

Décembre
2020

GUIDE D'ACCOMPAGNEMENT GABARIT ET FICHES TECHNIQUES POUR MATIÈRES RÉSIDUELLES FERTILISANTES



© Photo Éric Labonté, MAPAQ

GUIDE D'ACCOMPAGNEMENT

GABARIT ET FICHES TECHNIQUES POUR MATIÈRES RÉSIDUELLES FERTILISANTES

Version finale – Décembre 2020

Réalisé par



Équipe de réalisation

Denis Potvin, agr., IRDA, chargé de projet
Patrick Dubé, chimiste, IRDA, responsable laboratoire
Mathieu Bilodeau, IRDA, graphisme

Stéphane Martel, agr., Agrinova
Marianne Lemieux, agr., Cap Excavation
Rémi Carrier, agr.

Collaborateurs

Marc-Olivier Gasser, chercheur
Richard Hogues, chercheur
Caroline Coté, chercheuse
Christine Landry, chercheuse

Marc-Olivier Murray, informatique
Raymond Leblanc, agr., OAQ
Daniel Bernier, agr., UPA

Cette publication a été réalisée par RECYC-QUÉBEC en collaboration avec le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ).

RECYC-QUÉBEC et l'IRDA remercient toutes les organisations et leurs représentants qui ont contribué au projet en acceptant de partager leur expertise et expérience dans les divers secteurs qui touchent directement ou indirectement le recyclage des matières résiduelles fertilisantes et des engrais de ferme : Agrocentre Vinisol inc., Club Agri Conseils MASKA, Club-conseil Lavi-Eau-Champ, Club Durasol Drummond inc., Club Yamasol inc., COGENOR, Coop Comax, Englobe, Gaudreau Environnement, Groupe Ducharme, Groupe FBE Bernard Experts, Groupe Pousse-Vert, Groupe ProConseil, La Coop, Logiag, Lotfi Khiari (Université Laval), Scotts Canada, Société Coopérative Agricole Princeville, Viridis Environnement, Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles de la Gaspésie.



TABLE DES MATIERES

ABRÉVIATIONS ET SIGLES.....	v
Préambule.....	1
Mise en contexte	1
Structure du document.....	1
Le choix des paramètres et informations retenues	2
Qualité des MRF et classification	2
Partie 1 – Fiches techniques génériques	4
1.1 Objectif.....	4
1.2 Sélection des matières retenues et sources d’informations	5
1.2.1 Fumiers et lisiers (effluents d’élevage)	5
1.2.2 Biosolides d’origine municipale.....	6
1.2.3 Résidus papetiers	6
1.2.4 Composts	6
1.2.5 Digestats de biométhanisation.....	7
1.2.6 Cendres de l’industrie forestière.....	7
1.3 Détermination des valeurs des fiches « produit générique ».....	7
1.4 Bibliographie.....	16
PARTIE 2 – Compléter une fiche MRF à l’aide du gabarit interactif	18
2.1 Notes à l’utilisateur	18
2.2 Paramètres et informations à compléter	20
2.3 Bibliographie.....	42
PARTIE 3 – Informations complémentaires et développement des connaissances.....	43
3.1 Paramètres supplémentaires.....	43
3.1.1 Classification C-P-O-E.....	44
3.1.2 Formes de matières organiques.....	44
3.1.3 Coefficient d’humification.....	45
3.1.4 Indicateurs de stabilité des MRF organiques	45
3.1.5 Respirométrie.....	46
3.1.6 Coefficient d’efficacité fertilisante du N et P	47
3.1.7 Rapport N/P	48
3.1.8 Ratio K/(Ca+Mg)	48
3.1.9 Conductivité électrique.....	49

3.1.10	Granulométrie	49
3.1.11	Capacité de rétention en eau.....	50
3.2	Développement des connaissances	50
3.2.1	Santé des sols et indicateurs biologiques	51
3.2.1.1	Microbiome associé aux MRF	52
3.2.1.2	Microbiome associé au sol de référence.....	52
3.2.1.3	Pistes de recherche pour aller plus loin	53
3.2.2	Qualité et innocuité des MRF.....	54
3.2.2.1	Pistes de recherche pour aller plus loin	54
3.2.3	Valeur fertilisante des matières résiduelles fertilisantes	55
3.2.3.1	Pistes de recherche pour aller plus loin	55
3.2.4	Valeur d’amendement liée à la matière organique.....	56
3.2.4.1	Pistes de recherche pour aller plus loin	56
3.2.5	Parcelles expérimentales multiprojets	57
3.3	Bibliographie.....	59
ANNEXE 1 – LISTE DES INFORMATIONS REQUISES POUR ÉLABORER UNE FICHE.....		62
ANNEXE 2 – EXEMPLES DE NOMS DE PRODUITS.....		64
ANNEXE 3 – EXEMPLES D’ALLÉGATIONS POUR INFORMATIONS UTILES		65

ABRÉVIATIONS ET SIGLES

ACM	Amendement calcique et magnésien
CBM-Tr	Caractérisation biochimique des matières organiques
B.H	Base humide
BNQ	Bureau de normalisation du Québec
B.S.	Base sèche
CE	Coefficient d'efficacité
C/N	Rapport carbone total sur azote total
C-P-O-E	Contaminants, pathogènes, odeurs et corps étrangers (classification du MELCC)
CRAAQ	Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
CRE	Capacité de rétention en eau
CU	Coefficient d'utilisation
ÉCC	Équivalent de carbonate de calcium
EM	Équivalent minéral
HA	Hectare
IRDA	Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
ISB	Indice de stabilité biologique
ISMO	Indice de stabilité des matières organiques
IVA	Indice de valeur agricole
K1	Coefficient isohumique
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MO	Matière organique
MOS	Matière organique dans le sol
MR	Matière résiduelle
MRF	Matière résiduelle fertilisante
M.S.	Matière sèche
MVAH	Masse volumique apparente humide
PAEF	Plan agroenvironnemental de fertilisation
PAER	Plan agroenvironnemental de recyclage
PN	Pouvoir neutralisant
SV	Solides volatils
TEE	Teneur en eau
T.H.	Tonne humide

PRÉAMBULE

Mise en contexte

Les matières résiduelles fertilisantes (MRF) sont des matières résiduelles dont l'emploi est destiné à entretenir ou à améliorer, séparément ou simultanément, la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques et chimiques de même que l'activité biologique des sols (MDDELCC, 2015). La production anticipée de telles matières issues des secteurs municipaux et industriels au cours des prochaines années représente une opportunité pour les entreprises agricoles à la recherche de sources additionnelles de matière organique ou de fertilisants pour amender les sols.

Dans le contexte où les producteurs agricoles sont de plus en plus sollicités pour utiliser diverses MRF à la ferme, il est apparu intéressant de développer des outils à leur intention de même qu'à celle des agronomes qui les accompagnent afin de :

- présenter, sur la base d'informations techniques, diverses caractéristiques utiles de différentes MRF destinées aux producteurs agricoles et aux agronomes;
- permettre la comparaison des caractéristiques de différentes MRF entre elles;
- contribuer à faire un choix éclairé et à une utilisation avantageuse de MRF en fonction des besoins spécifiques des sols et des cultures.

RECYC-QUÉBEC a conséquemment retenu les services de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) pour réaliser, en collaboration avec le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), l'élaboration de 13 fiches techniques pour des « produits génériques » et un gabarit interactif pour permettre la production d'autres fiches techniques.

Il est souhaité que l'ensemble de ces outils contribue à une utilisation adéquate des MRF, favorisant ainsi la pérennité des activités de recyclage en agriculture.

Structure du document

Le présent ouvrage constitue un document explicatif des travaux qui ont mené à la publication des 13 fiches « produit générique », ainsi qu'un guide pour l'utilisation du gabarit par les agronomes qui élaboreront des fiches techniques de MRF spécifiques de même qu'à tout autre intervenant qui s'intéresse à l'utilisation de ces matières en agriculture.

La partie 1 fournit les explications sur la méthodologie, les données et les sources d'information utilisées pour élaborer les 13 fiches types pour diverses MRF et effluents d'élevage produits au Québec. Ces fiches, développées sur la base du [gabarit interactif](#), peuvent être consultées sur le [site Internet de RECYC-QUÉBEC](#).

La partie 2 présente les informations et directives permettant de remplir une fiche technique pour une MRF spécifique par l'entremise du gabarit interactif. Ce gabarit unique a été développé pour tout type de MRF, qu'elles soient utilisées comme fertilisant, comme source de matière organique ou comme matériel chaulant. Il comprend des paramètres agronomiques et environnementaux qui ont été sélectionnés en fonction de plusieurs critères notamment l'accessibilité des données (publiques ou privées) pour les MRF actuellement offertes et disponibles.

