumés par le producteur, et ce, même si les livraisons ne sont pas réalisées au final pour diverses raisons en dehors de la volonté

de l'agronome ou du producteur. Cela peut représenter un frein à court terme et il est probable que les producteurs qui vivent cette expérience ne voudront plus prendre le risque d'accepter l'importation de MRF. Et si ces frais devaient être assumés par les firmes de valorisation ou par les générateurs, il est également probable que ces derniers ne voudront plus courir le risque de devoir payer en cas de problèmes qui soient hors de leur contrôle (grève dans les usines, bris et mauvaise météo; tous des éléments qui viennent affecter les livraisons et la possibilité d'acheminer en temps la MRF chez les producteurs).

6.2.7 Point de vue des firmes de valorisation exprimé lors des consultations du BAPE en 2022

Dans le cadre des consultations du BAPE sur l'état des lieux et la gestion des résidus ultimes, d'autres points ont été soulevés par les différentes firmes de valorisation (BAPE, 2022). Les principaux aspects suivants méritent d'être soulignés:

- Il serait souhaitable que le coût de l'enfouissement soit majoré afin d'inciter davantage les générateurs à trouver des solutions pour recycler nos résidus organiques. Actuellement, le coût de la valorisation est plus élevé que celui de l'enfouissement. Bien sûr, il devrait y avoir un système de sanctions de mis en place parallèlement à cette hausse des tarifs d'enfouissement pour éviter qu'il n'y ait des sites d'enfouissement illégaux qui se créent.
- L'aspect de la sensibilisation de la population pour améliorer la qualité du tri de leurs résidus afin d'en faciliter le traitement par la suite est une préoccupation. Promouvoir l'utilisation des composts résultant des résidus est aussi une recommandation qui a été soulevée. Un allègement du cadre réglementaire entourant la valorisation des MRF est un souhait exprimé par les divers intervenants des firmes de valorisation, les producteurs et les conseillers agricoles.
- Il a été proposé de changer le nom de matière résiduelle pour « produit ».
- La qualité des composts demeure un élément essentiel. La présence de corps étrangers dans les produits valorisables préoccupe et particulièrement celle des plastiques, matière visible qui se décompose difficilement lors d'un traitement biologique et qui altère la qualité des produits et leur acceptabilité. Les firmes de valorisation souhaitent obtenir plus de soutien de la part du gouvernement pour l'amélioration de la qualité des composts produits.
- L'interdiction d'enfouir les résidus organiques comme les ROTS a été évoquée.
- Un meilleur encadrement des matières utilisées pour le recouvrement des lieux d'enfouissement et l'interdiction d'enfouir des matières résiduelles non stabilisées est souhaité.
- Les bacs bruns devraient être fournis à tous.
- Les firmes de valorisation suggèrent que les contrats en appel d'offres couvrent de plus longues périodes (actuellement de 5 ans) afin de motiver les générateurs à investir pour améliorer leurs façons de faire.
- Il a été soulevé que la valorisation énergétique ne devrait pas être considérée au même titre que l'incinération.
- Quelques firmes suggèrent de regarder le procédé de traitement mécano-biologique (TMB) comme avenue au traitement des résidus organiques et à leur valorisation.

6.3 L'UNION DES PRODUCTEURS AGRICOLES

L'UPA regroupe des producteurs agricoles de diverses productions et de diverses régions et l'opinion des membres diverge de sorte que la position de l'organisation ne fait pas toujours l'objet d'un consensus relativement aux aspects qui concernent les activités de valorisation agricole, et ce, pour l'ensemble des MRF offertes aux agriculteurs. Si certains producteurs se montrent réticents, certains s'affichent carrément contre la valorisation agricole de MRF sur leurs terres, alors que d'autres y voient des opportunités. Il en va de même pour les régions; la fédération régionale de l'UPA de l'Estrie déconseille l'épandage des MRF depuis 2011 (UPA, 2022).

Néanmoins, la confédération de l'UPA a tout de même un point de vue nuancé important à considérer sur la gestion des matières résiduelles ainsi que leur valorisation agricole.

D'une façon générale, les producteurs situés loin des grands centres sont plutôt favorables à la valorisation agricole, alors que ceux près des grands centres le sont moins. Un constat similaire se dégage relativement à l'acceptabilité des producteurs des régions où on retrouve des activités d'élevage; les producteurs étant moins favorables au recyclage agricole en région

de fortes activités d'élevage, car ils disposent de suffisamment d'engrais organique provenant des élevages et conséquemment des déjections animales pour satisfaire partiellement leurs besoins en fertilisants.

Avec le prix des engrais qui augmente, le manque de disponibilité, les connaissances techniques des MRF qui progressent et l'ouverture grandissante des producteurs face aux MRF, la confédération de l'UPA reconnaît la place potentielle que pourrait occuper les MRF en agriculture. La confédération de l'UPA recommande toutefois que les engrais de ferme soient toujours priorités au détriment des MRF et que la réglementation soit respectée.

L'UPA reconnaît et souligne le risque associé à l'emploi de MRF en agriculture; la contamination potentielle des sols sur le long terme demeure une inquiétude indélébile tout comme la possibilité de découvrir une nouvelle molécule contenue dans les MRF, inconnue à ce jour, et qui s'ajouterait à la liste des contaminants connus pour les sols.

Au fil des ans, la liste de nouvelles molécules à surveiller pourrait s'allonger. À cet effet, l'UPA recommande que soit mis en place un fond de prévoyance pour venir en aide aux producteurs confrontés à cette situation hypothétique imprévisible, mais probable et qui découlerait de l'emploi de MRF. Ce fond permettrait de rassurer et de sécuriser les producteurs agricoles qui sont prêts à gérer les risques associés à l'usage de MRF. En absence de ces garanties, l'application du principe de précaution pourrait être un frein important pour le développement des activités de valorisation agricole.

Relativement aux inquiétudes liées à la valorisation agricole des MRF, l'UPA souligne que les biosolides municipaux inquiètent davantage les producteurs que certaines autres MRF en raison de la présence de composés chimiques qu'ils peuvent contenir et qui proviennent d'un comportement insouciant ou de l'ignorance de la population concernant la disposition de leurs résidus dans le réseau d'égouts.

L'UPA exprime également des craintes et des préoccupations concernant l'épandage des MRF en raison des bilans phosphore déjà précaires dans certaines régions. L'organisme craint que dans l'éventualité où les volumes de MRF à recycler deviennent de plus en plus grands, les terres qui sont déjà saturées en phosphore soient encore sollicitées et que les livraisons de MRF doivent se rendre de plus en plus loin de leur lieu de fabrication, ce qui pourrait entraîner un problème pour les producteurs qui doivent exporter leurs fumiers et qui devraient, eux aussi, l'exporter encore plus loin. Cette conséquence serait d'autant plus néfaste dans le cas du lisier de porc, qui est constitué en majorité d'eau. L'UPA se questionne à savoir si les bénéfices de la valorisation agricole des MRF en agriculture sont plus grands que les risques encourus par la mise en place de telles pratiques et en contexte de « compétitivité » entre les MRF et les fumiers.

Une autre contrainte soulevée par l'UPA est associée au manque d'acceptation sociale des MRF. Les producteurs agricoles et l'UPA ne veulent pas avoir à se défendre face à l'opinion du public. Il faudrait que la valorisation agricole soit d'abord soutenue et mise en valeur par l'ensemble des intervenants et organismes impliqués pour que les enjeux environnementaux comme les odeurs et la contamination des sols ne reposent pas uniquement sur les épaules des producteurs agricoles qui utilisent des MRF.

Dans le cahier de charge de CanadaGAP, il est exigé de ne pas utiliser de boues d'épuration sur les terres en cultures destinées à l'alimentation humaine, et ce, pour les cinq années précédant la culture. Il est, de plus, exigé de connaître ce qui a été épandu sur les terres adjacentes. Ces mesures très précautionneuses ont pour but de rassurer les producteurs et la population, mais comme les restrictions sont nombreuses, il est possible qu'au contraire, elles exacerbent les craintes de ces derniers. À l'instar des exigences de CanadaGAP, tous les règlements et les restrictions qui s'appliquent aux MRF viennent alimenter et entretenir le doute sur la qualité des MRF de sorte que finalement, la pertinence de procéder à la valorisation des MRF en agriculture est remise en cause.

Malgré les enjeux mentionnés précédemment, l'UPA croit que les MRF ont leur place en agriculture. Il s'agit d'une source de MO qu'on ne devrait pas perdre en éliminant par enfouissement ou incinération et que l'on devrait tendre à recycler de façon optimale. Le message principal de l'UPA consiste à bien encadrer la pratique pour éviter que des événements fortuits et malheureux ne se produisent et viennent fermer les portes à la valorisation agricole des MRF temporairement ou définitivement.

L'UPA souligne aussi qu'en poursuivant l'acquisition de connaissances sur la qualité des MRE, cela contribuera à faire avancer leur valorisation agricole auprès de producteurs agricoles, de la population générale et des conseillers agricoles.

7 RECOMMANDATIONS ET PISTES DE RÉFLEXION

Sur la base des informations obtenues lors de la réalisation du présent projet, les pistes de solutions et les recommandations suivantes sont formulées par l'équipe de rédaction du rapport, relativement aux activités de valorisation des MRF au Québec.

7.1 ACTIVITÉS DE FORMATION ET DE SENSIBILISATION

Le manque de connaissances des conseillers et des producteurs agricoles est l'un des principaux freins concernant l'utilisation des MRF en agriculture. Ce point a été systématiquement soulevé dans les entrevues réalisées. Pour pallier ce manque de connaissances, il est recommandé d'offrir davantage de formation au sujet des MRF par le biais des différentes activités suivantes : formations académiques, conférences, colloques ou événements agricoles, webinaires ou parcelles de démonstration. Ces formations sont nécessaires pour démystifier le contexte et l'ensemble des activités associées à la valorisation agricole des MRF telles que : les objectifs gouvernementaux poursuivis, les grands enjeux agroenvironnementaux, les caractéristiques agronomiques et environnementales des MRF, les effets bénéfiques et les risques réels ou potentiels inhérents à l'usage des diverses MRF, la gestion du risque, etc.

La perception négative de la population face aux MRF, et plus particulièrement celle associée à l'emploi de biosolides municipaux, peut entacher la réputation des producteurs agricoles qui les valorisent et les expose à toutes sortes de plaintes. De plus, cette perception nuit à l'acceptabilité sociale des activités de valorisation des MRF. À l'instar des activités de sensibilisation qui s'adressent aux intervenants agricoles et aux producteurs, il importe de sensibiliser la population en générale sur les grands enjeux et les objectifs poursuivis et d'expliquer le principe d'économie circulaire dans un contexte de valorisation agricole des MRF. De plus, en sensibilisant davantage la population à l'importance de respecter les consignes de bonne conduite et la réglementation concernant la disposition de leurs résidus, la qualité des MRF pourra être préservée, voire améliorée; il importe donc de conscientiser les citoyens aux grands enjeux, mais aussi à l'importance de la qualité du geste citoyen dans la chaîne de gestion des résidus.

Les générateurs de MRF, incluant les municipalités, ne sont habituellement pas familiers avec le contexte et les réalités du monde agricole ainsi que les attentes des producteurs agricoles. Il est essentiel que les générateurs de MRF prennent en compte et comprennent la réalité des agriculteurs qui utilisent leurs résidus. La pérennité des activités de valorisation des MRF est grandement basée sur une offre de produits qui répond aux attentes des utilisateurs potentiels. Le monde agricole ne s'associera pas à la valorisation des MRF tant que cette activité est perçue comme une alternative qui considère les sols comme « la poubelle des résidus urbains ou autres origines ».

Quand vient le temps d'exporter une MRF chez un producteur agricole, les municipalités ne savent pas toujours quelle est la procédure à suivre. Les villes ont manifesté un intérêt pour qu'un guide d'accompagnement ou qu'une personne ressource à contacter soit rendu disponible en cas de nécessité.

7.2 PISTES DE RECHERCHES À EXPLORER OU À APPROFONDIR

La synchronisation de la libération des nutriments notamment de l'azote avec les besoins de la culture apparaît comme une préoccupation prioritaire pour les producteurs agricoles. Il s'agit d'un enjeu auquel il importe de s'attarder par le biais de projets de recherches et d'essais. Parmi les secteurs de production consultés, des questions demeurent quant à l'arrière-effet azoté des MRF sur l'aoûtement des arbres, sur l'accumulation des sucres dans les tubercules de pommes de terre, sur la teneur en protéine des céréales destinées à l'alimentation humaine et sur la qualité des plaques de gazons. Le développement d'indicateurs pouvant mieux prédire les arrières-effets associés à chaque MRF apparaît déterminant pour la valorisation agricole des MRF. Comme la libération de l'azote dépend des propriétés intrinsèques de la matière, mais aussi des pratiques culturales et des conditions pédoclimatiques, il serait aussi pertinent de développer des modèles intégrant tous ces paramètres de façon à simuler les dynamiques de C et de N.

Les producteurs de gazon ont exprimé deux préoccupations précises quant à l'utilisation de MRF (odeurs et exportation de sols chez l'utilisateur) et qui méritent qu'on s'y attarde.

Il est recommandé de préciser le risque de contamination potentielle d'une culture par des pathogènes ou des paramètres investigateurs préventifs à la suite de l'épandage répété de MRF, et pour ce faire, de procéder à des essais de longue durée avec différentes doses et différents types de cultures. Dans le même ordre d'idées, il est temps d'initier des travaux sur le potentiel de dissémination des gènes de résistance aux antibiotiques dans l'environnement, et ce, avant que ce domaine d'investigation ne soit porté à l'attention du public par des interventions médiatiques comme c'est le cas actuellement avec les SPFA. Enfin, on doit accroître les connaissances sur la résistance des adventices qui parviennent à survivre aux différents traitements (compostage, biométhanisation, chaulage, etc.) et identifier des moyens de garantir un assainissement adéquat des MRF dans le but de rassurer ou informer adéquatement les utilisateurs.

Toujours dans le but de rassurer la population, les producteurs et les intervenants, il devient incontournable de poursuivre des essais de culture de longue durée sur les effets qui découlent de l'utilisation répétée de MRF et autres matières ou produits sur les végétaux et la santé des sols. Ces essais permettent de réaliser des études comparatives sur les impacts positifs et négatifs liés à l'application répétée de MRF, par rapport aux fumiers et aux engrais, sur la santé des sols. De tels essais permettent également de mettre en perspective les impacts relatifs des diverses options qui s'offrent aux producteurs.

La difficulté voire l'incapacité d'établir à ce jour une valeur économique pour les effets bénéfiques à long terme découlant de l'application de MO au sol, autre que la valeur fertilisante (N-P-K), constitue un réel handicap. Il serait intéressant de travailler à développer une valeur économique associée aux apports de MO.

L'hygiénisation des MRF par traitement thermique, chimique ou biologique, sont des avenues intéressantes. Toutefois, pour plusieurs agents pathogènes ou maladies, la démonstration quant à l'efficacité de ces méthodes reste à faire.

Sachant que certains composts ont un effet sur les pathogènes du sol, il serait pertinent de faire plus de recherche à ce chapitre pour établir le potentiel des MRF (compostées ou non, digérées) comme alternative pour réduire la quantité de pesticides largement employés. Ce volet de recherche est sans aucun doute un domaine d'investigation aux impacts potentiels majeurs et conséquemment, il apparaît prioritaire.