Finalement, la partie 3 aborde certains paramètres ayant été évalués, mais n'ayant pas été retenus dans la version finale du gabarit de même que les explications pour soutenir cette décision. Il présente également des pistes de recherche concernant les besoins en termes de développement des connaissances concernant l'un ou l'autre des quatre thèmes suivants : effets sur la santé des sols, innocuité des MRF, propriétés fertilisantes et valeur amendante. Il apparaissait important de présenter ces informations complémentaires afin d'identifier des pistes d'amélioration qui pourraient être explorées dans le futur lors d'une éventuelle mise à jour du gabarit.

L'ensemble des documents vise à offrir au milieu agricole des outils qui comprennent des informations techniques à jour et qui permettront aux divers acteurs du milieu de faire des choix éclairés concernant l'utilisation de MRF en agriculture.

Le choix des paramètres et informations retenues

L'évaluation et la sélection de l'ensemble des paramètres physiques, chimiques et biologiques de même que d'autres considérations ont été effectuées afin de faire ressortir l'intérêt de l'usage des MRF en agriculture. Les principaux éléments suivants ont été pris en considération : disponibilité des données techniques issues d'analyses réalisées au Québec, la pertinence de l'information pour l'usage visé, les utilisateurs ciblés, l'accessibilité et les coûts des méthodes d'analyses offertes par les laboratoires québécois, les obligations légales et réglementaires, les guides, les normes et les règles de l'art en contexte québécois.

Tel que mentionné plus haut, la partie 3 présente un complément d'information relativement à certains paramètres non retenus dans la version finale du gabarit.

Qualité des MRF et classification

Au Québec, pour qu'une MRF puisse être recyclée, elle doit non seulement avoir des propriétés agronomiques, mais elle doit également répondre à des critères de qualité environnementale. Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a développé une classification comprenant quatre catégories environnementales traitant des contaminants chimiques (C), des agents pathogènes (P), des odeurs (O) et des corps étrangers (E). Sur la base du Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes (MELCC, 2015), il

importe de connaître la classification C-P-O-E d'une MRF afin de pouvoir établir les contraintes d'utilisation et de respecter les normes réglementaires établies.

Les conditions d'utilisation sont parfois complexes à établir au regard de cette classification en raison de l'influence de divers facteurs qui doivent être pris en considération (ex. : types de cultures, incorporation au sol, critères de classification alternatifs C2, etc.). De plus, certaines conditions d'utilisation sont indépendantes des caractéristiques et des propriétés de la matière, notamment pour des produits certifiés conformes par le BNQ.

Conséquemment, bien que la classification C-P-O-E soit un outil de caractérisation incontournable pour l'encadrement des activités de recyclage des MRF en agriculture au Québec, la présentation d'informations ayant un impact concret pour les utilisateurs a été privilégiée à l'indice C-P-O-E, lequel n'a pas été inclus dans le gabarit et les fiches génériques MRF. Toutefois, pour des raisons pratiques, il a été jugé utile de conserver les principales contraintes d'utilisation des MRF qui découlent de cette classification. En terminant, rappelons que la classification C-P-O-E ne s'applique pas aux effluents d'élevage.

PARTIE 1 – FICHES TECHNIQUES GÉNÉRIQUES

MISES EN GARDE

Les valeurs présentées dans les fiches génériques proviennent de diverses sources incluant des publications d'origine québécoise et étrangère citées dans la bibliographie. Dans tous les cas, il s'agit de valeurs de référence présentées dans le but de faciliter la comparaison entre les diverses MRF.

Les données présentées, incluant les exemples de doses moyennes, ne doivent en aucun cas être considérées comme des recommandations agronomiques; elles sont présentées à titre informatif afin d'aider le lecteur dans sa réflexion et dans sa prise de décision. Dans la grande majorité des situations, le plan agroenvironnemental de recyclage des MRF constitue le document présentant les recommandations agronomiques liées au recyclage des MRF.

Toute décision basée sur l'information présentée dans les fiches est sous l'entière responsabilité de l'utilisateur.

1.1 Objectif

Les fiches techniques génériques des MRF ont été élaborées sur la base d'un gabarit unique afin de présenter des informations utiles tant aux agronomes qu'aux producteurs agricoles. La production de fiches « produit générique » s'inscrit dans le contexte québécois où l'offre pour les MRF devrait croître au cours des prochaines années, encouragée par les cibles ambitieuses de la [Stratégie de valorisation des matières organiques](#) (MELCC, 2020), soit l'instauration de la gestion de la matière organique sur 100 % du territoire municipal et 100 % des industries, commerces et institutions d'ici 2025 et le recyclage ou la valorisation de 70 % de la matière organique visée en 2030.

Au total, 13 fiches techniques contenant des informations générales pour chaque type de produit ont été élaborées sur la base du gabarit interactif. Les fiches « produit générique » peuvent être consultées au <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/matieres-organiques/epandage/matieres-residuelles-fertilisantes>. Ces fiches synthétisent l'information technique qu'il a été possible d'obtenir en privilégiant, dans un premier temps, les données de sources québécoises. Pour certaines matières, les données canadiennes et étrangères ont été considérées. La présentation des informations dans un format unique permet de comparer les caractéristiques agronomiques, environnementales et pratiques entre les diverses matières (fumiers et MRF) afin d'aider les utilisateurs à faire des choix éclairés.

1.2 Sélection des matières retenues et sources d'informations

Le choix des matières retenues (voir tableau 1.1), soit neuf (9) MRF et quatre (4) effluents d'élevage, a été fait en fonction de la prépondérance de l'offre de ces matières en milieu agricole et des quantités de MRF épandues au Québec (Bilan 2015 du recyclage des matières résiduelles fertilisantes, MDDELCC, 2016).

Les fiches génériques contiennent de l'information qualitative et quantitative qui provient de diverses sources publiques et privées telles que des articles scientifiques, des fiches techniques élaborées par des entreprises spécialisées en gestion des MRF et des caractérisations de MRF (analyses). Le contenu a été développé sur la base des paramètres et des méthodes d'analyses reconnus et utilisés actuellement au Québec. La terminologie utilisée par les ministères (MAPAQ, MELCC, RECYC-QUÉBEC) et dans les publications (Lois et règlements, normes BNQ) a été privilégiée.

Tableau 1.1. MRF et effluents d'élevage sélectionnés pour la production des fiches génériques

Catégorie de matière	Type de MRF ou effluents d'élevage	Nombre de fiches
Biosolide municipal	<ul style="list-style-type: none">• Stations mécanisées (physico-chimique et boues activées)• Étangs aérés	2
Résidu papetier	<ul style="list-style-type: none">• Biosolides papetiers mixtes• Résidus de désencrage	2
Compost	<ul style="list-style-type: none">• Résidus organiques triés à la source (ROTS)• Biosolides municipaux	2
Digestat de biométhanisation	<ul style="list-style-type: none">• Résidus organiques triés à la source (ROTS)• Biosolides municipaux	2
Cendre	<ul style="list-style-type: none">• Industrie forestière	1
Fumier solide	<ul style="list-style-type: none">• Volailles - Poulets à griller• Bovins laitiers	2
Lisier	<ul style="list-style-type: none">• Porcs en croissance• Bovins laitiers	2

1.2.1 Fumiers et lisiers (effluents d'élevage)

Bien que les fumiers et lisiers ne soient pas considérés comme des MRF, il a été jugé important de présenter quatre (4) types d'effluents d'élevage générés par les fermes du Québec, autant liquides que solides, afin de permettre la comparaison des caractéristiques des MRF avec des fumiers et lisiers traditionnellement épandus en agriculture. En effet, ces déjections animales

constituent des produits de référence incontournables quand vient le temps d'évaluer l'utilisation potentielle de produits alternatifs.

Les données utilisées pour l'élaboration des fiches « produit générique » proviennent des valeurs de référence du CRAAQ et de données du MAPAQ.

1.2.2 Biosolides d'origine municipale

Le choix des types de biosolides municipaux est basé notamment sur les volumes actuellement valorisés au Québec. Le type « biosolides de stations mécanisées » inclut les boues provenant d'un traitement physico-chimique ainsi que les boues issues d'un traitement par boues activées. Les stations mécanisées produisent la majorité des quantités de biosolides municipaux au Québec.

Bien que les stations de type « étangs aérés » soient généralement de plus petite taille et génèrent de plus faibles quantités de biosolides que les stations mécanisées, ce type de stations représente la majorité des stations de traitement des eaux usées au Québec, soit plus de 65 % ([Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2013](#), MAMOT 2014).

Les données proviennent notamment de fiches techniques produites par les firmes québécoises spécialisées en gestion de MRF et de publications diverses.

1.2.3 Résidus papetiers

Les biosolides mixtes de papetières et les résidus de désencrage sont deux types de MRF générés par l'industrie des pâtes et papiers et largement utilisés depuis le début des années 2000.

Les données proviennent notamment de fiches techniques produites par les firmes québécoises spécialisées en gestion de MRF et de publications diverses.

1.2.4 Composts

Deux types de composts ont été retenus en fonction de l'intrant principal qui les compose soit les biosolides municipaux et les résidus organiques triés à la source (ROTS) provenant d'une collecte dédiée, souvent appelée collecte de 3^e voie.