La pyrolyse et la digestion anaérobie mènent à des produits qui sont encore peu connus. Il y a donc encore plusieurs questions de bases qui méritent qu'on s'attarde aux produits issus de ces filières pour éclairer et supporter les activités de valorisation des MRF en agriculture.

Il est souhaité que les orientations de recherche du MAPAQ prennent en compte les divers domaines d'intervention identifiés et permettent ainsi un développement cohérent et durable des activités de valorisation agricole.

7.3 SUPPORT FINANCIER RECOMMANDÉ

Comme la notion de risque est un élément important à prendre en considération pour les producteurs, la mise sur pied d'un fond d'urgence, pouvant servir à aider les entreprises agricoles qui se retrouveraient en difficulté suite à l'application de MRF, a été évoquée. La gestion de risques découlant des incertitudes et du manque de connaissances sur les MRF ne devrait pas être assumée entièrement et uniquement par les producteurs agricoles. Qu'advierait-il de la filière de la valorisation agricole des MRF si ces derniers décidaient de ne plus adhérer et supporter cet objectif collectif qui vise à améliorer, voire optimiser, la gestion des MRF générées par divers secteurs d'activités?

Dans le même contexte et considérant que la valorisation des MRF contribue à l'atteinte des objectifs gouvernementaux en matière de gestion environnementale, de diminution des GES et de santé des sols, un programme de subvention du même type que celui sur les bonnes pratiques agricoles pourrait être mis sur pied pour encourager et supporter ce type de pratiques.

Les frais agronomiques liés à la gestion de l'importation d'une MRF sur la ferme, qui engendre des coûts de gestion additionnels pour le producteur, pourraient être défrayés par un programme gouvernemental de soutien et d'encouragement aux activités de valorisation agricole des MRF.

Un programme de subvention lié à l'achat d'un épandeur conçu et adapté aux MRF tel que les biosolides serait une façon d'encourager et de favoriser l'emploi de MRF.

Le développement de nouvelles technologies permettant d'assainir davantage les MRF est un élément déterminant pour assurer la pérennité des activités de valorisation en agriculture. Cet élément constitue un défi de taille pour les générateurs de MRF et un facteur déterminant pour l'utilisateur. Des subventions pourraient alors être accordées aux villes dont les installations de traitement sont désuètes. Des aides financières pourraient également être accordées aux générateurs pour le développement ou l'acquisition de nouvelles technologies de traitement qui améliore la qualité de la MRF offerte aux agriculteurs.

7.4 DÉVELOPPEMENT D'UN RÉPERTOIRE WEB SUR LES MRF

Afin de faciliter la recherche d'information sur la disponibilité des MRF sur un territoire donné, il serait pertinent pour les utilisateurs potentiels d'avoir un portrait général des matières disponibles pour un territoire donné, et ce, par voies traditionnelles à savoir les journaux locaux et les journaux agricoles. L'ère des applications ou des services web permet d'envisager le développement d'une plateforme web où l'on retrouverait toute l'information, à l'échelle provinciale regroupée par région (les firmes de valorisation par région, les MRF par région, les fiches d'analyses qui s'y rattachent, les bienfaits de chacune des MRF, les distances d'épandage et d'entreposage de chacune). Ce type d'outils pourrait servir autant aux conseillers agricoles qu'aux producteurs eux-mêmes.

7.5 MENTIONNER LA RÉGLEMENTATION CONCERNANT LES MRF SUR LES CONTRATS DE PRODUCTION

Les producteurs agricoles qui vendent leurs produits à autrui (meuneries, particuliers) signent un contrat qui établit les bases du paiement ainsi que les conditions à respecter. Par exemple, dans le grain, il est spécifié le prix/tonne offert ainsi que les conditions du grain à respecter (humidité, teneur en toxines, poids du grain). Dans l'objectif de clarifier les règles à respecter qui s'appliquent pour l'emploi de MRF, l'ajout au contrat de production des règles permises permettrait aux producteurs de prendre des décisions éclairées.

7.6 FABRICATION D'ENGRAIS DE SYNTHÈSE GRANULÉ À PARTIR DE MRF

La fabrication d'engrais de synthèse sous forme granulée à partir de MRF est une avenue possible et, pour certains secteurs de production, intéressante à envisager comme l'ont mentionné les gazonnières et les pépinières. La mise en granules permet également d'ajuster certaines caractéristiques (ex : ajout de fertilisants) ainsi que la vente de produits en sacs.

7.7 SCEAU DE QUALITÉ

D'une façon générale, les personnes consultées sont d'avis qu'un sceau de qualité, géré par un organisme indépendant et attestant ou reconnaissant la qualité d'une MRF, est un outil qui favoriserait leur emploi. En effet, l'utilisation d'un produit certifié et correspondant à des exigences de qualité rassure les producteurs pour les caractéristiques mesurables qui sont prises en considération (ex. : normes du BNQ ou l'Alliance de la Qualité Compost (AQC) et l'Alliance de la Qualité Digestats (AQD) du Conseil Canadien du Compost (CCC)).

7.8 AJOUT DE CENTRES DE TRANSBORDEMENT

Les centres de transbordement sont une solution à la gestion de MRF bénéfiques pour les générateurs de MRF et les producteurs agricoles lorsque les conditions météo ne sont pas favorables ou lorsque les besoins des producteurs et la génération des MRF ne sont pas synchronisés. De plus, les centres de transbordement permettent aux producteurs de pouvoir recevoir les livraisons de MRF dans un intervalle de temps plus limité lorsque la production quotidienne de l'usine ne répond pas au besoin du producteur et qu'il est nécessaire d'en accumuler une bonne quantité pour combler les besoins. De plus, en période hivernale, l'accumulation de MRF dans les centres de transbordement peut permettre d'éviter aux producteurs de devoir déneiger le site de livraison trop fréquemment.

8 CONCLUSION

La valorisation des MRF d'origine municipale est une avenue identifiée et reconnue comme une alternative de gestion permettant d'atteindre les objectifs gouvernementaux de valorisation de la matière organique de la PQGMR et de la Stratégie de valorisation de la matière organique.

Si certaines MRF peuvent être avantageusement utilisées telles quelles comme amendement ou fertilisants en agriculture/horticulture, les MRF organiques hautement fermentescibles peuvent nécessiter un conditionnement préalable qui faciliterait leur utilisation en agriculture, et ce, pour certains secteurs d'utilisation. La stabilisation de la MO revêt un aspect particulièrement important à considérer avec des MRF organiques hautement fermentescibles. Certains segments de marché, notamment celui des terreaux horticoles, requièrent une stabilisation de la MO plus élevée que celle des matières utilisées au sol. Certains traitements permettent la réduction des odeurs, l'hygiénisation de la matière, la réduction des volumes et des masses, ce qui peut se traduire par des avantages associés à une gestion facilitée, à des manipulations simplifiées ou à des usages plus sécuritaires. La présence inévitable de corps étrangers, notamment celle des plastiques dans certains résidus organiques, nécessite la mise en place de technologies qui, à la suite d'un abaissement de la teneur en eau, faciliteraient l'enlèvement des particules indésirables (ex : plastiques souples).

Le présent projet visait à brosser un portrait des principaux freins et opportunités associés à l'utilisation des MRF pour chacun des segments de marchés agricoles et horticoles retenus qui sont : grandes cultures destinées à l'alimentation humaine, grandes cultures destinées à l'alimentation animale, production d'arbres de Noël, pépinières, production de gazon en plaques, petits fruits, légumes en champs et pommes de terre. Pour établir ce portrait, divers groupes d'intervenants ont été questionnés à l'aide de sondages adaptés aux divers segments et par le biais de rencontres. En raison des contraintes inhérentes au contexte pandémique qui ont prévalu en 2020 et 2021, les producteurs ont été sollicités par sondages ou par rencontres principalement réalisés de façon virtuelle.

Les freins et opportunités associés à l'emploi de MRF à la ferme ont été identifiés sur la base de sondages et de rencontres réalisés auprès des producteurs agricoles en 2021 et 2022. Les nombreux freins identifiés sont de diverses natures et ne sont pas exclusivement liés aux aspects agronomiques, mais également aux aspects environnementaux, sociaux, économiques et pratiques.

Plusieurs freins associés à l'emploi de MRF en agriculture sont communs à tous les segments de marchés dont le manque de connaissances et les craintes associées à des risques, une lourdeur administrative et réglementaire. Pour ce dernier point, le nombre de règlements à prendre en considération et la gestion du phosphore dans les zones à fortes productions de déjections animales sont des réalités difficiles à modifier.

Les freins et les opportunités spécifiques à chaque segment de marché étudié ont également été identifiés. Pour chacun des segments et au-delà des caractéristiques agronomiques intrinsèques d'une MRF, des modes de conditionnements physiques, physico-chimiques, biologiques, thermiques existent et permettent dans une majorité de cas d'ajuster adéquatement les caractéristiques recherchées par les utilisateurs (tamisage, compostage, digestion, granulation, chaulage, etc.). Le choix des modes de traitement et de conditionnement doit tenir compte de plusieurs facteurs : mode d'usage (vrac, terreaux, paillis, types de cultures) et d'entreposage des MRF, niveau de stabilité et d'humidité recherchés, distance de transport, odeurs et perceptions.

De manière générale, les MRF compostées ont un usage potentiel intéressant pour la fabrication de terreaux destinés à l'horticulture ornementale incluant les composts de biosolides municipaux. Pour les composts de ROTS ou de résidus verts, ils pourraient être employés en horticulture fruitière et maraîchère comme amendement organique, fertilisant ou pour la fabrication de terreaux. S'il s'agit d'un compost avec un C/N élevé, il pourrait également être employé comme paillis.

Les digestats de biosolides et de boues municipales pourraient bien convenir pour une application en grande culture, particulièrement sur les cultures exigeantes au niveau de la fertilisation, ou encore sur les engrais verts. Les digestats de ROTS pourraient être employés en culture maraîchère, particulièrement sur les cultures exigeantes en fertilisants, et sur les engrais verts.

Les boues mixtes d'origine forestières pourraient convenir à tous les segments de marché, pourvu qu'elles soient de classe P1 pour les applications en cultures vivrières.

Le C/N des boues de désencrage étant généralement élevé, il est préférable d'éviter de les appliquer sur des cultures exigeantes en azote. Cette contrainte s'applique également pour les autres MRF d'origine municipales qui ont un C/N élevé comme les feuilles mortes et les résidus de bois. Sinon, les boues de désencrage peuvent convenir à tous les segments de marchés et constituent une alternative à la chaux agricole.

Les biosolides municipaux sous forme de granules pourraient trouver un usage préférentiel auprès des producteurs de gazon et des producteurs en pépinières.

Pour ce qui est des cendres de biosolides municipaux, leur usage serait particulièrement recommandé en grande culture sur les sols ayant une faible teneur en phosphore sans besoin particulier en MO.

Finalement, huit recommandations ont été formulées en guise de pistes de solution pour atténuer, voire éliminer les principaux freins qui ralentissent une adoption accrue des pratiques de valorisation des MRF en agriculture.

9 RÉFÉRENCES

1. Adujna, G. 2016. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 4(3), 93-104.
2. Al-Gheethi, A. A., Efaq, A. N., Bala, J. D., Norli, I., Abdel-Monem, M. O., et Kadir, M. A. 2018. Removal of pathogenic bacteria from sewage-treated effluent and biosolids for agricultural purposes. *Applied water science*, 8(2), 1-25.
3. Allaire, S. E. et Parent, L. E. 2004a. Physical properties of granular organic-based fertilisers, part 1: static properties. *Biosystems Engineering*, 87(1), 79-87.
4. Allaire, S. E. et Parent, L. E. 2004b. Physical Properties of Granular Organic-based Fertilisers, Part 2: Dynamic Properties Related to Water. *Biosystems Engineering*, 87(2), 225-236.
5. Al Seadi, T. et Lukehurst, C. 2012. Quality management of digestate from biogas plants used as fertiliser. *IEA bioenergy*, 37-40.
6. Amlinger, F., Götz, B., Dreher, P., Geszti, J. et Weissteiner, C. 2003. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilisation and availability-a review. *Eur. J. Soil Biol.* 39, 107-116.
7. Annabi, M., Houot, S., Francou, C., Poitrenaud, M., & Bissonnais, Y. L. 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of America Journal*, 71(2), 413-423.
8. Antille, D. L. 2011. Formulation, Utilisation and Evaluation of Organomineral Fertilisers. (Thèse de doctorat, Université de Cranfield) 572 pages [En ligne] <https://core.ac.uk/download/pdf/40019567.pdf> (page consultée le 29/09/2021)
9. Baier, U. 1997. Thermal inactivation of plant seeds in sewage sludge. *Water science and technology*. 36(11), 197-202.
10. Barret, M., Delgadillo-Mirquez, L., Trably, E., Delgenes, N., Braun, F., Cea-Barcia, G., Steyer, J.P. et Patureau, D. 2012. Anaerobic removal of trace organic contaminants in sewage sludge: 15 years of experience. *Pedosphere*, 22(4), 508-517.
11. Bazyar Lakeh, A.A., Azizi, A., Hosseini Koupaie, E., Bekmuradov, V., Hafez, H. et Elbeshbishy, E., 2019. A comprehensive study for characteristics, acidogenic fermentation, and anaerobic digestion of source separated organics. *Journal of cleaner production*. 228. 73-85.
12. Bélanger, A., Potvin, D., Cloutier, R., Caron, M. et Thériault, G. 1987. La tourbe: une ressource d'avenir. Étude réalisée pour le Centre québécois de valorisation de la biomasse. 125 pages.
13. Bennamoun, L., Arlabosse, P. et Leonard, A. 2013. Review on fundamental aspect of application of drying process to wastewater sludge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 2013, 28, p.29-43. [En ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01643397/document> (page consultée le 29/09/2021)
14. Berger, S. 2015. État de l'art des digestats et post-traitements (Rapport de recherche, Solagro-irstea). 76 pages. [En ligne]. <https://diva.inrae.fr/wp-content/uploads/2015/12/DIVA-Livable-T%C3%A2che-2-Etat-de-lart-des-digestats-et-post-traitements.pdf> (page consultée le 20/09/2021)
15. Bipfubusa, M., Angers, D. A., N'Dayegamiye, A., & Antoun, H. 2008. Soil aggregation and biochemical properties following the application of fresh and composted organic amendments. *Soil Science Society of America Journal*, 72(1), 160-166.
16. Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C. et Scala, F. 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology*, 311-324.
17. Brousseau-Trudel, Sarah. 2022. Les MRF. Coordination services-conseils. [Webinaire]. 12 février 2022.
18. Bunce T. J., Ndam E., Ofiteru D. I., Moore A. et Graham W. D., 2018. A review of Phosphorus Removal Technologies and their Applicability to Small-Scale Domestic Wastewater Treatment Systems. *Frontiers in environmental science*. [En ligne] [Frontiers | A Review of Phosphorus Removal Technologies and Their Applicability to Small-Scale Domestic Wastewater Treatment Systems \(frontiersin.org\)](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenv.2018.00011/full) (page consultée le 18/11/2022)