Les données présentées proviennent principalement des travaux de caractérisation réalisés par l'IRDA en 2014 dans le contexte de la révision de la norme BNQ sur les composts CAN/BNQ 0413-200 (IRDA, 2014).

1.2.5 Digestats de biométhanisation

Malgré les faibles quantités actuellement générées et épandues au Québec, la production de digestats issus de la biométhanisation (digestion anaérobie) est appelée à croître au cours des prochaines années avec l'implantation et la mise en opération d'usines de biométhanisation. Le choix des types de digestats a été fait en considérant que les digestats de biosolides municipaux ainsi que les digestats de mélanges des résidus agroalimentaires avec les résidus organiques triés à la source (ROTS) sont les deux principales matières actuellement produites et anticipées en fonction des installations de biométhanisation existantes et projetées. De plus, il a aussi été pris en compte que les digestats sont généralement déshydratés mécaniquement avant d'être épandus en agriculture et donc qu'ils sont ou seront majoritairement offerts à l'état solide et humide.

En raison du nombre limité d'usines de biométhanisation en opération et conséquemment du peu de données techniques dont on dispose au Québec, l'information disponible a été complétée par des sources étrangères, principalement européennes.

1.2.6 Cendres de l'industrie forestière

Pour les cendres provenant de l'industrie forestière (secteur des pâtes et papiers surtout), les valeurs québécoises proviennent essentiellement de la littérature québécoise. Les valeurs sont issues de l'article d'Hébert et Breton (2008), Godbout et al. (2012) ainsi que des fiches techniques produites par les firmes québécoises spécialisées en gestion de MRF.

1.3 Détermination des valeurs des fiches « produit générique »

La présente section explique comment ont été déterminées les valeurs et informations présentées dans les 13 fiches génériques.

Classement des MRF et effluents d'élevage pour les apports en matière organique et en fertilisants majeurs

À partir d'une dose moyenne d'épandage exprimée en t.h./ha, les apports en MO et en fertilisants majeurs ont été calculés pour chaque matière permettant ainsi d'établir une valeur moyenne des apports pour les 13 matières retenues.

Des écarts de valeurs ont été établis pour classifier l'importance des apports à l'aide d'un nombre de crochets. Pour la matière organique et les éléments fertilisants majeurs, les matières ont été classifiées à l'aide de quatre niveaux d'apports (négligeable, faible, moyen, élevé) correspondant à 0, 1, 2 ou 3 crochets.

- Apports négligeables
- Apports inférieurs à la plage de valeurs moyennes, mais non négligeables
- Apports correspondant à la plage de valeurs moyennes
- Apports supérieurs à une plage de valeurs moyennes

Il s'agit d'une approche empirique basée sur des valeurs comparées pour les 13 matières et non de critères agronomiques préétablis.

Apport de matière organique

$\text{Apport MO} = \text{MO}_{\text{tot}} \text{ (kg/t.hum.)} \times \text{Dose moyenne d'épandage (tonne humide/ha)}$

L'apport de matière organique, exprimé en kg (base humide)/ha, a été utilisé pour établir une classification en termes de valeur amendante pour chacune des matières.

Le tableau 1.2 présente les écarts de valeurs retenus pour ce paramètre. Le choix des plages a été fait en considérant la valeur moyenne d'apport en MO des 13 matières à l'étude ainsi que la distribution graphique des 13 valeurs d'apport de MO. Ainsi, à la moyenne de 2 500 kg/ha a été appliquée une variation de ± 500 kg/ha permettant d'établir une plage comprise entre 2 000 et 3 000 kg/ha. Il a été statué de représenter cette plage, correspondant à la moyenne, par 2 crochets et d'appliquer ce même écart de 1 000 kg/ha pour établir les autres intervalles de valeurs afin de les transposer en nombre de crochets.

Tableau 1.2. Valeur amendante – Apport de MO transposé en nombre de crochets

Apport en matière organique (kg (b.h.)/ha)	Nombre de crochets
< 1 000	0
≥ 1 000 - ≤ 2 000	1
> 2 000 - ≤ 3 000	2
> 3 000	3

Le tableau 1.3 présente les apports en MO des 13 matières ainsi que les doses moyennes retenues et conséquemment le nombre de crochets attribués quant à l'apport en matière organique.

Tableau 1.3. Classification des matières selon l'apport moyen en matière organique

Type de MRF	Dose moyenne (t.h./ha)	Apport en MO (kg (b.h.)/ha)	Nombre de crochets
Biosolide papetier mixte	30	7 500	3
Compost de biosolides municipaux	15	3 750	3
Fumier de bovins laitiers	20	3 000	2
Compost de ROTS	15	3 000	2
Résidu de désencrage	15	3 000	2
Fumier de volailles (poulets à griller)	5	2 750	2
Biosolide municipal de stations mécanisées	10	2 500	2
Digestat de ROTS	10	2 000	1
Digestat de biosolides municipaux	12	1 800	1
Lisier de bovins laitiers	35	1 750	1
Lisier de porc (en croissance)	35	1 400	1
Biosolide municipal – étangs aérés	10	1 000	1
Cendre de l'industrie forestière	8	800	0

Apport en éléments fertilisants majeurs

$$(N \text{ total} + P_2O_5 + K_2O \text{ (kg/tonne humide)}) \times \text{Dose moyenne d'épandage (tonne humide/ha)}$$

L'apport en éléments fertilisants majeurs (N total + P₂O₅ + K₂O), exprimé en kg (base humide)/ha, a été utilisé pour établir une classification en termes de valeur fertilisante pour chacune des matières.

Le tableau 1.4 présente les écarts de valeurs des apports en fertilisants majeurs. Le choix des plages a été fait en considérant la valeur moyenne d'apport en éléments majeurs pour l'ensemble des matières à l'étude ainsi que la distribution graphique des 13 valeurs d'apport (fertilisants majeurs). Ainsi, à la moyenne de 250 kg/ha a été appliquée une variation de ± 50 permettant d'établir une plage comprise entre 200 et 300 kg/ha. Cette plage, correspondant à la moyenne, est représentée par deux crochets. Cet écart de 100 kg/ha a été employé pour établir les autres intervalles de valeurs afin de les convertir en nombre de crochets.

Tableau 1.4. Valeur fertilisante – Nombre de crochets associés à la somme des apports en éléments fertilisants majeurs totaux

Apport en fertilisants N+P ₂ O ₅ +K ₂ O Exprimé en kg b.h./ha	Nombre de crochets
< 100	0
≥ 100 - ≤ 200	1
> 200 - ≤ 300	2
> 300	3

La quantité de fertilisants apportée par une dose moyenne ainsi que le nombre de crochets associés ne tient pas compte de la disponibilité des éléments, mais uniquement de la quantité des formes totales de ceux-ci.

Le tableau 1.5 présente les apports en éléments majeurs des 13 matières présentées dans les fiches « produit générique » et conséquemment le nombre de crochets attribués pour ce paramètre en fonction de la dose moyenne retenue.

Tableau 1.5. Classification des matières selon la teneur moyenne en éléments fertilisants majeurs

Type de MRF	Dose moyenne (t.h./ha)	Apport en N _{tot.} + P ₂ O ₅ + K ₂ O (kg (b.h.)/ha)	Nombre de crochets
Fumier de volailles (poulets à griller)	5	350	3
Lisier de porc (en croissance)	35	350	3
Fumier de bovins laitiers	20	290	2
Lisier de bovins laitiers	35	280	2
Digestat de biosolides municipaux	12	270	2
Compost de ROTS	15	265	2
Cendre de l'industrie forestière	8	250	2
Biosolide papetier mixte	30	225	2
Biosolide municipal de stations mécanisées	10	185	1
Compost de biosolides municipaux	15	180	1
Biosolide municipal – étangs aérés	10	175	1
Digestat de ROTS	10	160	1
Résidu de désencrage	15	35	0

État (consistance)

La consistance de la matière est basée sur la valeur moyenne de la teneur en eau (ou le % de matière sèche) d'un type produit et non à partir d'un écart de valeurs.

Effet chaulant

Selon la norme BNQ 0419-090, le pouvoir neutralisant (PN) des amendements calciques et magnésiens (ACM) est exprimé sur une base sèche et doit être supérieur ou égal à 25 %. Conséquemment, parmi les 13 produits sélectionnés, seules les cendres de l'industrie forestière (secteur des pâtes et papiers surtout) et les résidus de désencrage ont été identifiés comme amendement calcique ou magnésien. Pour les cendres, une efficacité de 100 % a été considérée dans l'élaboration de la fiche.

Valeur fertilisante par tonne humide

Le symbole « ⊙ » a été utilisé dans les tableaux « Valeur fertilisante par tonne humide (t.h.) » et « Composition » lorsque les données n'étaient pas disponibles, inconnues ou insuffisantes (limitées) pour établir des valeurs typiques.

Cas particulier des fumiers et lisiers

Pour les éléments nutritifs majeurs, les écarts de valeurs ont été déterminés en utilisant les moyennes et les écarts-types présentés dans les valeurs de référence du CRAAQ (2020). Pour les autres paramètres, des données (non publiées) ont été obtenues auprès du MAPAQ. Compte tenu du nombre important d'observations fournies, les écarts de valeurs ont été déterminés en utilisant la valeur moyenne \pm deux écarts-types.

Doses d'épandage

Les doses d'épandage (voir tableau 1.6) des MRF et effluents d'élevage présentées sur base humide représentent un écart de doses réalistes. Ces informations ont été obtenues notamment grâce à la contribution de nombreux agronomes du Québec œuvrant sur le terrain. En aucun cas il ne s'agit de recommandations agronomiques.

Pour les fumiers et lisiers, une vingtaine d'agronomes de diverses régions du Québec ont fourni des données sur les doses d'épandage usuellement appliquées dans leur région respective permettant ainsi de construire un écart réaliste ainsi qu'une dose moyenne d'application aux champs pour les quatre types d'effluents d'élevage.

Pour les biosolides papetiers mixtes, les biosolides municipaux, les composts, les résidus de désencrage et les cendres, les doses moyennes d'épandage proviennent notamment du [Bilan](#)

[2015 du recyclage des matières résiduelles fertilisantes](#) (MDDELCC, 2016). Sur la base de ces valeurs, les moyennes et les écarts moyens ont été choisis et retenus dans l’optique de présenter des doses réalistes pour chaque MRF sélectionnée.

Pour les digestats, la littérature et les données existantes québécoises ont permis d’établir un dosage représentatif, bien que les épandages pour ce type de matière ne soient pas encore une pratique très développée au Québec. Actuellement, une dose moyenne de 12 t./ha et des applications au sol variant de 5 à 20 t.h./ha apparaissent représentatives pour les activités d’épandage des digestats de biosolides. Pour les digestats de ROTS, une dose moyenne de 10 t./ha et des applications au sol variant de 5 à 15 t.h./ha ont été retenues.

À ce jour, l’épandage de composts en agriculture n’a pas été une pratique courante en raison possiblement du coût d’achat du produit alors que plusieurs MRF non transformées sont offertes à peu de frais. Conséquemment, les tonnages et les doses épandues de composts sont faibles. Il a été considéré qu’une dose moyenne d’application de 15 t.h./ha variant de 10 à 25 t.h./ha était réaliste d’un point de vue des apports en matière organique stabilisée et en éléments fertilisants.

Tableau 1.6. Dosages généralement observés au Québec par type de matière

	Dose moyenne	Valeur inférieure	Valeur supérieure
	t.h./ha	t.h./ha	t.h./ha
EFFLUENTS D’ÉLEVAGE			
Fumier de bovins laitiers	20	10	30
Fumier de volailles (poulets à griller)	5	3	8
Lisier de bovins laitiers	35	20	55
Lisier de porcs (en croissance)	35	20	50
MRF			
Biosolide papetier mixte	30	15	40
Résidu de désencrage	15	5	25
Compost de biosolides municipaux	15	10	25
Compost de ROTS	15	10	25
Digestat de ROTS	10	5	15
Biosolide municipal de stations mécanisées	10	5	15
Biosolide municipal – étangs aérés	10	5	15
Digestat de biosolides municipaux	12	5	20
Cendre de l’industrie forestière	8	5	10

Conditions particulières d'utilisation des MRF en agriculture

En raison de la nature et de la variabilité intrinsèque de chacune des MRF présentées dans les fiches « produit générique » (ex. : état, composition), les informations de cette section ont été rédigées spécifiquement pour chacune des neuf MRF génériques. Ces informations diffèrent donc des choix du menu déroulant de la section « Conditions particulières d'utilisation des MRF en agriculture » du gabarit interactif.

Quant aux fumiers et lisiers, les conditions d'utilisation étant différentes des MRF, elles ont été établies distinctement pour les effluents d'élevage.

Encadrement du recyclage et normes et programmes volontaires

Le gabarit de fiche technique a été développé avant tout pour des MRF. Conséquemment, la section portant sur l'encadrement du recyclage et les normes et programmes volontaires ne s'appliquent pas aux effluents d'élevage. De plus, pour les « produits génériques », il n'a pas été possible de compléter la plupart des informations de cette section puisqu'elles s'appliquent au cas par cas, selon la nature d'une MRF donnée.

Le plan agroenvironnemental de recyclage (PAER) s'inscrit dans le cadre de projets de recyclage de MRF nécessitant une démarche administrative ou légale auprès du MELCC, soit sous forme d'autorisation ministérielle (anciennement un certificat d'autorisation), de déclaration de conformité (anciennement appelée avis de projet) ou d'autres processus ([Grille de référence de l'Ordre relative à un plan agroenvironnemental de recyclage des matières résiduelles fertilisantes](#), OAQ, 2017). Ainsi, la note suivante a été ajoutée sur les fiches « produit générique » pour certaines MRF : *PAER non requis si aucune démarche administrative auprès du MELCC n'est nécessaire.*

Composition

Le symbole ☉ a été utilisé dans les tableaux « Valeur fertilisante par tonne humide (t.h.) » et « Composition » lorsque, lors de l'élaboration des fiches « produit générique », les données n'étaient pas disponibles, inconnues ou insuffisantes (limitées) pour établir des valeurs typiques.

Informations utiles

Profil

L'allégation « Produit au profil d'amendement ou de fertilisant dominant » a été utilisée pour les matières qui se sont vu attribuer trois crochets pour leur apport en matière organique ou en éléments fertilisants majeurs. Les valeurs sont présentées au tableau 1.7.

Tableau 1.7. Dominance de profils amendant, fertilisant ou chaulant – valeurs et matières concernées

Profil amendant dominant > 3000 en kg MO /ha (b.h)	Profil fertilisant dominant > 300 kg (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) /ha (b.h)	Profil chaulant dominant ≥ 25 % Eq. CaCO ₃ (b.s.)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Biosolide papetier mixte ✓ Compost de biosolides municipaux 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fumier solide de volailles (poulets à griller) ✓ Lisier de porcs (en croissance) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Résidu de désencrage ✓ Cendre – Industrie forestière

Apports à souligner

En fonction des valeurs de l'ensemble des 13 matières, il a semblé intéressant de souligner, pour une MRF ou effluent d'élevage donné, les apports d'éléments fertilisants ou de matière organique au-dessus de la moyenne. Conséquemment, une mention apparaît à la section « Informations utiles » lorsque l'application d'une matière permet l'apport d'un élément (dose d'application moyenne multipliée par contenu humide de l'élément) en quantité supérieure à la valeur moyenne des 13 matières.

Les valeurs établies (voir tableau 1.8) ne découlent pas d'une approche statistique basée sur une analyse de variance ou des calculs d'écart-type. Elles ont plutôt été déterminées de façon empirique en prenant en considération un pourcentage d'écart à partir duquel les valeurs des apports se démarquent sensiblement des valeurs moyennes. Ainsi, quand l'apport calculé pour un élément est supérieur ou égal à la valeur moyenne additionnée de son d'écart, l'allégation d' « Apport intéressant à souligner » a été indiquée. Lorsque cet apport est égal ou supérieur au double de cette valeur (moyenne + écart), il est indiqué « Apport important à souligner ». Voir le tableau 1.9 qui résume les apports à souligner en fonction de cette approche de calcul qui, rappelons-le, dépend de la dose d'application qui varie en fonction de plusieurs paramètres (type de culture et de sol, moment de l'application, etc.).

Tableau 1.8. Valeurs minimales pour alléguer un apport intéressant ou important

	Valeurs moyennes des 13 matières (kg/ha)	Écart établi		Apport intéressant Valeur minimale (kg/ha)	Apport important Valeur minimale (kg/ha)
		(%)	(kg/ha)		
MO	2500	+ 20 %	+ 500	≥ 3000	≥ 6000
N_{tot}	100	+ 20 %	+ 20	≥ 120	≥ 240
P₂O₅	80	+ 20 %	+ 15	≥ 95	≥ 190
K₂O	60	+ 25 %	+ 15	≥ 75	≥ 150
Ca	280	+ 25 %	+ 70	≥ 350	≥ 700
Mg	25	+ 25 %	+ 5	≥ 30	≥ 60

Tableau 1.9. Allégations « Apport intéressant ou important à souligner » pour les différentes matières

	Apport intéressant à souligner	Apport important à souligner
MO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fumier de bovins laitiers ✓ Compost de biosolides municipaux ✓ Compost de ROTS ✓ Résidu de désencrage 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Biosolide papetier mixte
N	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Biosolide papetier mixte ✓ Fumier de volailles (poulets à griller) ✓ Lisier de porcs (en croissance) ✓ Digestat de biosolides municipaux 	S.O.
P₂O₅	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fumier de volailles (poulets à griller) ✓ Digestat de biométhanisation de biosolides municipaux ✓ Biosolide municipal – étangs aérés 	S.O.
K₂O	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fumier de volailles (poulets à griller) ✓ Fumier de bovins laitiers ✓ Lisier de bovins laitiers ✓ Lisier de porcs (en croissance) ✓ Compost de ROTS 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cendre – Industrie forestière
Ca	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Biosolide papetier mixte 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Résidu de désencrage ✓ Cendre – Industrie forestière
Mg	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compost de ROTS 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cendre – Industrie forestière

1.4 Bibliographie

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (BNQ) (2015). Norme : *Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels* (BNQ 0419-090), 48 p.