19. Bureau de normalisation du Québec (BNQ). Amendements de sols - Biosolides municipaux alcalins ou séchés». [En ligne] <https://www.bnq.qc.ca/fr/normalisation/environnement/amendements-de-sols-biosolides-municipaux-alcalins-ou-seches.html> (page consultée le 06/01/2022)
20. Bureau de normalisation du Québec (BNQ). 2015. Norme nationale du Canada CAN/BNQ 0419-090/2015. Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels. 48 pages.
21. Bureau de normalisation du Québec (BNQ). 2016a. Norme nationale du Canada CAN/BNQ 0413-200/2016. Amendements organiques-Composts. 38 pages.
22. Bureau des normes du Québec (BNQ). 2016b. Norme nationale du Canada CAN/BNQ 0413-220/2016. Amendements organiques-Composts-Détermination du taux de respiration. 46 pages.
23. Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 2022. L'État des lieux et la gestion des résidus ultimes. Rapport 364. 696 pages.
24. CanadaGap. 2021. Guide de salubrité des aliments pour les fruits et légumes frais de CanadaGap, version 9.0. 219 pages.
25. Canadian Biogas Association. 2019. Canadian anaerobic digestion guideline: Food and organic waste processing facilities. Canadian Biogas Association. 77 pages.
26. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2012. Guide pour la valorisation des biosolides municipaux, des boues municipales et des boues de fosses septiques traitées. Winnipeg, Manitoba. 118 pages.
27. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2015. Guide de référence en fertilisation 2e édition actualisée. 518 pages.
28. Chen, G., Lock Yue, P. et Mujumdar, A. S. 2002. Sludge dewatering and drying. Drying technology. 20(4-5), 883-916.
29. Chen, Y.C., Higgins, M.J., Beightol, S.M., Murthy, S.N. et Toffey, W.E. 2011. Anaerobically digested biosolids odor generation and pathogen indicator regrowth after dewatering. WaterResearch 45, 2616e2626.
30. Chen, T., Yan, B., 2012. Fixation and partitioning of heavy metals in slag after incineration of sewage sludge. Waste Manag. 32, 957-964.
31. Clapp, C. E., Stark, S. A., Clay, D. E. et Larson, W. E. 1986. Sewage sludge organic matter and soil properties. The role of organic matter in modern agriculture. Springer, Dordrecht. 209-253.
32. Coalition Avenir Québec (CAQ). 2014. Vers un fleuve propre: réflexions et propositions sur la dépollution du Saint-Laurent. 23 pages. [En ligne]. http://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique_v2/AffichageNotice.aspx?idn=73400 (page consultée le 18/02/2021)
33. Code de gestion des matières résiduelles fertilisantes (CGMRF). 2025. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). ISBN: 978-2-555-00469-6.
34. Cofie, O., Nikiema, J., Impraim, R., Adamtey, N., Paul, J. et Koné, D. 2016. Co-composting of solid waste and fecal sludge for nutrient and organic matter recovery (Vol. 3). 40 pages.
35. Côté, D., Gasser, M.-O., et Poulin, D. 2009. Guide de conception des amas de fumier au champ II. IRDA. 82 pages.
36. Collard, M., Teychené, B. et Lemée, L. 2017. Comparison of three different wastewater sludge and their respective drying processes: Solar, thermal and reed beds—Impact on organic matter characteristics. Journal of environmental management. 203, 760-767.
37. Cropnuts, 2023. Interpreting your soil test results. [En ligne]. [Interpreting your soil test results- CROPNUTS Helpdesk \(helpscoutdocs.com\)](https://diva.inrae.fr/wp-content/uploads/2015/12/DIVA-Rapport-final-ANR_49-pages.pdf) (page consultée le 16/05/2023).
38. Dabert, P., Couturier, C., Arlabosse, P., Héran, M.-P., Zemb, C., Martel, J.- L. et Houot, S. 2015. Caractérisation des Digestats et de leurs filières de Valorisation Agronomique. (Rapport de recherche, irstea). 49 pages. [En ligne]. https://diva.inrae.fr/wp-content/uploads/2015/12/DIVA-Rapport-final-ANR_49-pages.pdf (page consultée le 05/01/2022).

39. David, A. 2013. Document technique sur la gestion des matières organiques municipales. Environnement Canada. 256 pages. [En ligne] https://publications.gc.ca/collections/collection_2013/ec/En14-83-2013-fra.pdf (page consultée le 07/09/2022).
40. De Bertoldi, M. 2010. Production and utilization of suppressive compost: environmental, food and health benefits. *Microbes at Work*. Springer, Berlin, Heidelberg. 153-170.
41. De Corato, U. 2021. Effect of value-added organic co-products from four industrial chains on functioning of plant disease suppressive soil and their potentiality to enhance soil quality: A review from the perspective of a circular economy. *Applied Soil Ecology*, 168, 104221.
42. De Corato, U., Cancellara, F. A., Lacolla, G., Caranfa, D., et Cucci, G. 2023. Short-term soil amendment by sewage sludge anaerobic digestate in a tomato monoculture suppresses *Fusarium* vascular wilt disease by changing the taxonomic characteristics of soil microbiota. *Applied Soil Ecology*, 189, 104915.
43. ÉcoEntreprises Québec (ÉEQ) et Recyc-Québec. 2021. Caractérisation des matières résiduelles du secteur municipal 2015-2018 – Rapport final, 120 pages. [En ligne] www.eeq.ca/wp-content/uploads/RapportSynthese_FRA_2020.pdf (page consultée le 08/12/2022)
44. Enayet, S. 2014. Evaluation of odour abatement causes following electro-dewatering of biosolids. (Thèse de doctorat, Université McGill) 121 pages. [En ligne]. <https://escholarship.mcgill.ca/downloads/d504rp54j> (page consultée le 22/11/2021)
45. Engeli, H., Edelmann, W., Fuchs, J., et Rottermann, K. 1993. Survival of plant pathogens and weed seeds during anaerobic digestion. *Water Science and Technology*. 27(2), 69-76.
46. Englobe. 2022. Fiche technique Gran-Mix. 1 page. [En ligne] https://live-englobe.pantheonsite.io/sites/default/files/2022-01/FicheTechn_Gran-Mix.pdf (page consultée le 25/08/2022)
47. Environnement Canada. 2013. Document technique sur la gestion des matières organiques municipales. 243 pages. [En ligne] [En14-83-2013-fra.pdf \(publications.gc.ca\)](https://publications.gc.ca/collections/collection_2013/ec/En14-83-2013-fra.pdf) (page consultée le 15/03/2021)
48. Fuchs, J. 2003. Le composte de qualité au service de la santé des plantes. *Alter Agri*. (61), 7-9.
49. Fuchs, J. G. 2010. Interactions between beneficial and harmful microorganisms: from the composting process to compost application. *Microbes at work*. Springer. Berlin, Heidelberg. 213-229.
50. Fuchs, J., Générmont, S. S., Houot, S., Jardé, E., Menasseri-Aubry, S., Mollier, A., Morel, C., Parnaudeau, V, Pradel, M. et Vieublé, L. 2014. Chapitre 3. Effets agronomiques attendus de l'épandage des MAFOR sur les écosystèmes agricoles et forestiers. Rapport final de l'ESCo "Matières fertilisantes d'origine résiduaire." INRA-CNRS-Irstea. [En ligne]. <https://hal.inrae.fr/hal-02796871/document> (page consultée le 24/05/2023)
51. Garcia-Gil, J. C., Plaza, C., Soler-Rovira, P., et Polo, A. 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and biochemistry*, 32(13), 1907-1913.
52. Girouard-Desautels, D. 2017. Pertinence des modes de gestion des biosolides municipaux granulés dans un contexte québécois. (Essai universitaire, Centre universitaire de formation en environnement et développement durable de l'Université de Sherbrooke) 90 pages. [En ligne] https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/11337/Girouard_Desautels_David_MEnv_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y (page consultée le 22/09/2021)
53. Gonçalves, R. F., Luduvic, M. et Von Sperling, M. 2007. Sludge thickening and dewatering. *Sludge Treatment and Disposal*. IWA Publishing. Londres, Angleterre. 76-119.
54. Guilayn, F., Jimenez, J., Monlau, F. et Vaneeckhaute, C. 2022. Valorisation of Anaerobic Digestate: Towards Value-Added Products. *Renewable Energy Technologies for Energy Efficient Sustainable Development*. Springer. 227-262.
55. Guilayn, F., Rouez, M., Crest, M., Patureau, D. et Jimenez, J. 2020. Valorization of digestates from urban or centralized biogas plants: A critical review. *Environmental Science and Bio/Technology*. 19(2), 419-462.
56. Guilayn, F., Jimenez, J., Rouez, M., Crest, M. et Patureau, D. 2019. Digestate mechanical separation: Efficiency profiles based on anaerobic digestion feedstock and equipment choice. *Bioresource technology*. 274, 180-189.

57. Hadar, Y. et Papadopoulou, K. K. 2012. Suppressive composts: microbial ecology links between abiotic environments and healthy plants. *Annual review of phytopathology*. 50, 133-153.
58. Hébert, M. 2015. Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes : Critères de référence et normes réglementaires- Édition 2015. Québec. ISBN – 978-2-550-72954-9, 216 pages.
59. Hébert, M. 2021. Recyclage agricole des cendres de boues d'épuration municipales de Montréal. État des lieux et optimisation des pratiques. 71 pages.
60. Hébert, M., Rioux, V. et Gagnon, É. 2003. Contrôle de qualité indépendant des MRF par le MENV- Partie 2 : pathogènes et paramètres agronomiques. *Vecteur Environnement*. Vol. 36, no 1, 34-40. [En ligne]
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/articles/contrrole-partie2.htm> (page consultée le 08/12/2022)
61. Hoffland, E., Kuyper, T. W., Comans, R. N., et Creamer, R. E. 2020. Eco-functionality of organic matter in soils. *Plant and Soil*, 455(1), 1-22.
62. Hoitink, H. A. J., Madden, L. V. et Dorrance, A. E. 2006. Systemic resistance induced by *Trichoderma* spp.: interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. *Phytopathology*. 96(2), 186-189.
63. Insam, H., Franke-Whittle, I., et Goberna, M. 2010. Microbes in aerobic and anaerobic waste treatment. *Microbes at work: from wastes to resources*. 1-34.
64. Institut de la statistique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 2021. Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec. Édition 2021. 135 pages.
65. Jakubus, M. 2016. Estimation of phosphorus bioavailability from composted organic wastes. *Chemical Speciation & Bioavailability*. 28(1-4), 189-198.
66. Jiang, Y., Xie, S. H., Dennehy, C., Lawlor, P. G., Hu, Z. H., Wu, G. X., zhan, X.M. et Gardiner, G. E. 2020. Inactivation of pathogens in anaerobic digestion systems for converting biowastes to bioenergy: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 120, 109654.
67. Johansen, A., Nielsen, H. B., Hansen, C. M., Andreassen, C., Carlsbart, J., Hauggard-Nielsen, H., et Roepstorff, A. 2013. Survival of weed seeds and animal parasites as affected by anaerobic digestion at meso-and thermophilic conditions. *Waste management*. 33(4), 807-812.
68. Joseph, C.A. 2019. Potentiel de recyclage agricole des boues d'épuration et des cendres de combustion des boues municipales ou agroalimentaires en Amérique du Nord. (Thèse de doctorat, Université Laval). 209 pages.
69. Karimi B., Sadet-Bourgeteau S., Cannavacciuolo M., Chauvin C., Flamin C., Haumont A., Jean-Baptiste V., Reibel A., Vrignaud G. et Ranjard L., 2023- Impact des digestats de méthanisation sur la qualité microbiologique des sols agricoles : état des connaissances, Étude et Gestion des Sols, 30, 169-194.
70. Kominko, H., Gorazda, K., et Wzorek, Z. 2017. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. *Waste and Biomass Valorization*. 8(5), 1781-1791.
71. Kosson, D.S., van der Sloot, H.A. et Eighmy, T.T. 1996. An approach for estimation of contaminant release during utilization and disposal of municipal waste combustion residues. *J. Hazard. Mater.* 47, 43–75.
72. Krüger, O. et Adam, C., 2015. Recovery potential of German sewage sludge ash. *Waste Manag.* 45, 400-406.
73. Lal, R. 2020. Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*. Vol. 112, issue 5, 3265-3277.
74. Landschoot, P. 1996. Using composts to improve turf performance. Publications Distribution Center. Pennsylvania State University Cooperative Extension. 112(7).
75. Lanno, M., Kriipsalu, M., Shanskiy, M., Silm, M. et Kisand, A. 2021. Distribution of Phosphorus Forms Depends on Compost Source Material. *Resources*. 10(10), 102.

76. Lau, M., Monis, P., Ryan, G., Salveson, A., Fontaine, N., Blackbeard, J., Gray, S. et Sanciolo, P. 2020. Selection of surrogate pathogens and process indicator organisms for pasteurisation of municipal wastewater—A survey of literature data on heat inactivation of pathogens. *Process Safety and Environmental Protection*. 133, 301-314.
77. Lee, A., 2016. Nitrogen and Phosphorus Availability from Various Composted Wastes for Use in Irish Agriculture and Horticulture (Thèse de doctorat, Technological University Dublin). [En ligne] <https://doi.org/10.21427/D71S3K> (page consultée le 19/12/2022)
78. Levis, J.W., Barlaz, M. A., Themelis, N. J. et Ulloa, P., 2010. Assessment of the state of food waste treatment in the United States and Canada. *Waste management*. 1486-1494.
79. Litterick, A. M., Harrier, L., Wallace, P., Watson, C. A. et Wood, M. 2004. The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production—a review. *Critical reviews in plant sciences*. 23(6), 453-479.
80. Loi sur la qualité de l'environnement, RLRQ c Q-2.
81. Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles, RLRQ c P-41.1.
82. Loi sur les engrais, L.R.C. (1985), ch. F-10.
83. Lorenz, K., Lal, R., Preston, C.M. et Nierop, K.G.J., 2007. Strengthening the soil organic carbon pool by increasing contributions from recalcitrant aliphatic bio(macro)molecules. *Geoderma*. 142, 1–10.
84. Ministère des affaires municipales et de l'occupation du territoire (MAMOT). 2009. Cahier des exigences environnementales - Chapitre 6 - Gestion des boues- étangs aérés [En ligne]. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/1904347> (Page consultée le 08/11/2022)
85. Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2016. Bilan 2015 du recyclage des matières résiduelles fertilisantes. 42 pages. [En ligne] https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/Bilan2015.pdf (page consultée le 19/02/2021).
86. Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2018. Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation. Québec. ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Direction des matières résiduelles. ISBN 978-2-550-80753-7. 57 pages.
87. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ). 2020. Portrait diagnostique sectoriel de l'industrie des grains au Québec. 51 pages.
88. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ). 2019. Le secteur agricole au Québec : Quelques grandes tendances à la lumière des 4 derniers recensements de l'agriculture. *Bioclips actualité bioalimentaire*. Vol,
89. Ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2022. Bilan de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées pour l'année 2020. 78 pages. [En ligne] <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/bilan-performance-omaeu-2020.pdf> (page consultée le 22/08/2022).
90. Ministère de l'Environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parcs (MELCCFP), 2022a. *Atlas de l'eau*. [En ligne]. [https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas/atlas-argis/index.html?extent=-10026140.6544%2C5333298.1956%2C-6269107.8402%2C7140881.0404%2C102100&showLayers=Phosphore en parcelles agricoles 5762%3BPhosphore en parcelles agricoles 9923%3BPhosphore en parcelles agricoles 5751%3BPhosphore en parcelles agricoles 250%3BZGIEBV 5920%3BSDA WMS 8004 2726 9652 4282 0%3BSDA WMS 8004 2726 2%3BSDA WMS 8004 2726 9652 1%3BSDA WMS 8004 4](https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas/atlas-argis/index.html?extent=-10026140.6544%2C5333298.1956%2C-6269107.8402%2C7140881.0404%2C102100&showLayers=Phosphore+en+parcelles+agricoles+5762%3BPhosphore+en+parcelles+agricoles+9923%3BPhosphore+en+parcelles+agricoles+5751%3BPhosphore+en+parcelles+agricoles+250%3BZGIEBV+5920%3BSDA+WMS+8004+2726+9652+4282+0%3BSDA+WMS+8004+2726+2%3BSDA+WMS+8004+2726+9652+1%3BSDA+WMS+8004+4) (page consultée le 30/11/2022).