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (BNQ) (2016). Norme nationale du Canada : *Amendements organiques - Composts* (BNQ 0413-200), 38 p.

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2020). *Valeurs références pour les volumes et les concentrations d'éléments fertilisants dans les effluents d'élevage*, 36 p. [[En ligne](#)].

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2013). *Production d'œufs de consommation, Protocole de caractérisation des fumiers*, CRAAQ, 15 p. [[En ligne](#)].

GODBOUT, S., J.H. PALACIOS et P. BRASSARD (2012). *Avenues pour la valorisation des cendres de combustion de la biomasse*, FT100035Fe (03-12-2012) IRDA, 2 p. [[En ligne](#)].

HÉBERT, M. et B. BRETON (2008). Recyclage agricole des cendres de bois au Québec – État de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales, AGROSOLUTIONS, Vol.19, No 2, Décembre, 16 p. [[En ligne](#)]

INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT (IRDA) (2014). *Travaux préparatoires sur les composts en vue de la révision de la norme CAN/BNQ 0413-200*, IRDA, 26 p.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC (MAPAQ) (1983). *Manuel de gestion agricole des fumiers*, Gouvernement du Québec, MAPAQ, 227 p.

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*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ISBN 978-2-550-76831-9 p. [[En ligne](#)].

MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE (MAMOT) (2014). *Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2013*, Rapport Ouvrage de surverse et stations d'épuration, Gouvernement du Québec, ISBN 978-2-550-70842-1, 44 p. + Annexes. [[En ligne](#)].

ORDRE DES AGRONOMES DU QUÉBEC (OAQ) (2017). *Grille de référence de l'Ordre relative à un plan agroenvironnemental de recyclage des matières résiduelles fertilisantes*, 17 juin, 8 p. + Annexes. [En ligne].

PARTIE 2 – REMPLIR UNE FICHE MRF À L’AIDE DU GABARIT INTERACTIF

MISES EN GARDE

Remplir une fiche technique MRF à partir du [gabarit](#) constitue un acte agronomique. Conséquemment, cet exercice doit être réalisé ou supervisé par un agronome.

2.1 Notes à l'utilisateur

Les valeurs présentées dans les fiches génériques proviennent de diverses sources incluant, dans certains cas, des publications d'origine québécoise et étrangère citées dans la bibliographie. Dans tous les cas, il s'agit de valeurs de référence présentées dans le but de faciliter la comparaison entre les diverses MRF.

Les fiches se veulent un outil d'aide à la décision. Conséquemment, les données qu'elles contiennent sont présentées à titre informatif et ne doivent en aucun cas être considérées comme une recommandation agronomique. Dans la grande majorité des situations, le plan agroenvironnemental de recyclage (PAER) constitue le document qui contient les recommandations de fertilisation liées au recyclage des MRF.

Il en va de même pour les données qui seront présentées dans les fiches techniques éventuellement remplies sur la base du gabarit proposé et qui ne devront pas être utilisées pour établir un programme de fertilisation et qui ne devront, en aucun cas, se substituer aux valeurs réelles issues d'une caractérisation adéquate et conforme des MRF ou effluent d'élevage permettant d'établir un programme de fertilisation. Toute décision basée sur l'information présentée dans les fiches est sous l'entière responsabilité de l'utilisateur.

INSTRUCTIONS GÉNÉRALES POUR L'UTILISATION DU GABARIT

- Plusieurs informations sont requises pour élaborer une fiche technique MRF sur la base du [gabarit interactif](#). Voir l'annexe 1.
- Une case qui requiert un crochet ou un X et qui est laissée vide signifie que le paramètre ne s'applique pas. Il revient à l'agronome de s'assurer que toutes les sections ont été considérées et adéquatement complétées.
- Pour les cases comportant une valeur numérique, inscrire les lettres NA pour désigner une information « Non applicable ».
- Pour les cases comportant une valeur numérique, utilisez le signe « ⊙ » lorsque l'information n'est pas disponible ou inconnue.
- Certains tableaux de la fiche interactive comportent des choix prédéterminés avec menu déroulant (texte déroulant indiqué en vert dans le présent document).
- Lorsque la case à remplir contient un tiret « - », un écart de valeur est requis.

2.2 Paramètres et informations à compléter

Type et nom de la MRF

The diagram illustrates the layout of the MRF form. It features a large light blue rectangular area at the top for the title, a smaller light blue rectangular area below it for the product name, and a grey button labeled 'Ajouter un logo' to the right of the product name area.

Entrer le type de MRF. Ex. : Compost de résidus verts, Biosolides municipaux, Cendres de bois, Digestat de résidus de table, Résidus de désencrage, etc. Voir le document d'accompagnement pour plus d'exemples.

CONSIGNES :

Dans le bandeau supérieur du recto, indiquer en majuscule, le nom de la MRF.

La terminologie utilisée pour le type de MRF doit prioritairement provenir de sources québécoises telles que des règlements, des normes et des guides qui encadrent déjà l'utilisation des MRF au Québec. Voir l'annexe 2 pour plus d'informations sur des exemples de noms de produits.

S'il s'agit d'une matière issue d'un traitement biologique, l'emploi des termes compost ou digestat doit précéder le nom de la MRF (ex. : compost de biosolides municipaux, digestat de résidus organiques triés à la source). À titre d'exemple, un digestat composté issu d'un mélange de résidus alimentaires et de biosolides municipaux s'intitulerait : « Compost de digestats de résidus alimentaires et de biosolides municipaux ».

Entrez le nom commercial du produit

CONSIGNES :

Si applicable, inscrire le nom commercial (marque de commerce) du produit sur la dernière ligne de l'emplacement prévu pour le titre de la MRF.

Ajouter une image

Il est possible d'insérer une photo de la MRF.

L'image pourra être insérée en cliquant sur la zone grisée appropriée et en sélectionnant « Parcourir » pour sélectionner le fichier désiré.

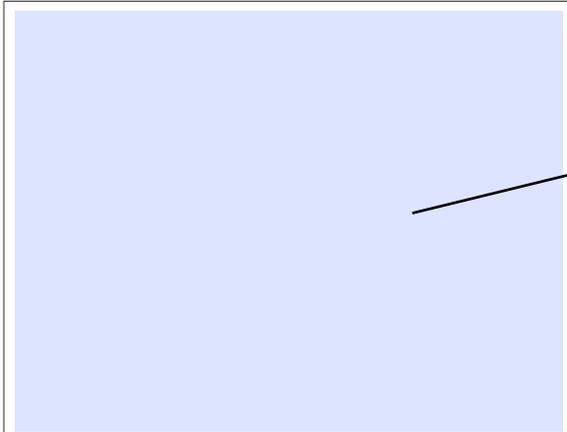
Ajouter un logo

Il est possible d'ajouter un logo d'entreprise.

Il pourra être inséré en cliquant sur la zone grisée appropriée et en sélectionnant « Parcourir » pour sélectionner le fichier désiré.

Description de la MRF

DESCRIPTION



Décrire brièvement la MRF avec des informations pertinentes pour l'utilisateur : origine des matières, procédés de traitements biologiques ou chimiques qu'elle a subis (compostage, biométhanisation, chaulage), procédés de conditionnement et d'affinage utilisés (broyage, tamisage) et autres procédés qui ont modifié l'état initial de la MRF (séchage, granulation).

La terminologie utilisée pour décrire la MRF devrait prioritairement correspondre à celle usuellement utilisée au Québec dans les règlements, les normes et les guides qui encadrent déjà l'utilisation des MRF au Québec. Voir à titre d'exemple, les descriptions des neuf fiches MRF « produit générique ».

Il est important de préciser l'origine des MRF et les procédés de transformation ou de conditionnement qu'elles ont subis (broyage, tamisage, séchage, granulation, etc.), car ces informations peuvent permettre à l'utilisateur de mieux anticiper certains comportements d'une MRF utilisée comme amendement et/ou fertilisant.

Apport en matière organique (valeur amendante)

Apport en matière organique



Cocher le nombre de cases indiquant l'apport en matière organique. Voir les valeurs correspondantes dans le document d'accompagnement.

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

= Négligeable = Peu
 = Moyen = Élevé

CONSIGNES :

En fonction de la valeur moyenne de l'apport en matière organique (kg/ha) pour une dose d'application déterminée, marquer d'un crochet le nombre de cases appropriées.

Pour l'apport en matière organique totale, une classification à quatre niveaux d'intensité (négligeable, peu, moyen, élevé) a été retenue. L'apport en matière organique (kg/ha) se calcule en multipliant la concentration de la matière organique totale (en kg/t.h.) de la MRF par une dose représentative moyenne en t.h./ha. La dose en t.h./ha doit être inscrite sous les cases de l'intensité de l'apport en fertilisants.

Pour l'apport de matière organique totale en kg humide/ha, les valeurs associées au nombre de crochets sont présentées au tableau suivant.

Tableau 2.1. Valeur amendante et nombre de crochets associé

Apport en matière organique (MO) (kg/ha sur b.h.)	Nombre de crochets
≤ 100	0
> 100 - ≤ 1 700	1
>1 700 - ≤ 3 300	2
> 3 300	3

Le niveau d'intensité des apports le plus élevé est représenté par trois (3) crochets alors qu'un niveau d'intensité négligeable (inférieur à 100 kg de MO/ha) est représenté par l'absence de crochet.

La quantité de matière organique apportée par une dose moyenne ainsi que le nombre de crochets associé ne tiennent pas compte de la nature de la matière organique, mais uniquement de la quantité. Ainsi, un compost pourra apporter moins de matière organique totale qu'une MRF non compostée, mais la forme de cette matière aura été stabilisée par une phase de compostage préalable.

Apport en éléments fertilisants majeurs

Apport en fertilisants

Cocher le nombre de cases indiquant l'apport en fertilisant. Voir les valeurs correspondantes dans le document d'accompagnement.

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

<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> = Négligeable	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> = Peu
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> = Moyen	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> = Élevé

CONSIGNES :

En fonction de la valeur de la somme des apports moyens en éléments fertilisants majeurs (kg/ha) pour une dose fixée, marquer d'un crochet le nombre de cases approprié.

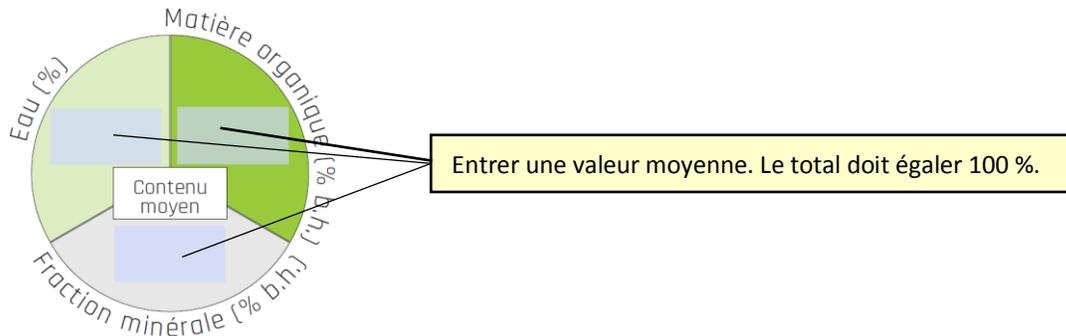
Pour l'apport en fertilisants majeurs totaux, une classification à quatre niveaux d'intensité (négligeable, peu, moyen, élevé) a également été retenue. L'apport en N-P₂O₅-K₂O (kg/ha) se calcule en effectuant la somme des concentrations de N total, de P₂O₅ total et de K₂O total (kg/t.h.) de la MRF que l'on multiplie par une dose d'application représentative moyenne établie en t.h./ha. La dose en t.h./ha doit être inscrite sous les cases de l'intensité de l'apport en fertilisants.

Les apports en éléments fertilisants majeurs et le nombre de crochets associé sont présentés au tableau 2.2. Le nombre de crochets indique un niveau d'intensité du contenu en N-P₂O₅-K₂O des formes totales et ne tient pas compte des formes et des niveaux de disponibilité des éléments.

Tableau 2.2. Valeur fertilisante et nombre de crochets associé

Apport en fertilisants Somme de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (total) (kg/ha sur b.h.)	Nombre de crochets
≤ 100	0
> 100 - ≤ 200	1
> 200 - ≤ 300	2
> 300	3

Contenu moyen de la MRF en eau, matière organique et fraction minérale



CONSIGNES :

En fonction des teneurs moyennes de la MRF exprimées sur une base humide, indiquer les contenus moyens, exprimés pourcentages (%), de teneur en eau, de matière organique totale et de matière minérale.

Note : la somme des contenus des trois fractions, exprimées sur base humide, doit être égale à 100 %.

État (consistance) de la matière

Liquide	Semi-solide (Pâteux)	Solide humide	Sec	Granulé
<input type="checkbox"/>				

Cocher une seule case correspondante à l'état.

CONSIGNES :

En fonction de la teneur en eau moyenne (ou la plus représentative), indiquer à l'aide d'un crochet, l'état de la MRF telle qu'elle est offerte à l'utilisateur.

Note : La consistance de la MRF peut varier pour un même taux d'humidité.

Tel que présenté au tableau 2.3, une MRF peut être classée selon quatre consistances, lesquelles correspondent généralement aux valeurs de teneurs en eau (TEE) ou matière sèche (M.S.) présentées dans ce même tableau.

Tableau 2.3. État (consistance) d'une MRF en fonction de la teneur en eau (TEE) ou en matière sèche (M.S.)

État	TEE % b.h.	M.S. (% b.h.)
Liquide	≥ 90	≤ 10
Semi-solide (pâteux)	≥80 - <90	>10 - ≤20
Solides humides	>15 - <80	>20 - <85
Sec	≤ 15	≥ 85
Granulé	≤ 15	≥ 85

Note : (100 - % TEE = % M.S.)

Effet chaulant de la matière

Effet chaulant

Cocher si le produit a un PN plus grand ou égal à 25 % (b.s.).

CONSIGNES :

En fonction du pouvoir neutralisant de la MRF et des exigences de la norme 0419-090, indiquer l'effet chaulant d'une MRF à l'aide d'un crochet (lorsque le PN, exprimé sur une base sèche, est ≥ à 25 %).

Le contenu de certaines MRF en silicates, carbonates, hydroxydes ou oxydes de calcium ou de magnésium leur confère des propriétés d'amendements calciques ou magnésiens. La norme BNQ 0419-090 sur les amendements calciques ou magnésiens définit ce type de produit qui est utilisé principalement pour maintenir ou améliorer la qualité des sols en rehaussant le pH (BNQ, 2015). Les cendres de grille, les cendres volantes, les résidus de désencrage chaulant, certaines boues provenant des fabriques de pâtes et papiers, les poussières de four provenant des cimenteries et les coquilles d'œufs en sont quelques exemples.

L'effet chaulant est identifié sans échelle d'intensité par l'entremise d'une seule case à cocher indiquant si oui ou non, la MRF possède les caractéristiques d'un amendement calcique ou magnésien. La valeur minimale du pouvoir neutralisant (PN) de 25 % (b.s.) utilisée comme référence provient de la norme BNQ 0419-090 *Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels*.

Les propriétés chaulantes de la MRF sont précisées à l'aide des caractéristiques supplémentaires, soit l'équivalent de chaux, le pouvoir neutralisant (PN) et l'indice de valeur agricole (IVA).

Équivalent de chaux, pouvoir neutralisant (PN) et indice de valeur agricole (IVA) de la matière

Équivalent de chaux
t.h. MRF = 1 t. chaux
<input type="text"/>

Entrer une valeur moyenne sur base humide.

CONSIGNES :

Pour des fins de comparaisons uniformes entre les diverses matières, indiquer l'équivalent en chaux en utilisant une chaux agricole dont l'IVA est de 75 % (b.s.) et dont le taux de matière sèche est de 98 % (IVA b.h. = 73,5 % b.h. soit 75 % X 0,98).

Lorsque la MRF possède des caractéristiques chaulantes, il est intéressant de connaître la quantité de chaux qui pourrait être substituée par l'application de la MRF. En connaissant les IVA de la MRF et de la chaux sur une base humide, on peut calculer la quantité équivalente de MRF requise pour obtenir le même effet chaulant que procure l'application d'une tonne de chaux.

À titre d'exemple, avec des IVA (b.h.) d'une chaux agricole de 73,5 % (b.h.) et 40 % (b.h.) pour celui d'une MRF, il faudra 1,8 tonne humide de la MRF pour obtenir un résultat similaire à l'application d'une tonne de chaux (IVA chaux 73,5 % ÷ IVA MRF 40 % = 1,84).

PN Pouvoir neutralisant
% équivalent CaCO_3 b.s.
<input type="text"/>

Entrer une valeur moyenne sur base sèche.

CONSIGNES :

Indiquer la valeur moyenne ou un écart de valeurs du pouvoir neutralisant exprimé en % sur base sèche.

La norme BNQ sur les ACM définit le pouvoir neutralisant PN comme la « Capacité d'un produit de neutraliser l'acidité des sols », exprimé par convention en pourcentage d'équivalent de carbonate de calcium (CaCO_3) ou % ÉCC (BNQ, 2015).