91. Ministère de l'Environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parcs (MELCCFP), 2022b. Qualification des opérateurs de stations d'épuration municipales. [En ligne] [Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées \(gouv.qc.ca\)](#) (page consultée le 28/02/2023).
92. Ministère de l'Environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parcs (MELCCFP), 2023. Redevances pour l'élimination des matières résiduelles. [En ligne] [Redevances pour l'élimination de matières résiduelles \(gouv.qc.ca\)](#) (page consulté le 20/06/2023).
93. Möller, K. et Müller, T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*. 12(3), 242-257.
94. Muller, F. 2016. Matière organique en retour au sol. [En ligne] <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/2340-matiere-organique-en-retour-au-sol.html> (page consultée le 23/05/2023).
95. Naderi Beni, N., Karimifard, S., Gilley, J., Messer, T., Schmidt, A. et Bartelt-Hunt, S. 2023. Higher concentrations of microplastics in runoff from biosolid-amended croplands than manure-amended croplands. *Communications Earth & Environment*, 4, 42.
96. Nature Québec. 2012. Des pratiques agricoles efficaces, un impact bénéfique sur le climat. 74 pages.
97. N-Viro System Canada inc. 2007. Sans titre. 33 pages. [En ligne]. https://www.crd.bc.ca/docs/default-source/seatterra-pdf/related-articles/techreview_sludge-stabilization---nviro_submission.pdf?sfvrsn=4c6565ca_2 (page consultée le 29/09/2021).
98. Örmeci, B. 2022. Biosolids Management in the Age of Emerging Pollutants and Pathogens. Hebdo Webinaire, [En ligne] https://www.youtube.com/watch?v=SPBXbBXDEgA&embeds_euri=https%3A%2F%2Fcentreau.org%2F&feature=emb_imp_woyt (page consultée le 19/12/2022).
99. Ozores-Hampton, M., Biala, J., Evanylo, G., Faucette, B., Cooperband, L., Roe, N., Creque, J.A. et Sullivan, D. 2022. Compost Use. Dans *The Composting Handbook*, Academic Press. 777-846.
100. Peng, W. et Pivato, A. 2019. Sustainable management of digestate from the organic fraction of municipal solid waste and food waste under the concepts of back to earth alternatives and circular economy. *Waste and biomass valorization*. 10(2), 465-481.
101. Pépinière Ancestrale. (2020). L'aoutement : Un phénomène essentiel dans la vie de nos végétaux?! [En ligne] <https://www.pepinierancestrale.com/blog/laoutement-un-phenomene-essentiel-dans-la-vie-de-nos-vegetaux-n3> (page consulté le 25/05/2023).
102. Perron, V. et Hébert, M. 2007a. Caractérisation des boues d'épuration municipales. Partie I : Paramètres agronomiques. *Vecteur environnement*. 48-52. [En ligne] https://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/articles/caract_boues1.pdf (page consultée le 07/12/2021).
103. Perron, V. et Hébert, M. 2007b. Caractérisation des boues d'épuration municipales. Partie II : Éléments traces métalliques, *Vecteur environnement*. 42-46.
104. Portail BIOQuébec. Données du secteur biologique québécois. [En ligne]. <https://portailbioquebec.info/> (page consulté le 30/11/2022)
105. Recyc-Québec. 2015. Guide de bonnes pratiques visant à limiter les odeurs liées à la production de matières résiduelles fertilisantes, à leur stockage et à leur épandage en milieu agricole. [En ligne] https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Guide_limiter_odeurs_MRF.pdf (page consultée le 22/09/2021).
106. Recyc-Québec. 2016a. Utilisations des matières organiques résiduelles par le secteur de l'horticulture ornementale. État de situation et perspectives. 27 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/rapport-utilisations-mo-horticulture-ornementale.pdf> (page consultée le 24/11/2021).
107. Recyc-Québec. 2016b. Recyclage agricole des biosolides municipaux – Guide d'accompagnement vers une optimisation des pratiques- Partie I Planification d'un programme de recyclage. 50 pages. [En ligne] https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Guide-BIOSOLIDES-Partie_1_ACC.pdf (page consultée le 07/12/2021).

108. Recyc-Québec. 2016c. Utilisation des matières résiduelles fertilisantes en agriculture, Portrait actuel et potentiel d'utilisation. 35 pages.
109. Recyc-Québec. 2018. Matières organiques. 11 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Fiche-info-matieres-organiques.pdf> (page consultée le 19/02/2021).
110. Recyc-Québec. 2019. Plan d'action 2019-2024 – Politique québécoise de gestion des matières résiduelles. 20 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/plan-action-2019-2024-pqgmr.pdf> (page consultée le 20/01/2021).
111. Recyc-Québec. 2020a. Biosolide municipal étangs aérés- Fiche- produit générique. 2 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/fiches-MRF-biosolides-municipaux-etangs-aeres.pdf> (page consultée le 04/02/2021).
112. Recyc-Québec. 2020b. Biosolide municipal station mécanisée- Fiche- produit générique. 2 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/fiches-MRF-biosolides-municipaux-stations-mecanisees.pdf> (page consultée le 04/02/2021).
113. Recyc-Québec. 2020c. Digestat de biométhanisation- biosolides municipaux-Fiche-produit générique. 2 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/fiches-MRF-digestats-biosolides-municipaux.pdf> (page consultée le 04/02/2021).
114. Recyc-Québec. 2020d. Compost biosolides municipaux-Fiche-produit générique. 2 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/fiches-MRF-composts-biosolides-municipaux.pdf> (page consultée le 04/02/2021).
115. Recyc-Québec. 2020e. Compost résidus organiques triés à la source-Fiche produit générique. 2 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/fiches-MRF-composts-residus-organiques.pdf> (page consultée le 04/02/2021).
116. Recyc-Québec. 2020f. Digestat résidus organiques triés à la source-Fiche produit générique. 2 pages. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/fiches-MRF-digestats-residus-organiques.pdf> (page consultée le 04/02/2021).
117. Recyc-Québec. 2020g. Biosolides papetiers mixte-Fiche produit générique. 2 pages.
118. Recyc-Québec. 2020h. Résidus papetiers de désencrage-Fiche produit générique. 2 pages.
119. Recyc-Québec. 2021. Implanter un programme de récupération et de recyclage des matières organiques dans les industries, commerces et institutions (ICI). 34 pages [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/guide-implantation-mo-mun.pdf> (page consultée le 14/12/2022).
120. Recyc-Québec. 2023a. Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec. Les matières organiques. 10 pages.
121. Recyc-Québec. 2023b. La collecte municipale des matières organiques. [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/citoyens/matieres-organiques/collecte-municipale> (page consultée le 19/06/2023).
122. Recyc-Québec. 2023c. Encadrement de l'épandage des matières résiduelles fertilisantes (MRF) [En ligne] <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/matieres-organiques/epandage/encadrement> (page consultée le 19/06/2023).
123. Reibel, A. et Leclerc, B. 2018. Valorisation agricole des digestats: Quels impacts sur les cultures, le sol et l'environnement. La méthanisation en Provence-Alpes-Côte d'azur. [En ligne] https://www.geres.eu/wp-content/uploads/2019/10/ARE1805.201.ENV_VALOMOI.Etude_Digestats_VF.pdf (page consultée le 27/04/2022)
124. Règlement concernant la valorisation de matières résiduelles, chapitre Q-2, r. 49.
125. Règlement d'application de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles. P-41.1, r. 1.
126. Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement. Q-2, r.3.
127. Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement, Q-2, r. 17.1.

128. Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection, Q-2, r. 35.2.
129. Règlement sur les engrais. C.R.C. ch. 666.
130. Règlement sur les exploitations agricoles, Q-2, r. 26.
131. Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées, chapitre Q-2, r. 22, art. 13.
132. Ridyard, G. 2020. Comportement et caractérisation des boues d'un système de traitement des eaux usées par étangs aérés augmentés (Mémoire de maîtrise, Université Laval). [En ligne] 98 pages. <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/66669/1/34368.pdf> (page consultée le 14/07/2022).
133. Rynk, R., Copperband, L., Oshins, C., Wescott, H., Bonhotal, J., Schwars, M., Sherman, R. et Brown, S. 2022. Why compost? The Composting Handbook. 1-26.
134. Saison, C., Degrange, V., Oliver, R., Millard, P., Commeaux, C., Montange, D., et Le Roux, X. 2006. Alteration and resilience of the soil microbial community following compost amendment: effects of compost level and compost-borne microbial community. Environmental microbiology, 8(2), 247-257.
135. Samaras, V. G., Stasinakis, A. S., Mamais, D., Thomaidis, N. S., et Lekkas, T. D. 2013. Fate of selected pharmaceuticals and synthetic endocrine disrupting compounds during wastewater treatment and sludge anaerobic digestion. Journal of hazardous materials. 244, 259-267.
136. Société québécoise de phytotechnologie. 2014. Fiches techniques de la SQP. 1. Les marais filtrants. 12 pages [En ligne] http://www.phytotechno.com/wp-content/uploads/2018/02/SQP_Fiche_MaraisFiltrants.pdf (page consultée le 12/10/2021).
137. Solinov. 2006. Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal : Document technique de RECYC-QUÉBEC réalisé par SOLINOV. 129 pages.
138. Solinov. 2012. Étude du potentiel des matières organiques en provenance des secteurs industriel, commercial et institutionnel (ICI) à être valorisées dans les centres de traitement de l'agglomération de Montréal. [En ligne] http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ENVIRO_FR/MEDIA/DOCUMENTS/RT01-38911.PDF (page consultée le 19/12/2022).
139. Springthorpe, S. et Sattar, S. A. 2004. The Biological issues related to use of a pelletizer for the decontamination of biosolids in Toronto. (rapport préparée pour Jacques Whitford Environment Limited). 23 pages. [En ligne] https://www.researchgate.net/profile/Syed-Sattar/publication/242366201_The_Biological_Issues_Related_to_Use_of_a_Pelletizer_for_the_Decontamination_of_Biosolids_in_Toronto/links/0f31752e386a09de0d000000/The-Biological-Issues-Related-to-Use-of-a-Pelletizer-for-the-Decontamination-of-Biosolids-in-Toronto.pdf (page consultée le 07/10/2021).
140. Statistique Canada. 2021. Estimation de la production de fruits et légumes certifiés biologiques, 2020. [En ligne] [Le Quotidien — Estimations de la production de fruits et de légumes certifiés biologiques, 2020 \(statcan.gc.ca\)](https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/26-669-x/2021001/article/00001-eng.htm) (page consultée le 25/05/2023).
141. Statistique Canada. 2022. Modes d'occupation des terres, données chronologiques du recensement de l'agriculture. [En ligne] [Mode d'occupation des terres, données chronologiques du Recensement de l'agriculture \(statcan.gc.ca\)](https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/26-669-x/2022001/article/00001-eng.htm) (page consultée le 13/07/2023).
142. Stehouwer, R., Cooperband, L., Rynk, R., Biala, J., Bonhotal, J., Antler, S., Lewandowski, T et Nichols, H. 2022. Compost characteristics and quality. The Composting Handbook. 737-775.
143. Tambone, F., Scaglia, B., D'Imporzano, G., Schievano, A., Orzi, V., Salati, S., et Adani, F. 2010. Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. Chemosphere, 81(5). 577-583.
144. Uggetti, E., Ferrer, I., Llorens, E. et García, J. 2010. Sludge treatment wetlands: a review on the state of the art. Bioresource technology. 101(9), 2905-2912.

145. Union des producteurs agricoles (UPA). 2022. Congrès général des préoccupations. [En ligne] [Congrès général de préoccupations – UPA](#) (page consultée le 20/06/2023).
146. US. EPA. 2000. Biosolids Technology Fact Sheet. Alkaline Stabilization of Biosolids. 9 pages. [En ligne] <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-11/documents/alkaline-stabilization-biosolids-factsheet.pdf> (page consultée le 30/09/2021).
147. U.S. EPA. 2006. Biosolids Technology Fact Sheet. Heat Drying. 13 pages. [En ligne] <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-11/documents/heat-drying-factsheet.pdf> (page consultée le 22/09/2021).
148. Vieublé-Gonod, L., Benoit, P., Cohen, N., et Houot, S. 2009. Spatial and temporal heterogeneity of soil microorganisms and isoproturon degrading activity in a tilled soil amended with urban waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(12), 2558-2567.
149. Villeneuve, C. et Dessureault, P.-L. 2011. Biosolides municipaux : quelle est la meilleure option pour le climat?. *Vecteur Environnement*, septembre 2011. [En ligne] [Biosolides municipaux - Quelle est la meilleure option pour le climat? \(gouv.qc.ca\)](#) (page consultée le 31/05/23).
150. Water Environment Federation. 2014. Drying of Wastewater Solids. Fact Sheet. 9 pages. [En ligne] <http://www.wrrfdata.org/NBP/DryerFS/DryingWWsolids.html> (page consultée le 28/09/2021)
151. Werther, J. et Ogada, T., 1999. Sewage sludge combustion. *Prog. Energy Combust. Sci.* 25, 55–116.
152. Westerman, P. R., et Gerowitt, B. 2013. Weed seed survival during anaerobic digestion in biogas plants. *The Botanical Review*. 79, 281-316.
153. Wi ckol-Ryk, A., Krzemie , A., Zawartka, P., et G odniok, M. 2020. Risk assessment of sewage sludge granulation process using HAZOP study. *Process Safety Progress*, 39(1), e12089.



DES QUESTIONS CONCERNANT CETTE FICHE?
Consultez le [guide d'accompagnement](#) disponible sur le site Internet de RECYC-QUÉBEC.

© Photo : Éric Labonté, MAPAQ

RÉSIDU PAPETIER DE DÉSENCRAGE

FICHE - PRODUIT GÉNÉRIQUE

DESCRIPTION

Résidu solide issu du traitement des eaux d'usine de fabrication de papiers à partir de papiers recyclés. Les informations présentées dans cette fiche concernent des résidus de désencrage exempts d'eaux usées sanitaires.

Apport en matière organique

☒☒☐

Apport en fertilisants

☐☐☐

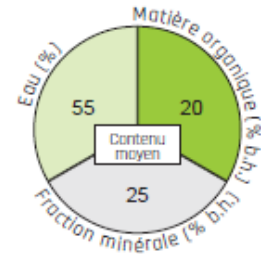
Pour une dose moyenne de : **15 t.h. / ha**

☐☐☐ = Négligeable

☒☐☐ = Peu

☒☒☐ = Moyen

☒☒☒ = Élevé



Liquide	Semi-solide (Pâteux)	Solide humide	Sec	Granulé
☐	☐	☒	☐	☐

Effet chaulant	Équivalent de chaux	PN Pouvoir neutralisant	IVA Indice de valeur agricole
☒	t.h. MRF = 1 t. chaux 2 - 5	% équivalent CaCO ₃ b.s. 35 - 75	% b.h. 15 - 35

VALEUR FERTILISANTE PAR TONNE HUMIDE (t.h.)