Selon la norme BNQ, le pouvoir neutralisant (PN) des ACM est exprimé sur une base sèche et doit être supérieur ou égal à 25 %. Il est déterminé en laboratoire à l'aide d'une méthode de titrage et se calcule en utilisant la formule suivante :

$$\text{CO}_2 (\%) \times 2,273 = \text{PN} (\%) \text{ (en équivalent de CaCO}_3\text{) de la fraction des carbonates}$$

On utilise la valeur du pouvoir neutralisant PN des MRF exprimée en % sur une base humide quand on veut déterminer l'IVA de la MRF ainsi qu'une équivalence des quantités de MRF à épandre pour obtenir un effet chaulant équivalent à celui de la chaux.

IVA
Indice de
valeur agricole

% b.h.

Entrer une valeur moyenne sur base.

CONSIGNES :

Indiquer la valeur de l'indice de valeur agricole en % de la b.h.

La norme BNQ sur les amendements calciques ou magnésiens (ACM) définit l'indice de valeur agricole (IVA) comme le « *nombre résultant de la multiplication du pouvoir neutralisant (PN) (b.h.) par l'efficacité (b.h.) et exprimant, en pourcentage et sur une base humide, la valeur des ACM* ». Ainsi :

$$\text{IVA} = \text{PN}_{\text{bh}} \times \text{E}$$

- où IVA : indice de valeur agricole, exprimé en % de la masse sur une base humide;
PN_{bh} : pouvoir neutralisant, exprimé en % de la masse sur une base humide;
E : efficacité, exprimé en % de la masse sur une base humide.

Pour les MRF, l'efficacité est un indice, en %, qui exprime le taux moyen de réaction des particules d'amendements calciques et magnésiens avec le sol et qui est basé sur la finesse des particules (BNQ, 2015). Pour certaines MRF dont les résidus de désencrage, la méthode par incubation des sols est mieux adaptée.

Valeur fertilisante de la MRF

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.)						
Disponibilité potentielle 1 ^{re} année						

Entrer des écarts de valeurs.

Compléter le tableau en indiquant un écart de valeurs pour les contenus de la MRF en matière sèche (en %), en éléments fertilisants majeurs totaux (en kg/t.h.) ainsi que la quantité potentiellement disponible des éléments la première année (en kg/t.h.).

Pour cette section de la fiche, il a été jugé préférable de présenter les concentrations en éléments fertilisants majeurs sur une base humide pour évaluer les quantités apportées suite à l'application du produit tel qu'il est épandu.

Les caractéristiques agronomiques retenues et leur forme sont :

- M.S. : Teneur en matière sèche.
- N_{tot} : Teneur en azote total mesuré par la méthode Kjeldahl; comprend toutes les formes d'azote minéral et organique sauf les formes oxydées (nitrites, nitrates).
- N-NH₄ : Teneur en azote sous forme ammoniacale.
- N_{org} : Teneur en azote sous forme organique.
L'azote organique est obtenu comme suit : N total – N minéral = N organique.
- P₂O₅ et K₂O: Teneurs en phosphore et en potassium exprimées respectivement sous forme d'anhydride phosphorique et de potasse.

Le tableau de la fiche qui présente la quantité de fertilisants par tonne humide de MRF prévoit une ligne intitulée « Disponibilité potentielle 1^{re} année » pour les trois éléments fertilisants majeurs N_{tot}, P₂O₅ et K₂O. La quantité d'éléments fertilisants qui sont potentiellement disponibles aux plantes la 1^{re} année suivant l'application est une information utile, voire essentielle. Conséquemment, il appartient aux agronomes d'établir les quantités potentielles disponibles en utilisant les coefficients d'efficacité adéquats. Les valeurs établies et présentées doivent avoir été validées par un agronome.

Aucun coefficient d'efficacité indiquant la disponibilité potentielle des éléments majeurs n'est présenté dans les fiches en raison principalement de la difficulté à établir des valeurs représentatives. En effet, les coefficients d'efficacité sont très variables, notamment en fonction des conditions pédoclimatiques et des méthodes d'épandage. Il en résulte ainsi d'importants écarts de valeurs rendant l'information peu pertinente. Par ailleurs, il importe de rappeler que

les fiches ne doivent en aucun cas servir à l'établissement de recommandations agronomiques et qu'elles ne doivent pas être associées à des scénarios spécifiques (ex. : pour céréales à l'automne sur sols argileux).

Les coefficients d'efficacité permettant d'établir les quantités d'éléments majeurs disponibles pendant la 1^{re} année de croissance sont déjà disponibles, pour certaines matières dans le guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2013) et il n'était pas dans l'objectif des fiches de présenter l'information déjà existante. Le chapitre 10 du Guide de référence en fertilisation constitue un ouvrage de référence québécois qui présente plusieurs valeurs de coefficients d'efficacité pour l'azote, le phosphore et le potassium pour quelques MRF et en fonction de nombreux critères et scénarios.

Bien que les fiches ne présentent aucune information sur la disponibilité des éléments fertilisants à long terme (au-delà de la 1^{re} année), rappelons que les MRF peuvent avoir un arrière-effet azoté et que l'azote organique apporté au sol peut devenir disponible après plusieurs mois ou même quelques années (CRAAQ, 2013). Le chapitre 10 du Guide de référence en fertilisation présente des coefficients d'efficacité d'arrière-effet azoté en fonction du rapport C/N de la MRF organique.

Dose et masse volumique apparente humide



Entrer la valeur d'une dose minimale acceptable. /
Entrer la valeur d'une dose maximale acceptable.

CONSIGNES :

Inscrire un écart de valeurs (obligatoire) qui indique des doses potentielles moyennes d'application au sol en tonne humide/hectare. Exemple : 20 – 40 tonnes humides.



Entrer la valeur de la masse volumique apparente humide minimale acceptable. / Entrer la valeur de la masse volumique apparente humide maximale acceptable.

CONSIGNE :

Indiquer un écart de valeurs (pour les matières solides) pour la masse volumique apparente humide en kg/m³.

La masse volumique apparente humide (MVAH) aussi appelée « densité apparente » correspond à la masse humide d'un échantillon (kg) contenue dans un volume déterminé de 1 m³.

Pour un tonnage connu, il est possible d'estimer le volume d'un produit à épandre à l'aide de la masse volumique (densité). Il importe de rappeler toutefois que la valeur de la MVAH d'un produit varie en fonction de plusieurs facteurs dont la teneur en eau du matériel et son niveau de compaction. Selon la méthode utilisée en laboratoire ou au champ, il peut y avoir des différences significatives quant à la valeur obtenue.

Tel que défini dans le « Protocole de caractérisation des fumiers – Production d'œufs de consommation du CRAAQ » (CRAAQ, 2013), la masse volumique apparente des fumiers solides est évaluée à partir du volume et de la pesée des camions ou des épandeurs au moyen de balances commerciales ou électroniques portatives. Cette approche devrait être préconisée pour les MRF solides.

Si la pesée des camions ou des épandeurs constitue une contrainte ou n'est pas possible, la technique de la chaudière pour les fumiers de volailles peut être utilisée pour le calcul de la masse volumique apparente humide des MRF (CRAAQ, 2013).

En raison de la variabilité de ce paramètre, un écart représentatif de valeurs pour la MVAH doit être indiqué.

Mode d'entreposage et épandeurs appropriés

ENTREPOSAGE ET ÉPANDAGE AGRICOLE

Modes d'entreposage

-	▼
-	▼

Choisir les modes d'entreposage possibles. Utiliser plus d'une case au besoin.

Types d'épandeurs

-	▼
-	▼

Choisir les types d'épandeurs appropriés. Utiliser plus d'une case au besoin.

CONSIGNES :

Les informations concernant les modes d'entreposage possibles chez le récepteur de MRF et le type d'épandeur préconisé doivent être complétées à l'aide de menus déroulants.

Contenus des menus déroulants :

Modes d'entreposage	Types d'épandeurs
Amas au champ possible	Fumier solide conventionnel
Aucun amas au champ permis	Fumier solide à batteurs verticaux (de précision)
Structure étanche possible	Épandeur à chaux
Structure étanche obligatoire	Épandeur à engrais granulaire
	Lisiers
	Lisiers avec rampes basses ou pendillards obligatoires

Disponibilité de la MRF

Disponibilité

À l'année

Printemps

Été

Automne

Cocher si applicable.

CONSIGNES :

Les informations concernant la disponibilité de la MRF dans le temps pour l'utilisateur doivent être complétées à l'aide de crochets.

Niveau d'odeur de la matière

Intensité de l'odeur

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

Cocher le nombre de cases correspondant à l'intensité de l'odeur.
1 : Odeur < fumier solide de bovins laitiers
2 : Odeur = fumier solide de bovins laitiers
3 : Odeur ≥ fumier solide de bovins laitiers, mais ≤ lisier de porcs.

CONSIGNES :

En fonction de la classification des odeurs établie à priori ou mesurée, marquer d'un crochet le nombre de cases appropriées correspondant au niveau d'odeurs O1, O2, O3 tel que défini dans le Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes (MDDELCC, 2015) et présenté au tableau 2.4.