Paramètre	M.S.	N _{tot}	N-NH ₄	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Unité	%	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Contenu moyen total (b.h.)	40-55	0,5 - 2,5	Négl - 0,7	0,5 - 1,0	Négl - 1,5	Négl - 0,2
Disponibilité potentielle 1 ^{ère} année		⊙	⊙		⊙	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

DOSE

5 – 25

Taux d'épandage (t.h./ha)

MVAH

650 – 750

Masses volumiques apparente (kg/m³)

ENTREPOSAGE ET ÉPANDAGE AGRICOLE

Modes d'entreposage	Types d'épandeurs	Disponibilité	Intensité de l'odeur
Amas au champ possible	Fumier solide conventionnel	☒ À l'année	☒ ☐ ☐ ou ☒ ☒ ☐
Structure étanche possible	Fumier solide à batteurs verticaux (de précision)	☐ Printemps ☐ Été ☐ Automne	1 crochet : < 2 crochets : = 3 crochets : > Fumier Lisier

CONDITIONS PARTICULIÈRES D'UTILISATION DES MRF EN AGRICULTURE (Liste non exhaustive)

Dose d'application pouvant être limitée à 13,2 t. (b.s.) / ha / 3 ans selon la teneur en contaminants chimiques.
Délai possible de récolte de ≥ 14 ou ≥ 36 mois après épandage sur cultures d'alimentation humaine selon le niveau de pathogènes.
Délai possible de récolte de > 30 jours sur cultures d'alimentation animale selon le niveau de pathogènes.
Délai possible de ≥ 12 mois avant le pâturage selon le niveau de pathogènes.
Distance possible d'épandage de ≥ 50 m du voisinage selon le niveau de pathogènes.
Distance possible de ≥ 75 m du voisinage pour le stockage temporaire et l'épandage sans incorporation selon le niveau d'odeurs.
Interdiction possible d'épandage sur pâturages, prairies et cultures de légumes racines selon le contenu en corps étrangers.
Si eaux sanitaires déversées dans le système de traitement des eaux industrielles, des restrictions supplémentaires d'usage de la MRF s'appliquent.

ENCADREMENT DU RECYCLAGE

NORMES ET PROGRAMMES VOLONTAIRES

Déclaration de conformité (DC)

MRF certifiée conforme par le BNO

Autorisation ministérielle (MRF) (M)

MRF exemptée de l'exigence d'enregistrement par l'ACIA

Plan agroenvironnemental de recyclage (PAER)



PAER non requis si aucune démarche administrative auprès du MELCC n'est nécessaire (autorisation ministérielle, DC, autres processus).

Pour les exploitations agricoles détentrices d'une certification ou exigences particulières (ex. : agriculture biologique, CanadaGAP), il est important de vérifier la conformité de la MRF avec les exigences des programmes en vigueur. À titre d'exemple, l'usage de biosolides issus du traitement des eaux usées sanitaires n'est pas permis en agriculture biologique.

COMPOSITION

Paramètres	mg/kg
Contenu moyen total	Base sèche
Azote total (N)	1 000 - 5 500
Phosphore (P)	100 - 1 500
Potassium (K)	Négl. - 500
Calcium (Ca)	95 000 - 235 000
Magnésium (Mg)	Négl.
Soufre (S)	®
Cuivre (Cu)	12 - 350
Zinc (Zn)	18 - 1 300
Bore (B)	2,5 - 25
Aluminium (Al)	1 000 - 7 000
Fer (Fe)	600 - 3 500
Sodium (Na)	130 - 1 200

® = Information non disponible, non connue ou limitée.

pH
7,5 - 9

C/N
50 - 250

Immobilisation d'azote



C org. total (% b.s.)

20 - 25

Au-delà du strict contenu en C org. total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MO permet de prédire les formes de C en jeu et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus.

INFORMATIONS UTILES

Apport en matière organique intéressant à souligner.
Apport en calcium intéressant à souligner.
Rapport C/N élevé; complément d'azote pouvant être requis.
Produit permettant de substituer la chaux.
Usage généralement non permis en agriculture biologique.
Usage généralement permis, sous certaines conditions, par le programme de salubrité à la ferme CanadaGAP.

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

RECVC-QUÉBEC

Québec



Avec la collaboration du ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et
de l'Alimentation du Québec

DATE : 2020-09-01



DES QUESTIONS CONCERNANT CETTE FICHE?
Consultez le [guide d'accompagnement](#) disponible sur le site Internet de RECYC-QUÉBEC.

© Photo : Éric Labonté, MAPAQ

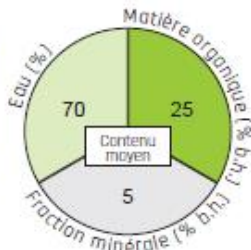
BIOSOLIDE PAPETIER MIXTE

FICHE - PRODUIT GÉNÉRIQUE

DESCRIPTION

Mélange solide de résidus provenant du procédé de traitement primaire et secondaire des eaux usées de fabriques de pâtes et papiers (papetières). Les informations présentées dans cette fiche concernent des biosolides papetiers mixtes exempts d'eaux usées sanitaires.

Apport en matière organique	Apport en fertilisants
☒ ☒ ☒	☒ ☒ ☐
Pour une dose moyenne de : 30 t.h. / ha	
☐ ☐ ☐ = Négligeable	☒ ☐ ☐ = Peu
☒ ☒ ☐ = Moyen	☒ ☒ ☒ = Élevé



Liquide	Semi-solide (pâteux)	Solide humide	Sec	Granulé
☐	☐	☒	☐	☐

Effet chaulant	Équivalent de chaux	PN Pouvoir neutralisant	IVA Indice de valeur agricole
☐	t.h. MRF = 1t. chaux	% équivalent CaCO_3 b.s.	% b.h.
		N/A	

VALEUR FERTILISANTE PAR TONNE HUMIDE (t.h.)

Paramètre	M.S.	N _{tot}	N-NH ₄	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Unité	%	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Contenu moyen total (b.h.)	25 - 40	2,5 - 7,5	Négl - 0,3	2,0 - 7,0	1,0 - 3,5	0,2 - 1,0
Disponibilité potentielle 1 ^{ère} année	☐	⊙	⊙	☐	⊙	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

DOSE
15 - 40
Taux d'épandage (t.h./ha)

MVAH
400 - 800
Masse volumique apparente humide (kg/m³)

ENTREPOSAGE ET ÉPANDAGE AGRICOLE

Modes d'entreposage	Types d'épandeurs	Disponibilité	Intensité de l'odeur
Amas au champ possible	Fumier solide conventionnel	☒ À l'année	☒ ☒ ou ☒ ☒
Structure étanche possible	Fumier solide à batteurs verticaux (de précision)	☐ Printemps	
		☐ Été	
		☐ Automne	

	Fumier	Lisier
1 crochets :	<	
2 crochets :	=	
3 crochets :	=	=

CONDITIONS PARTICULIÈRES D'UTILISATION DES MRF EN AGRICULTURE (Liste non exhaustive)

Dose d'application pouvant être limitée à 13,2 t. (b.s.) / ha / 3 ans selon la teneur en contaminants chimiques.
Délai possible de récolte de ≥ 14 ou ≥ 36 mois après épandage sur cultures d'alimentation humaine selon le niveau de pathogènes.
Délai possible de récolte de > 30 jours sur cultures d'alimentation animale selon le niveau de pathogènes.
Délai possible de ≥ 12 mois avant le pâturage selon le niveau de pathogènes.
Distance possible d'épandage de ≥ 50 m du voisinage selon le niveau de pathogènes.
Distances possibles de ≥ 75 m ou ≥ 500 m du voisinage pour le stockage temporaire et l'épandage sans incorporation selon le niveau d'odeurs.
Interdiction possible d'épandage sur pâturages, prairies et cultures de légumes racines selon le contenu en corps étrangers.
Si eaux sanitaires déversées dans le système de traitement des eaux industrielles, des restrictions supplémentaires d'usage de la MRF s'appliquent.

ENCADREMENT DU RECYCLAGE

NORMES ET PROGRAMMES VOLONTAIRES

Déclaration de conformité (DC)

MRF certifiée conforme par le BNO

Avec attestation d'origine (MRF)

MRF certifiée conforme par l'ACIA

Plan agroenvironnemental de recyclage (PAER)



Pour les exploitations agricoles détentrices d'une certification ou exigences particulières (ex. : agriculture biologique, CanadaGAP), il est important de vérifier la conformité de la MRF avec les exigences des programmes en vigueur. À titre d'exemple, l'usage de biosolides issus du traitement des eaux usées sanitaires n'est pas permis en agriculture biologique.

COMPOSITION

Paramètres Contenu moyen total	mg/kg Base sèche
Azote total (N)	10 000 - 30 000
Phosphore (P)	1 500 - 6 000
Potassium (K)	600 - 3 500
Calcium (Ca)	4 500 - 190 000
Magnésium (Mg)	700 - 6 000
Soufre (S)	Ⓢ
Cuivre (Cu)	10 - 50
Zinc (Zn)	50 - 370
Bore (B)	10 - 45
Aluminium (Al)	1 000 - 56 000
Fer (Fe)	750 - 15 000
Sodium (Na)	300 - 2 000

Ⓢ – Information non disponible, non connue ou limitée.

pH
6,0 - 8,0

C/N

20 - 35

Immobilisation d'azote



C org. total (% b.s.)

35 - 45

Au-delà du strict contenu en C org. total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MO permet de prédire les formes de C en jeu et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus.

INFORMATIONS UTILES

Produit au profil d'amendement organique et de fertilisant.

Apports en matière organique, en azote et en calcium intéressants à souligner.

Usage généralement non permis en agriculture biologique.

Usage généralement permis, sous certaines conditions, par le programme de salubrité à la ferme CanadaGAP.

irda
INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

RECYC-QUÉBEC
Québec

Avec la collaboration du ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et
de l'Alimentation du Québec

DATE : 2020-09-01

DES QUESTIONS CONCERNANT CETTE FICHE?
Consultez le [guide d'accompagnement](#) disponible sur le site Internet de RECYC-QUÉBEC.

© Photo : Éric Labonté, MAPAQ

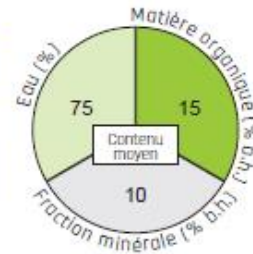
DIGESTAT DE BIOMÉTHANISATION BIOSOLIDES MUNICIPAUX

FICHE - PRODUIT GÉNÉRIQUE

DESCRIPTION

Produit déshydraté solide issu de la biométhanisation de biosolides d'origine municipale.

Apport en matière organique	Apport en fertilisants
☒ ☐ ☐	☒ ☒ ☐
Pour une dose moyenne de : 12 t.h. / ha	
☐ ☐ ☐ = Négligeable	☒ ☐ ☐ = Peu
☒ ☒ ☐ = Moyen	☒ ☒ ☒ = Élevé



Liquide	Semi-solide (P&MS)	Solide humide	Sec	Granulé
☐	☐	☒	☐	☐

Effet chaulant	Équivalent de chaux	PN Pouvoir neutralisant	IVA Indice de valeur agricole
☐	t.h. MRF = 1 t. chaux	% équivalent CaCO_3 b.s.	% b.h.
		N/A	

VALEUR FERTILISANTE PAR TONNE HUMIDE (t.h.)

Paramètre	M.S.	N _{tot}	N-NH ₄	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Unité	%	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Contenu moyen total (b.h.)	20 - 35	8 - 13	0,5 - 3,0	7,0 - 11,0	9 - 15	0,3 - 1,0
Disponibilité potentielle 1 ^{ère} année	☐	⊙	⊙	☐	⊙	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

DOSE
5 - 20
Taux d'épandage (t.h./ha)

MVAH
700 - 800
MVAH volumique apparente humide (kg b.h./ha)

ENTREPOSAGE ET ÉPANDAGE AGRICOLE

Modes d'entreposage	Types d'épandeurs	Disponibilité	Intensité de l'odeur												
Amas au champ possible	Fumier solide conventionnel	☒ À l'année	☒ ☒ ☐												
Structure étanche possible	Fumier solide à batteurs verticaux (de précision)	☐ Printemps ☐ Été ☐ Automne	<table><tr><th></th><th>Fumier</th><th>Lisier</th></tr><tr><td>1 crochet :</td><td>< </td><td></td></tr><tr><td>2 crochets :</td><td>= </td><td></td></tr><tr><td>3 crochets :</td><td>= </td><td>= </td></tr></table>		Fumier	Lisier	1 crochet :	< 		2 crochets :	= 		3 crochets :	= 	= 
	Fumier	Lisier													
1 crochet :	< 														
2 crochets :	= 														
3 crochets :	= 	= 													

CONDITIONS PARTICULIÈRES D'UTILISATION DES MRF EN AGRICULTURE (Liste non exhaustive)

- Dose d'application pouvant être limitée à 13,2 t. (b.s.) / ha / 3 ans selon la teneur en contaminants chimiques.
- Épandage à ≥ 100 m d'un puits d'eau potable individuel ou alimentant ≤ 20 personnes en raison de la présence de matières fécales humaines.
- Délai d'incorporation au sol possible en moins de 6 heures selon le niveau de pathogènes.
- Délai possible de récolte de ≥ 14 ou ≥ 36 mois après épandage sur cultures d'alimentation humaine et de > 30 jours sur cultures d'alimentation animale selon le niveau de pathogènes.
- Délai possible de ≥ 12 mois avant le pâturage selon le niveau de pathogènes.
- Distances possibles d'épandage de ≥ 50 m du voisinage selon le niveau de pathogènes et de ≥ 75 m du voisinage pour le stockage temporaire et l'épandage sans incorporation selon le niveau d'odeurs.
- Interdiction possible d'épandage sur pâturages, prairies et cultures de légumes racines selon le contenu en corps étrangers.
- Usage non permis en agriculture biologique et par le programme de salubrité à la ferme CanadaGAP.

ENCADREMENT DU RECYCLAGE

NORMES ET PROGRAMMES VOLONTAIRES

Déclaration de conformité (DC)

MRF certifiée conforme par le BNQ

Autorisation municipale (AM)

MRF exemptée ou exemptée d'enregistrement par l'ACIA

Plan agroenvironnemental de recyclage (PAER)



Pour les exploitations agricoles détentrices d'une certification ou exigences particulières (ex. : agriculture biologique, CanadaGAP), il est important de vérifier la conformité de la MRF avec les exigences des programmes en vigueur. À titre d'exemple, l'usage de biosolides issus du traitement des eaux usées sanitaires n'est pas permis en agriculture biologique.

COMPOSITION

Paramètres Contenu moyen total	mg/kg Base sèche
Azote total (N)	30 000 - 60 000
Phosphore (P)	15 000 - 30 000
Potassium (K)	1 000 - 4 000
Calcium (Ca)	13 000 - 25 000
Magnésium (Mg)	2 000 - 3 500
Soufre (S)	⊙
Cuivre (Cu)	⊙
Zinc (Zn)	⊙
Bore (B)	⊙
Aluminium (Al)	⊙
Fer (Fe)	⊙
Sodium (Na)	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

pH
7,0 - 8,5

C/N
3 - 9

Immobilisation d'azote



C org. total (% b.s.)

20 - 30

Au-delà du strict contenu en C org. total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MO permet de prédire les formes de C en jeu et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus.

INFORMATIONS UTILES

Épandage interdit sur cultures d'alimentation humaine ou pâturages en raison de la présence de matières fécales humaines, sauf si biosolide certifié BNQ.

Apports en azote et en phosphore intéressants à souligner.

Mesures de recouvrement des amas pouvant être requises pour l'entreposage hivernal.

Les digestats de biosolides municipaux déshydratés par centrifugation à haute vitesse sont considérés comme émettant des odeurs supérieures au lisier de porcs.

irda
INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

RECYC-QUÉBEC
Québec

Avec la collaboration du ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et
de l'Alimentation du Québec

DATE : 2020-09-01

DES QUESTIONS CONCERNANT CETTE FICHE?
Consultez le [guide d'accompagnement](#) disponible sur le site Internet de RECVC-QUÉBEC.

© Photo : Éric Lobonté, MAPAQ

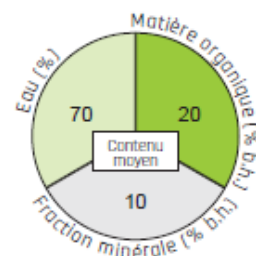
DIGESTAT DE BIOMÉTHANISATION RÉSIDUS ORGANIQUES TRIÉS À LA SOURCE

FICHE - PRODUIT GÉNÉRIQUE

DESCRIPTION

Produit déshydraté solide issu de la biométhanisation de résidus organiques essentiellement composés de résidus de table et provenant d'une collecte dédiée (bacs bruns) et de résidus agroalimentaires d'origine industrielle, commerciale et institutionnelle (ICI). Les informations présentées dans cette fiche concernent des digestats exempts de matières fécales.

Apport en matière organique	Apport en fertilisants
☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐
Pour une dose moyenne de : 10 t.h. / ha	
☐ ☐ ☐ = Négligeable	☒ ☐ ☐ = Peu
☒ ☒ ☐ = Moyen	☒ ☒ ☒ = Élevé



Liquide	Semi-solide (Pâteux)	Solide humide	Sec	Granulé
☐	☐	☒	☐	☐

Effet chaulant	Équivalent de chaux	PN Pouvoir neutralisant	IVA Indice de valeur agricole
☐	t.h. MRF = 1 t. chaux	% équivalent CaCO_3 b.s.	% b.h.
		N/A	

VALEUR FERTILISANTE PAR TONNE HUMIDE (t.h.)

Paramètre	M.S.	N _{tot}	N-NH ₄	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Unité	%	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Contenu moyen total (b.h.)	25 - 35	5 - 12	0,5 - 1,5	3 - 10	4 - 8	0,5 - 4
Disponibilité potentielle 1 ^{ère} année		⊙	⊙		⊙	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

DOSE

5 – 15

Taux d'épandage (t.h./ha)

MVAH

700 – 800

taux volumique apparente humide (kg/ha)

ENTREPOSAGE ET ÉPANDAGE AGRICOLE

Modes d'entreposage	Types d'épandeurs	Disponibilité	Intensité de l'odeur												
Amas au champ possible	Fumier solide conventionnel	☒ À l'année	☒ ☒ ☐												
Structure étanche possible	Fumier solide à batteurs verticaux (de précision)	☐ Printemps ☐ Été ☐ Automne	<table><tr><th></th><th>Fumier</th><th>Lisier</th></tr><tr><td>1 crochet :</td><td>< </td><td></td></tr><tr><td>2 crochets :</td><td>= </td><td></td></tr><tr><td>3 crochets :</td><td>= </td><td>= </td></tr></table>		Fumier	Lisier	1 crochet :	< 		2 crochets :	= 		3 crochets :	= 	= 
	Fumier	Lisier													
1 crochet :	< 														
2 crochets :	= 														
3 crochets :	= 	= 													

CONDITIONS PARTICULIÈRES D'UTILISATION DES MRF EN AGRICULTURE (Liste non exhaustive)

Dose d'application pouvant être limitée à 13,2 t. (b.s.) / ha / 3 ans selon la teneur en contaminants chimiques.
Délai possible de récolte de ≥ 14 ou ≥ 36 mois après épandage sur cultures d'alimentation humaine selon le niveau de pathogènes.
Délai possible de récolte de > 30 jours sur cultures d'alimentation animale selon le niveau de pathogènes.
Délai possible de ≥ 12 mois avant le pâturage selon le niveau de pathogènes.
Distance possible d'épandage de ≥ 50 m du voisinage selon le niveau de pathogènes.
Délai d'incorporation au sol possible en moins de 6 heures selon le niveau de pathogènes.
Distance possible de ≥ 75 m du voisinage pour le stockage temporaire et l'épandage sans incorporation selon le niveau d'odeurs.
Interdiction possible d'épandage sur pâturages, prairies et cultures de légumes racines selon le contenu en corps étrangers.

ENCADREMENT DU RECYCLAGE

NORMES ET PROGRAMMES VOLONTAIRES

Déclaration de conformité (DC)

MRF certifiée conforme par le BNO

Avec attestation d'origine (MRF)

MRF certifiée conforme par l'ACIA

Plan agroenvironnemental de recyclage (PAER)



Pour les exploitations agricoles détentrices d'une certification ou exigences particulières (ex. : agriculture biologique, CanadaGAP), il est important de vérifier la conformité de la MRF avec les exigences des programmes en vigueur. À titre d'exemple, l'usage de biosolides issus du traitement des eaux usées sanitaires n'est pas permis en agriculture biologique.

COMPOSITION

Paramètres Contenu moyen total	mg/kg Base sèche
Azote total (N)	20 000 - 40 000
Phosphore (P)	6 000 - 12 000
Potassium (K)	2 000 - 10 000
Calcium (Ca)	25 000 - 40 000
Magnésium (Mg)	2 000 - 12 000
Soufre (S)	⊙
Cuivre (Cu)	⊙
Zinc (Zn)	⊙
Bore (B)	⊙
Aluminium (Al)	⊙
Fer (Fe)	⊙
Sodium (Na)	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

pH
7,5 - 8,5

C/N
7 - 20

Immobilisation d'azote



C org. total (% b.s.)

25 - 45

Au-delà du strict contenu en C org. total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MO permet de prédire les formes de C en jeu et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus.

INFORMATIONS UTILES

Mesures de recouvrement des amas pouvant être requises pour l'entreposage hivernal.

Usage généralement non permis en agriculture biologique et généralement permis, sous certaines conditions, par le programme de salubrité à la ferme CanadaGAP.

irda
INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

RECYC-QUÉBEC
Québec

Avec la collaboration du ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et
de l'Alimentation du Québec

DATE : 2020-09-01

DES QUESTIONS CONCERNANT CETTE FICHE?
Consultez le [guide d'accompagnement](#) disponible sur le site Internet de RECYC-QUÉBEC.

© Photo : Éric Labonté, MAPAQ

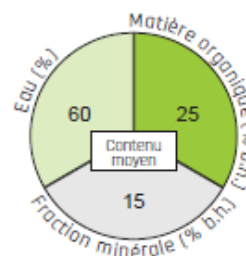
COMPOST BIOSOLIDES MUNICIPAUX

FICHE - PRODUIT GÉNÉRIQUE

DESCRIPTION

Produit solide mature issu du compostage de biosolides d'origine municipale. Amendement pour les sols composé de biosolides de stations d'épuration et/ou d'étangs aérés et d'agents structurants (copeaux de bois, autres). Un produit adéquatement composté est stabilisé, hygiénisé et peu odorant.

Apport en matière organique	Apport en fertilisants
☒ ☒ ☒	☒ ☐ ☐
Pour une dose moyenne de : 15 t.h. / ha	
☐ ☐ ☐ = Négligeable	☒ ☐ ☐ = Peu
☒ ☒ ☐ = Moyen	☒ ☒ ☒ = Élevé



Liquide	Semi-solide (Pâteux)	Solide humide	Sec	Granulé
☐	☐	☒	☐	☐

Effet chaulant	Équivalent de chaux	PN Pouvoir neutralisant	IVA Indice de valeur agricole
☐	t.h. MRF = 1 t. chaux	% équivalent CaCO_3 b.s.	% b.h.
		N/A	

VALEUR FERTILISANTE PAR TONNE HUMIDE (t.h.)

Paramètre	M.S.	N _{tot}	N-NH ₄	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Unité	%	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Contenu moyen total (b.h.)	35 - 50	3 - 8	0,1 - 2,5	2,5 - 5,5	4 - 10	1 - 2
Disponibilité potentielle 1 ^{re} année		⊙	⊙		⊙	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

DOSE
10 – 25
Taux d'épandage (t.h./ha)

MVAH
600 – 750
Masse volumique apparente humide (kg/t.h.)

ENTREPOSAGE ET ÉPANDAGE AGRICOLE

Modes d'entreposage	Types d'épandeurs	Disponibilité	Intensité de l'odeur												
Amas au champ possible	Fumier solide conventionnel	☒ À l'année	☒ ☐ ☐												
Structure étanche possible	Fumier solide à batteurs verticaux (de précision)	☐ Printemps ☐ Été ☐ Automne	<table><tr><th></th><th>Fumier</th><th>Lisier</th></tr><tr><td>1 crochet :</td><td>< </td><td></td></tr><tr><td>2 crochets :</td><td>= </td><td></td></tr><tr><td>3 crochets :</td><td>= </td><td>= </td></tr></table>		Fumier	Lisier	1 crochet :	< 		2 crochets :	= 		3 crochets :	= 	= 
	Fumier	Lisier													
1 crochet :	< 														
2 crochets :	= 														
3 crochets :	= 	= 													

CONDITIONS PARTICULIÈRES D'UTILISATION DES MRF EN AGRICULTURE (Liste non exhaustive)

- Dose d'application pouvant être limitée à 13,2 t. (b.s.) / ha / 3 ans selon la teneur en contaminants chimiques.
- Épandage à ≥ 100 m d'un puits d'eau potable individuel ou alimentant ≤ 20 personnes en raison de la présence de matières fécales humaines.
- Interdiction possible d'épandage sur pâturages, prairies et cultures de légumes racines selon le contenu en corps étrangers.
- Usage non permis en agriculture biologique et par le programme de salubrité à la ferme CanadaGAP.
- Si le compostage n'est pas achevé (matière non mûre), des restrictions supplémentaires d'usage de la MRF s'appliquent.

ENCADREMENT DU RECYCLAGE

NORMES ET PROGRAMMES VOLONTAIRES

Déclaration de conformité (DC)

MRF certifiée conforme par le BNQ

Autorisation d'importation (AUI)

MRF exemptée des exigences d'enregistrement par l'ACIA

Plan agroenvironnemental de recyclage (PAER)



Pour les exploitations agricoles détentrices d'une certification ou exigences particulières (ex. : agriculture biologique, CanadaGAP), il est important de vérifier la conformité de la MRF avec les exigences des programmes en vigueur. À titre d'exemple, l'usage de biosolides issus du traitement des eaux usées sanitaires n'est pas permis en agriculture biologique.

COMPOSITION

Paramètres Contenu moyen total	mg/kg Base sèche
Azote total (N)	4 500 - 16 000
Phosphore (P)	3 000 - 11 000
Potassium (K)	2 000 - 4 000
Calcium (Ca)	7 500 - 34 000
Magnésium (Mg)	2 000 - 6 000
Soufre (S)	⊙
Cuivre (Cu)	⊙
Zinc (Zn)	⊙
Bore (B)	⊙
Aluminium (Al)	⊙
Fer (Fe)	⊙
Sodium (Na)	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

pH
6,5 - 8,5

C/N
20 - 35

Immobilisation d'azote



C org. total (% b.s.)

25 - 35

Au-delà du strict contenu en C org. total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MD permet de prédire les formes de C en jeu et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus.

INFORMATIONS UTILES

Épandage interdit sur cultures d'alimentation humaine ou pâturages en raison de la présence de matières fécales humaines, sauf si compost certifié BNQ

Produit au profil d'amendement organique dominant.

Apport de matière organique stabilisée intéressant à souligner.

Azote principalement sous forme organique.

Adéquatement réalisé, le compostage permet d'obtenir un compost hygiénisé, exempt de graines de mauvaises herbes et sans odeur désagréable.

irda
INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

RECYC-QUÉBEC
Québec

Avec la collaboration du ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et
de l'Alimentation du Québec

DATE : 2020-09-01

DES QUESTIONS CONCERNANT CETTE FICHE?
Consultez le [guide d'accompagnement](#) disponible sur le site Internet de RECYC-QUÉBEC.

© Photo : Éric Labonté, MAPAQ

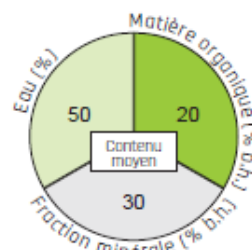
COMPOST RÉSIDUS ORGANIQUES TRIÉS À LA SOURCE

FICHE - PRODUIT GÉNÉRIQUE

DESCRIPTION

Produit solide mature issu du compostage de résidus organiques triés à la source et composé principalement de résidus de table et autres résidus organiques provenant d'une collecte dédiée (bacs bruns). Des agents structurants (copeaux de bois, autres) sont habituellement utilisés pour le compostage. Le produit adéquatement composté est stabilisé, hygiénisé et peu odorant. Il est exempt de matières fécales. Les informations présentées dans cette fiche concernent des composts exempts de matières fécales.

Apport en matière organique	Apport en fertilisants
☒ ☒ ☐	☒ ☒ ☐
Pour une dose moyenne de : 15 t.h. / ha	
☐ ☐ ☐ = Négligeable	☒ ☐ ☐ = Peu
☒ ☒ ☐ = Moyen	☒ ☒ ☒ = Élevé



Liquide	Semi-solide (Pâteux)	Solide humide	Sec	Granulé
☐	☐	☒	☐	☐

Effet chaulant	Équivalent de chaux	PN Pouvoir neutralisant	IVA Indice de valeur agricole
☐	t.h. MRF = 1t. chaux	% équivalent CaCO_3 b.s.	% b.h.
		N/A	

VALEUR FERTILISANTE PAR TONNE HUMIDE (t.h.)

Paramètre	M.S.	N _{tot}	N-NH ₄	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Unité	%	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Contenu moyen total (b.h.)	40 - 60	3 - 12	⊙	⊙	3 - 14	3 - 10
Disponibilité potentielle 1 ^{re} année		⊙	⊙		⊙	⊙

⊙ = Information non disponible, non connue ou limitée.

DOSE
10 - 25
Taux d'épandage (t.h./ha)

MVAH
650 - 800
Masse volumique apparente humide (kg/m³)

ENTREPOSAGE ET ÉPANDAGE AGRICOLE

Modes d'entreposage	Types d'épandeurs	Disponibilité	Intensité de l'odeur												
Amas au champ possible	Fumier solide conventionnel	☒ À l'année	☒ ☐ ☐												
Structure étanche possible	Fumier solide à batteurs verticaux (de précision)	☐ Printemps ☐ Été ☐ Automne	<table><tr><th></th><th>Fumier</th><th>Lisier</th></tr><tr><td>1 crochet :</td><td>< </td><td></td></tr><tr><td>2 crochets :</td><td>= </td><td></td></tr><tr><td>3 crochets :</td><td>= </td><td>= </td></tr></table>		Fumier	Lisier	1 crochet :	< 		2 crochets :	= 		3 crochets :	= 	= 
	Fumier	Lisier													
1 crochet :	< 														
2 crochets :	= 														
3 crochets :	= 	= 													

CONDITIONS PARTICULIÈRES D'UTILISATION DES MRF EN AGRICULTURE (Liste non exhaustive)

Dose d'application pouvant être limitée à 13,2 t. (b.s.) / ha / 3 ans selon la teneur en contaminants chimiques.

Interdiction possible d'épandage sur pâturages, prairies et cultures de légumes racines selon le contenu en corps étrangers.

Si le compostage n'est pas achevé (matière non mûre), des restrictions supplémentaires d'usage de la MRF s'appliquent.

ENCADREMENT DU RECYCLAGE

NORMES ET PROGRAMMES VOLONTAIRES

Déclaration de conformité (DC)

MRF certifiée conforme par le RNO

Autre outil d'autoévaluation (MRF, etc.)

MRF exemptée d'enregistrement par l'ACIA

Plan agroenvironnemental de recyclage (PAER)



PAER non requis si aucune démarche administrative auprès du MELCC n'est nécessaire (autorisation ministérielle, DC, autres processus).

Pour les exploitations agricoles détentrices d'une certification ou exigences particulières (ex. : agriculture biologique, CanadaGAP), il est important de vérifier la conformité de la MRF avec les exigences des programmes en vigueur. À titre d'exemple, l'usage de biosolides issus du traitement des eaux usées sanitaires n'est pas permis en agriculture biologique.

COMPOSITION

Paramètres Contenu moyen total	mg/kg Base sèche
Azote total (N)	7 000 - 15 000
Phosphore (P)	2 000 - 12 000
Potassium (K)	4 500 - 17 000
Calcium (Ca)	14 000 - 50 000
Magnésium (Mg)	2 500 - 12 000
Soufre (S)	Ⓢ
Cuivre (Cu)	30 - 150
Zinc (Zn)	75 - 850
Bore (B)	Ⓢ
Aluminium (Al)	Ⓢ
Fer (Fe)	Ⓢ
Sodium (Na)	Ⓢ

Ⓢ - Information non disponible, non connue ou limitée.

pH
6,0 - 8,0

C/N

10 - 30

Immobilisation d'azote



C org. total (% b.s.)

12 - 30

Au-delà du strict contenu en C org. total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MO permet de prédire les formes de C en jeu et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus.

INFORMATIONS UTILES

Apport en potassium et en magnésium intéressants à souligner.

Apport en matière organique stabilisée intéressant à souligner.

Azote principalement sous forme organique.

Adéquatement réalisé, le compostage permet d'obtenir un compost hygiénisé, exempt de graines de mauvaises herbes et sans odeur désagréable.

Usage généralement non permis en agriculture biologique et généralement permis, sous certaines conditions, par le programme de salubrité à la ferme CanadaGAP.

irda
INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

RECYC-QUÉBEC
Québec

Avec la collaboration du ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et
de l'Alimentation du Québec

DATE : 2020-09-01

ANNEXE 2

Voici le questionnaire Survey Monkey qui a été soumis à plusieurs producteurs agricoles



Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale Définition

Les **MRF (matière résiduelle fertilisante)** sont des résidus industriels ou municipaux comme les boues provenant du traitement des eaux usées (aussi appelées biosolides municipaux), les biosolides de papeteries, les résidus de troisième voie (bacs bruns) et le résidus verts (feuilles mortes, gazon, etc.), les poussières des cimenteries et les cendres de bois. Ces résidus ont des propriétés fertilisantes bénéfiques pour les sols et les cultures.

Leur utilisation en agriculture est appelée à augmenter avec le temps. À l'IRDA, nous sollicitons votre collaboration pour bien comprendre l'intérêt des MRF. Nous espérons bâtir notre programmation de recherche en lien avec vos réponses.

Vos réponses vont demeurer confidentielles et elle ne serviront qu'à des fins de recherche et développement

Merci beaucoup de votre temps.



Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale Portrait de l'entreprise

1. Dans quelle région administrative se trouve votre entreprise?

2. Cochez les types de production que l'on retrouve sur votre entreprise

- | | |
|--|--|
| ☐ Production laitière | ☐ Cultures maraichères (frais ou transformation) |
| ☐ Production porcine | ☐ Petits fruits (fraises-framboises-bleuets) |
| ☐ Production de volaille | ☐ Canneberges |
| ☐ Production ovine | ☐ Production de pomme de terre |
| ☐ Production bovine | ☐ Pépinière ornementale (incluant les jardinerie) |
| ☐ Grandes cultures | ☐ Production de gazon |
| ☐ Plantes fourragères | ☐ Production d'arbres de Noël |
| ☐ Acériculture | |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

3. Est-ce que votre entreprise est associée à une certification (Bio, Canada Gap, etc.) ou à un programme d'appellation d'origine contrôlée (Agneau de Charlevoix, Maïs de Neuville, etc.)

- ☐ Oui
- ☐ Non

si oui, la ou lequel

Après la question 3, si vous n'avez pas de production animale, passez à la question 11.



Étude sur l'intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Sur les productions animales

4. À combien de têtes s'élève votre cheptel, en incluant les animaux de remplacement?

5. Sous quelle forme se fait la gestion des effluents d'élevage sur votre entreprise ?

- ☐ Solide
- ☐ Liquide
- ☐ Les deux

6. Comment considérez-vous votre capacité d'entreposage des déjections animales ?

Insuffisante	Adaptée	Supérieure à nos besoins
☐	☐	☐

7. Qu'est-ce que vous utilisez actuellement comme litière sur votre entreprise

- | | |
|---|---|
| ☐ Paille produite sur la ferme | ☐ Feuilles mortes |
| ☐ Paille achetée | ☐ Fumier recyclé |
| ☐ Résidus de bois (fibres, sciures, copeaux, etc.) | ☐ Aucun des éléments ci-dessus |
| ☐ Tourbe de sphaigne | |

Autre (veuillez préciser)

8. Est-ce que vous avez assez de terres en propriété pour disposer de vos déjections animales?

- ☐ Oui, J'ai même de la place pour recevoir les déjections d'un autres producteur
- ☐ Oui, mais de justesse, mon bilan de phosphore est assez serré
- ☐ Non, j'ai besoin d'entente d'épandage pour exporter une partie de mes effluents
- ☐ Non, Je suis un producteur dit «sans terre» je dois donc exporter 100% de mes effluents
Passez directement à la question 44 si vous avez choisi la 4ième réponse



Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Concernant l'épandage des effluents

9. Concernant les épandages des déjections animales sur votre ferme

- ☐ Vous les faites vous-même avec vos propres équipements
- ☐ Vous les faites vous-même avec des équipements loués ou en copropriété
- ☐ Vous les faites faire par un forfaitaire

10. Quel type d'équipements sont utilisés chez vous pour faire l'épandage des déjections animales

- | | |
|---|--|
| ☐ Citerne avec aéro-aspersions basse | ☐ Épandeur avec tambours verticaux |
| ☐ Citerne avec rampe | ☐ Épandeur à projection centrifuge latérale |
| ☐ Système d'irrigation avec rampe | ☐ Épandeur à projection centrifuge arrière |
| ☐ Épandeur avec tambours horizontaux | ☐ Technologie de guidage GPS |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |



Étude sur l'intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Concernant les terres agricoles sur l'exploitation

11. Quel sont vos superficies totales en culture (incluant les terres en location)

- | | |
|--|--|
| ☐ Moins de 10 hectares (25 acres) | ☐ 101 à 250 hectares (251 à 619 acres) |
| ☐ De 11 à 50 hectares (25 à 125 acres) | ☐ 251 ha 750 hectares (620 acres à 1850 acres) |
| ☐ 51 à 100 hectares (126 à 250 acres) | ☐ Plus de 750 hectares (plus de 1850 acres) |

12. Parmi les suivantes, cocher les cultures que l'on retrouve sur votre entreprise

- | | |
|---|---|
| ☐ Maïs grains | ☐ Semis luzerne pure |
| ☐ Maïs ensilage | ☐ Mélanges fourragers (luzerne-mil, trèfle-mil, luzerne-fétuque, etc.) |
| ☐ Soya | ☐ Canola |
| ☐ Céréales à pailles (Blé, orge, avoine, etc.) | |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

13. Quelle est la rotation de cultures typique sur l'entreprise?

- | | |
|---|--|
| ☐ Maïs-Soya ou Maïs-Maïs-Soya | ☐ Canola-Céréales-Céréales-Céréales |
| ☐ Maïs-Soya-Céréales à Pailles | ☐ Canola-Céréales-Foin |
| ☐ Maïs-Soya-Céréales-Foin | |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

14. Quels types de travail de sol est effectué sur vos terres?

- ☐ Labour conventionnel
- ☐ Travail réduit
- ☐ Semi-direct
- ☐ Culture sur billon

15. Est-ce que vous cultivez des cultures de couverture ou des céréales d'automne

- ☐ Oui entre les rang d'une culture principale (exemple ray grass entre les rang de maïs)
- ☐ Oui en dérobée après une culture principale
- ☐ Oui, des céréales d'automne
- ☐ Non
- ☐ Autre (veuillez préciser)

16. Est-ce que vous cultivez des terres en location?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Si oui, quel % de vos superficies en culture est sur des terres en location:

17. Concernant les sols cultivés sur l'entreprise quels sont les problématiques auxquels vous êtes confrontés?

- | | |
|--|--|
| ☐ Problème de nivellement inadéquate ou de mauvais drainage | ☐ Présence de zones de compaction |
| ☐ Acidification (pH bas, besoin de chaux) | ☐ Manque de superficie |
| ☐ Faible niveau de matière organique | ☐ Grande variabilité de type de sol |
| ☐ Faible niveau de fertilité (terres pauvres) | |

Autre (veuillez préciser)

Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Enjeux avec les terres

18. Classer par ordre de priorité l'importance des défis à relever face aux enjeux vécus sur votre ferme concernant les sols agricoles

 	Problème de nivellement inadéquate ou de mauvais drainage
 	Acidification (pH bas, besoin de chaux)
 	Faible niveau de matière organique
 	Faible niveau de fertilité (terres pauvres)
 	Présence de zones de compaction
 	Manque de superficie
 	Grande variabilité de type de sol

Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Sur la fertilisation

19. Parmi les suivantes, cochez les matières que vous utilisez sur la ferme ou que vous avez utilisé au moins une fois au cours des 5 dernières années

- | | |
|---|---|
| ☐ Lisier ou fumier de bovins | ☐ Biosolides de papetière (ex Désencré) |
| ☐ Lisier de porc | ☐ Biosolides municipaux |
| ☐ Fumier de volaille | ☐ Cendres de bois |
| ☐ Engrais minéral pré-semi incorporé | ☐ Composts |
| ☐ Engrais minéral en démarreur | ☐ Digestats |
| ☐ Engrais liquide | ☐ Chaux ou autre agent calcique magnésiens |
| ☐ Engrais foliaires | ☐ Feuilles mortes et/ou autre résidus végétaux |

Autre (veuillez préciser)

20. Classer les éléments suivants selon l'importance que vous leur accordez dans le choix des matières fertilisantes que vous utilisez.

	Pas important	Peu d'importance	Important	Très important
Prix	☐	☐	☐	☐
Effets attendus sur le rendement (court terme)	☐	☐	☐	☐
Effets attendus sur la santé des sols (long terme)	☐	☐	☐	☐
Facilité d'utilisation avec les équipements disponible à la ferme	☐	☐	☐	☐
Format disponible (vrac, big bag, etc.)	☐	☐	☐	☐
Service agronomique ou service après vente	☐	☐	☐	☐



Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Sur les matières résiduelles fertilisantes (MRF)

21. Concernant les MRF: cochez les éléments les plus adaptés à votre situation

Nous en utilisons et nous souhaitons continuer	Nous en avons utilisé, mais nous n'en voulons plus	Nous n'en utilisons pas, mais nous aurions de l'intérêt	Nous n'en utilisons pas et nous ne sommes pas convaincu	Nous n'en utiliserons jamais
☐	☐	☐	☐	☐
Répondez à la question 22 et Passez à la question 40	Répondez à la question 22 et Passez à la question 28	Répondez à la question 22 et Passez à la question 36	Répondez à la question 22 et Passez à la question 32	Passez à la question 23

22. Parmi les suivantes, cochez les matières que vous avez déjà reçues ou que vous souhaiteriez recevoir

- | | |
|--|--|
| ☐ Biosolides de papetière | ☐ Résidus bioalimentaires (exemple: lactosérum) |
| ☐ Biosolides municipaux | ☐ Composts |
| ☐ Cendre de bois | ☐ Digestats |
| ☐ Résidus verts (exemple: feuilles morte) | |

Autre (veuillez préciser)



Étude sur l'intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale Pour les réfractaires

23. Pour quelles raisons vous ne souhaitez pas utiliser de MRF

- ☐ Agronomiques (Perte de rendement, problème à l'étable, etc.)
- ☐ Économiques (Coûts associés aux épandages, etc.)
- ☐ Environnementales (Présence de contaminant, de bactérie, de résidus de médicament, trop de phosphore, etc.)
- ☐ Opérationnelles (Machinerie inadapté, entreposage compliqué, erreur des transporteurs, etc.)
- ☐ Réglementaires (Interdit par ma certification, trop de papperasses, etc.)
- ☐ Marchés (Perception négative potentielle des acheteurs, etc.)
- ☐ Aucun des éléments ci-dessus

24. Parmi les éléments suivants cochez ceux qui justifient vos réticences concernant les MRF

- | | |
|--|---|
| ☐ Contamination potentielle aux métaux lourds | ☐ Interdit dans mes ententes de location de terres |
| ☐ Présence d'autres contaminants (résidus de médicaments, hormones, etc.) | ☐ Lourdeur administrative |
| ☐ Présence de microorganismes pathogènes (Bactéries, virus, etc.) | ☐ Manque de confiance en ce type de produit |
| ☐ Présence de déchets visibles (corps étrangers; verre, métal, plastique) | ☐ Tout simplement pas d'intérêt |
| ☐ Mauvaises odeurs (problème de cohabitation avec mon voisinage) | ☐ Impacts inconnus à plus long termes |
| ☐ Difficulté d'épandre avec mes équipements | ☐ Aucun des éléments ci-dessus |
| ☐ Interdit par ma certification/appellation | |

Autre (veuillez préciser)

--

25. Quels arguments pourraient vous faire changer d'avis

- ☐ Études et résultats scientifiquement démontrés sur les gains potentiels et sur les impacts négatifs
- ☐ Une garantie fiable de l'absence de biosolide municipale
- ☐ Participer à une journée parcelle ou recevoir un témoignage positif d'un producteur que je connais
- ☐ Un assouplissement de l'encadrement réglementaire
- ☐ Une garantie de qualité reconnue et supervisée par un organisme neutre
- ☐ Aucun argument ne pourrait me faire changer d'avis
- ☐ Considérations économiques pour réduire les coûts d'utilisation

Autre (veuillez préciser)

26. Concernant les déchets visibles, avez-vous entendu parler ou été témoin de problème de corps étrangers (déchets de plastique, lingette humides, produits d'hygiène féminine, condoms, etc.) amenés en champs suite à des applications de MRF?

- ☐ Oui
- ☐ Non
- ☐ Peut-être

27. Si les MRF qui vous étaient proposées ne contenaient pas de biosolides municipaux (boues d'épuration) est-ce que vos réponses seraient les mêmes?

- ☐ Oui
- ☐ Non
- ☐ Peut-être

Passez à la question 44

Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale Pour les échaudés

28. Parmi les éléments suivants, lesquelles s'applique à la mauvaise expérience que vous avez vécue en utilisant des MRF

- ☐ | Problèmes à l'épandage (bris d'équipement, mauvaise distribution, etc.)
- ☐ | Problématiques phytosanitaires au champs (Problème de rendement, mauvaise levée des semis, présences de mauvaises herbes , etc.)
- ☐ | Plainte du voisinage concernant les odeurs
- ☐ | Présences de déchets visibles au champ
- ☐ | Problèmes à l'entreposage (traces de pneus au champ, trace laissée par l'amas, etc.)
- ☐ | Lourdeur administrative (trop de paperasse)
- ☐ | Aucun des éléments ci-dessus

Autre (veuillez préciser)

29. Parmi les matières suivantes, cochez celles que vous ne souhaitez plus utiliser sur vos terres

- | | |
|---|--|
| ☐ Toutes les MRF | ☐ Biosolides Municipaux |
| ☐ Résidus verts | ☐ Biosolides papetiers |
| ☐ Résidus organiques municipaux triés à la source (bacs bruns) compostés | ☐ Cendres |
| ☐ Digestats | |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

30. Veuillez décrire plus en détail le problème que vous avez rencontré suite à l'utilisation de MRF sur la ferme

31. Quels arguments pourraient vous inciter à poursuivre l'utilisation des MRF?

- | | |
|---|---|
| ☐ Études et résultats scientifiques démontrant le peu d' impacts négatifs | ☐ Considérations économiques pour réduire les coûts |
| ☐ Garantie de qualité reconnue et supervisée par un organisme neutre | ☐ Solutions acceptable au problème vécu |
| ☐ Essais québécois démontrant les gains agronomiques | ☐ Aucun argument |

Autre (veuillez préciser)

Passer à la question 44

Étude sur l'intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Pour les indécis

32. Parmi les raisons suivantes cochez celles qui expliquent que vous n'avez jamais utilisé de matières résiduelles fertilisantes

- | | |
|--|--|
| ☐ Elles ne sont pas disponibles dans ma région | ☐ La difficulté d'épandre avec mes équipements d'épandage |
| ☐ Le manque de connaissances (sur les bienfaits ou la façon de les utiliser) | ☐ C'est interdit par ma certification/appellation |
| ☐ Les risques de contamination aux métaux lourds | ☐ C'est interdit dans mes ententes de location de terre |
| ☐ Les risques de contamination avec des molécules complexes (médicaments, hormones, etc.) | ☐ Mon conseiller agricole est réticent |
| ☐ La présence de microorganisme (Bactérie, virus, etc.) | ☐ Problème de cohabitation probable avec mon voisinage |
| ☐ La présence de corps étrangers (déchets visible; plastique, métal, etc.) | ☐ Tout simplement pas d'intérêt |
| ☐ Les mauvaises odeurs | |

Autre (veuillez préciser)

33. Quels éléments parmi les suivants pourraient vous amener à utiliser des MRF

- | | |
|--|--|
| ☐ Diminuer les coûts de la fertilisation sur mon entreprise | ☐ Avoir une formation sur les bienfaits des MRF |
| ☐ Apporter de la matière organique sur mes terres | ☐ Une montée du prix des fertilisants minéraux |
| ☐ Corriger le pH de mes sols | ☐ L'ajout d'une garantie de qualité |
| ☐ Rendre service à ma communauté | ☐ Conseils agronomiques spécialisés |
| ☐ L'idée de lutter contre les changements climatiques | ☐ Autres considérations environnementales |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

34. Quels arguments pourraient vous inciter d'avantage à utiliser des MRF?

- | | |
|---|--|
| ☐ Études et résultats scientifiques démontrant le peu d' impacts négatifs | ☐ Considérations économiques pour réduire les coûts |
| ☐ Garantie de qualité reconnue et supervisée par un organisme neutre | ☐ Une garantie fiable de l'absence de biosolide municipale |
| ☐ Essais québécois démontrant les gains agronomiques | ☐ Aucun argument |

Autre (veuillez préciser)

35. Si les MRF qui vous était proposées ne contenaient pas de biosolides municipaux (boues d'épuration) est-ce que vos réponse seraient les mêmes?

- ☐ Oui
- ☐ Non
- ☐ Peut-être

Passer à la question 44



Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale Pour les intéressés

36. Comment avez vous entendu parler des MRF?

- | | |
|---|---|
| ☐ Salon ou exposition agricole | ☐ Sollicitation via des représentants |
| ☐ Publicités postales ou dans des magazines | ☐ Via mon conseiller agricole |
| ☐ Médias sociaux | ☐ Via mon voisinage ou mes pairs |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

37. Quels éléments parmi les suivants justifient votre intérêt pour les MRF ?

- | | |
|--|---|
| ☐ Diminuer les coûts de la fertilisation sur mon entreprise | ☐ Rendre service à ma communauté |
| ☐ Apporter de la matière organique sur mes terres | ☐ L'idée de lutter contre les changements climatiques ou autres considérations environnementales |
| ☐ Corriger ou entretenir le pH de mes sols | |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

38. Quels arguments vous convaindraient d'appliquer des MRF sur vos sols

- | | |
|---|---|
| ☐ Disponibilité sur mon territoire d'une MRF d'intérêt pour mon entreprise | ☐ Gains agronomiques démontrés par des essais au Québec |
| ☐ Bénéfices agronomiques (Fertilisant/ Matière Organique) plus grand que les coûts d'utilisation | ☐ Une prise en charge sans frais de l'épandage (via un forfaitaire de qualité) |
| ☐ Garantie de qualité constante et reconnue | ☐ Compensation financière |
| ☐ Recommandations et accompagnement de mon conseiller agricole | ☐ Une garantie fiable de l'absence de biosolide municipale |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

39. Si les MRF qui vous étaient proposées ne contenaient pas de biosolides municipaux (boues d'épuration) est-ce que vos réponse seraient les mêmes?

- ☐ Oui
- ☐ Non
- ☐ Peut-être

Passer à la question 44



Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale Pour les enthousiastes

40. Comment avez vous entendu parler des MRF?

- | | |
|---|---|
| ☐ Salon ou exposition agricole | ☐ Sollicitation via des représentants |
| ☐ Publicités postales ou dans des magazines | ☐ Via mon conseiller agricole |
| ☐ Médias sociaux | ☐ Via mon voisinage |
| ☐ Autre (veuillez préciser) | |

41. Quels éléments parmi les suivants justifient votre intérêt pour les MRF ?

- ☐ Diminuer les coûts de la fertilisation sur mon entreprise
- ☐ Rendre service à ma communauté
- ☐ Apporter de la matière organique sur mes terres
- ☐ L'idée de lutter contre les changements climatiques ou autres considérations environnementales
- ☐ Corriger le pH de mes sols
- ☐ Autre (veuillez préciser)

42. Avez-vous déjà vécu des difficultés liées à l'utilisation ou à l'épandage des MRF

- ☐ Oui
- ☐ Non

Si oui, veuillez préciser de quelle nature?

43. Si les MRF qui vous étaient proposées ne contenaient pas de biosolides municipaux (boues d'épuration) est-ce que vos réponse seraient les mêmes?

- ☐ Oui
- ☐ Non
- ☐ Peut-être

Étude sur l`intérêt des matières résiduelles fertilisantes d'origine municipale

Atelier de discussion

44. Dans le cadre de cette étude, auriez-vous de l'intérêt pour participer à un groupe de discussion sur les MRF avec d'autres producteurs agricoles et des intervenants du milieu ?

☐ Oui

☐ Non

45. De qu'elle façon souhaitez vous être contacté

Téléphone

Courriel

46. Souhaiteriez vous avoir accès aux résultats de cette étude

☐ Oui

☐ Non

Si oui, fournir une adresse courriel

Merci beaucoup de votre collaboration!

ANNEXE 3

Un deuxième questionnaire a été soumis à plusieurs conseillers de club conseil et de firmes de valorisation :

Questionnaire sur les matières résiduelles fertilisantes (MRF)

Région administrative : _____ |

1. Inscrivez les principales productions de vos producteurs :

(Ex. : Granges cultures, producteurs maraîchers, producteurs laitiers, etc.)

2. Comment qualifieriez-vous le niveau de saturation en phosphore des sols de vos producteurs ?

3. Quelles sont les problématiques les plus fréquentes des sols de vos producteurs (ex. : nivellement, mauvais drainage, acidification, peu fertile, peu de matière organique, etc.) ? :

4. Est-ce que les producteurs de votre région sont majoritairement équipés pour faire leurs épandages ou font-ils appel aux services d'un forfaitaire ? Sont-ils davantage sous gestion solide ou liquide ?

5. Selon vous, quels sont les bienfaits de l'utilisation des MRF ?

6. Est-ce que les producteurs ont une préférence pour certaines MRF ? Si oui, lesquelles ? Pourquoi ?

7. Quelle est l'opinion de vos producteurs sur les biosolides municipaux ?

8. Est-ce que de mauvaises histoires circulent au sujet des MRF ? Quelles sont-elles ?

9. Croyez-vous que les producteurs aient de l'intérêt pour les MRF ? Quelle proportion ? Ou quel groupe de producteurs ? Et à l'inverse, qui n'a pas d'intérêt selon vous et pourquoi ?

10. Est-ce que la forme du produit est un facteur déterminant (boues, digestats, granules, cendres, composts) ? Si oui, veuillez expliquer.

11. Quels sont les limites/irritants ou incitatifs à l'utilisation des MRF, par segment de marché ?

Segments de marché	Incitatifs	Limites/irritants
Grandes cultures		
Pommes de terre		
Gazonnières		
Pépinière		
Productions animales		
Horticoles (maraîcher, fruitier, ornementale)		

12. Selon vous, comment ou par qui les producteurs entendent-ils parler de MRF actuellement ? Quel serait le meilleur moyen de les rejoindre ?

Actuellement :

Pistes d'amélioration :

13. Quels types d'informations les producteurs veulent-ils avoir sur les MRF ? Quelles connaissances sont manquantes ?

14. Que pensez-vous du cadre réglementaire entourant l'usage de MRF ? Avez-vous des pistes d'amélioration ?

ANNEXE 4

Lors de nos rencontres virtuelles ou en présentiel avec différents intervenants ou producteurs d'une filière, voici des exemples de questions ayant été adressées :

1. Selon vous, est-ce que les producteurs de votre filière ont de l'intérêt pour les MRF? Pourquoi? (Si la réponse est plus oui, passez aux questions suivantes. Si la réponse est plus non, la faire discuter au sujet des éléments de réponses qu'il nous a fournis et la questionner à savoir ce qui pourrait faire en sorte que la situation actuelle soit différente et qu'ils puissent devenir des utilisateurs de MRF?)
2. Est-ce que les producteurs de votre filière utilisent des MRF actuellement? Si oui, quelle(s) MRF utilisent-ils et à quel moment du cycle de production les épandent-ils? Si non, pourquoi? *(Si la réponse est non et que c'est lié à un problème de disponibilité d'un certain type de matière, demander : Si ce type de MRF que vous préféreriez était disponible, est-ce que vous l'utiliseriez?)*
3. Si un producteur de votre filière avait l'opportunité d'avoir du fumier ou une MRF, en prendrait-il? Lequel prendrait-il? Pourquoi?
4. Est-ce qu'il y a des MRF que les producteurs de votre filière refuseraient systématiquement de recevoir? Pourquoi?
5. Si applicable, quels sont les résultats obtenus sur vos cultures ou sur le sol suite à l'application de MRF? Le cas échéant, depuis combien de temps il y avait application de MRF et de quel(s) produit(s) s'agissait-il?
6. Quels aspects des MRF pourraient être particulièrement recherchés dans votre secteur de production (ex : pouvoir chaulant, apport fertilisant, augmentation de la matière organique)?
7. Est-ce que l'entreposage des MRF représente un défi pour les producteurs de ce secteur de production?
8. Pensez-vous que les producteurs de votre filière seraient prêts à payer pour une MRF?
9. Est-ce que les caractéristiques C-E-P-O des MRF causent un problème à leur utilisation dans votre secteur de production?
10. Qu'est-ce qui favoriserait l'utilisation des MRF dans votre secteur de production?
11. Quelle serait la MRF idéale pour un producteur de votre filière (texture/matière sèche, provenance, biens faits, prix, etc.)
12. Quelles informations ne connaissez-vous pas actuellement sur les MRF et que vous aimeriez acquérir?
13. Si les MRF avaient un saut de qualité telle la norme BNQ (comme pour la chaux), en prendriez-vous?

ANNEXE 5

Lors de nos discussions avec différents acteurs des municipalités, voici un exemple des questions adressées :

- Pouvez-vous m'expliquer la responsabilité des municipalités face à la gestion des résidus ou des MRF produites par celles-ci?
- Quels sont les grands enjeux concernant la fabrication et la disposition des MRF d'origine municipales (compost/digestats/résidus verts) ?
- Quels sont les informations et les outils manquants pour l'atteinte des objectifs gouvernementaux?
- Qu'est-ce qui fonctionne bien actuellement?
- Comment percevez-vous l'avenir de la gestion des matières résiduelles fertilisantes?
- Avez-vous des craintes quant à la gestion des matières résiduelles fertilisantes?
- Est-ce qu'il y aurait des points que vous aimeriez faire valoir auprès des firmes de valorisation des MRF ou encore auprès des receveurs de MRF?
- Quelle est la position des municipalités : Faire elle-même avec son personnel ou donner à contrat? Pourquoi?
- Seriez-vous prêt à changer vos façons de faire pour vous adapter aux potentiels receveurs, en occurrence, les gens du monde agricole?
- Pensez-vous que les producteurs agricoles ont de l'intérêt pour les MRF d'origine municipale? Pourquoi?
- Est-ce qu'un saut de qualité pour les MRF d'origine municipale est envisageable et pensez-vous que cela contribuerait au recyclage des MRF?

ANNEXE 6

Voici les questions ayant été adressées à l'UPA :

- Du point de vue de l'UPA, quels sont les grands enjeux concernant le recyclage agricole des MRF?
- Avez-vous des craintes quant au recyclage agricole des matières résiduelles fertilisantes?
- Comment percevez-vous l'avenir des matières résiduelles fertilisantes en agriculture, quelle est leur place?
- Qu'est-ce qui améliorerait ou favoriserait la situation actuelle en ce qui concerne le recyclage agricole de MRF?
- Selon vous, est-ce que les producteurs ont de l'intérêt pour les MRF? Pourquoi?
- Si un producteur avait l'opportunité d'avoir du fumier ou une MRF, en prendrait-il? Lequel prendrait-il? Pourquoi?
- Pensez-vous que les producteurs seraient prêts à payer pour une MRF?
- Si les MRF avaient un saut de qualité telle la norme BNQ (comme pour la chaux), en prendraient-ils plus?
- Selon vous, quelles informations les producteurs ne connaissent-ils pas actuellement sur les MRF et qu'ils aimeraient acquérir?

ANNEXE 7

Voici les questions soumises aux firmes de valorisation par courriel :

- Quelle est votre opinion sur les différents produits offerts par le monde municipal?
- Quels sont les freins/irritants à l'utilisation des MRF en agriculture?
- Quelles sont les pistes de solution pour favoriser l'emploi des MRF en agriculture?