La fiche illustre, en guise de rappel, la classification des odeurs développée par le MELCC à l'aide de pictogrammes.

Tableau 2.4. Niveaux d’odeurs de la MRF et nombre de crochets associé

Description (Guide MRF – Édition 2015, MELCC)	Nombre de crochets
Odeurs < fumier solide de bovins laitiers	1
Odeurs de niveau semblable au fumier solide de bovins laitiers	2
Odeurs ≥ au fumier solide de bovins laitiers mais ≤ lisier de porcs	3

À noter que les MRF « hors catégories » ne peuvent pas être recyclées en agriculture et ne doivent donc pas être épandues sauf dans des cas exceptionnels (Guide MRF, édition 2015).

Conditions particulières d’utilisation de la matière

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

-	
-	
-	

Indiquer les principales conditions d’utilisation qui s’appliquent. Utiliser plus d’une case au besoin.

CONSIGNES :

Les informations concernant les principales conditions d’utilisation en agriculture doivent être complétées à l’aide des informations du menu déroulant.

Les MRF sont classées en fonction de leurs caractéristiques environnementales C-P-O-E qui ont été établies par le MELCC et présentées dans l’édition 2015 du Guide sur le recyclage des MRF. Chaque MRF est classifiée selon sa teneur en contaminants chimiques (catégories C1 et C2), en agents pathogènes (catégories P1 et P2), selon son niveau d’odeurs (catégories O1, O2 et O3) et sa teneur en corps étrangers (catégories E1 et E2).

Compte tenu des nombreux critères qui permettent d’établir la classification d’une MRF et de la difficulté d’associer les caractéristiques C-P-O-E d’une MRF avec une unique classe 1, 2 ou 3, la classification C-P-O-E correspondante de la MRF n’est pas indiquée sur la fiche. Toutefois, sur la base de cette classification, certaines conditions d’utilisation qui en découlent sont proposées à l’aide d’un menu déroulant. La sélection des conditions proposées dans ce menu a été faite en considérant les répercussions pratiques liées à l’utilisation du matériel sur une exploitation

agricole. La classification C-P-O-E de la MRF doit donc être connue par la personne qui complète une nouvelle fiche.

Il est de la responsabilité de l'agronome d'indiquer, sur la base de la classification C-P-O-E de la MRF, les principales restrictions d'usages qui s'appliquent en agriculture et qui devraient être connues par l'utilisateur afin qu'il puisse faire un choix éclairé (relativement aux distances séparatrices, restrictions de cultures, délais de récolte, limitation de la dose d'application, etc.).

Contenu du menu déroulant :

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

Épandage interdit sur cultures d'alimentation humaine ou pâturages en raison de matières fécales humaines ou pathogènes.

Délai de récolte ≥ 14 ou 36 mois après épandage sur cultures d'alimentation humaine en raison de pathogènes.

Délai de ≥ 12 mois avant le pâturage, en raison de pathogènes.

Délai de récolte > 30 jours si culture d'alimentation animale, en raison de pathogènes.

Épandage interdit sur pâturages, prairies et pour cultures de légumes racines, en raison de corps étrangers.

Épandage à ≥ 100 m de puits d'eau potable individuel ou alimentant ≤ 20 personnes, en raison de matières fécales humaines.

Stockage temporaire et épandage sans incorporation à ≥ 75 m du voisinage, en raison du niveau d'odeurs.

Stockage temporaire et épandage sans incorporation à ≥ 500 m du voisinage, en raison du niveau d'odeurs.

Épandage à ≥ 50 m ou ≥ 100 m du voisinage, en raison de pathogènes.

Dose d'application $\leq 13,2$ t (b.s.)/ ha / 3 ans, en raison de contaminants chimiques.

Incorporation au sol obligatoire en < 6 heures, en raison de pathogènes.

Usage non permis en agriculture biologique.

Usage non permis par le programme de salubrité à la ferme CanadaGAP.

Si d'autres conditions particulières doivent s'appliquer, elles peuvent être indiquées à l'emplacement « INFORMATIONS UTILES ».

Ces principales conditions d'utilisation ne représentent pas une liste exhaustive des restrictions. Consulter le Guide MRF du MELCC ou autre document réglementaire pour connaître l'ensemble des conditions d'utilisation s'appliquant à la MRF avant de remplir la fiche.

Note : Certaines conditions ou exigences de base n'ont pas été retenues afin de mettre en évidence les conditions d'utilisation plus spécifiques à la MRF et ayant un impact possible sur la décision de l'utilisateur d'épandre ou non une MRF, et ce, conformément à la réglementation existante. Ces conditions de base pourraient être spécifiées à la section « INFORMATIONS UTILES » de façon discrétionnaire.

Voici quelques exemples de conditions et exigences de base pour l'utilisation des MRF en agriculture (liste non exhaustive).

- Épandage des matières fertilisantes doit être réalisé sur sol non gelé et non enneigé.
- Interdiction d'épandre MRF et fumiers après 1^{er} octobre, sauf dans le cas où l'agronome qui réalise le PAEF précise une nouvelle période d'interdiction.
- Interdiction d'épandre et stocker fumiers et MRF, non certifiées conformes BNQ, à moins de 30 m d'un puits d'eau potable individuel ou desservant ≤ 20 personnes.
- L'amas ne doit pas être situé au même endroit dans une même année civile.
- Volume maximum permis de 250 m³ du 23 au 30 novembre.
- Interdiction d'épandage à moins de 30 m d'un puits d'eau potable individuel ou alimentant ≤ 20 personnes.

Pour les autres secteurs d'utilisation (aménagement paysager, sylviculture, bordure de routes, terreaux, lieux dégradés, etc.), des informations additionnelles peuvent être indiquées à la section « INFORMATIONS UTILES » située au verso de la fiche.

Encadrement du recyclage applicable

ENCADREMENT DU RECYCLAGE

Déclaration de conformité (DC)	<input type="checkbox"/>
Autorisation ministérielle (MELCC)	<input type="checkbox"/>
Plan agroenvironnemental de recyclage (PAER)	<input type="checkbox"/>

Cocher si applicable.

CONSIGNES :

Indiquer à l'aide de crochet(s) les options applicables parmi celles présentées.

Normes et programmes volontaires applicables

NORMES ET PROGRAMMES VOLONTAIRES

MRF certifiée conforme par le BNQ	<input type="checkbox"/>
MRF enregistrée ou exemptée d'enregistrement par l'ACIA	<input type="checkbox"/>

Cocher si applicable.

Pour les exploitations agricoles détentrices d'une certification ou exigences particulières (ex. : agriculture biologique, CanadaGAP), il est important de vérifier la conformité de la matière résiduelle fertilisante (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 chimiques)

COMPOSITION	
Paramètres Contenu moyen total	mg/kg Base sèche
Azote total (N)	
Phosphore (P)	
Potassium (K)	
Calcium (Ca)	
Magnésium (Mg)	
Soufre (S)	
Cuivre (Cu)	
Zinc (Zn)	
Bore (B)	
Aluminium (Al)	
Fer (Fe)	
Sodium (Na)	

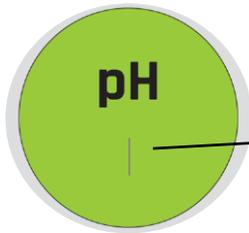
Entrer une valeur moyenne ou, en cas de trop grande variabilité, entrer un écart de valeurs.

Le contenu moyen total en éléments fertilisants majeurs, secondaires, oligo-éléments et autres éléments traces de la MRF est présenté sous forme élémentaire en mg/kg de matière sèche afin de permettre la comparaison entre MRF selon une présentation adoptée dans certains outils et documents (ex. : Guide MRF, normes BNQ).

Le sodium a été inclus dans la liste, car on le retrouve à des concentrations non négligeables dans certains fumiers et MRF d'origine agroalimentaire. Plusieurs autres éléments tels que le soufre, le bore et autres éléments mineurs ainsi que certains éléments traces métalliques pourraient être présents à des concentrations qui méritent d'être mentionnées pour des raisons d'ordre agronomique ou environnemental.

Deux lignes vides supplémentaires sont également disponibles dans l'éventualité où l'agronome considère qu'il est important de porter une attention particulière aux concentrations de certains éléments additionnels comme le manganèse (Mn) et le molybdène (Mo) et, de mentionner au besoin, les impacts potentiels découlant de l'utilisation de la MRF à la section « INFORMATIONS UTILES ».

Valeur de pH

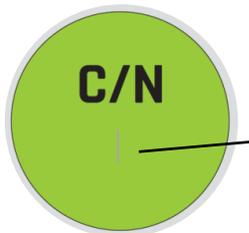


Entrer une valeur moyenne ou, en cas de trop grande variabilité, entrer un écart de valeurs.

CONSIGNES :

Indiquer dans la pastille la valeur moyenne ou un écart de valeurs du pH à l'eau.

Valeur de C/N



Entrer une valeur moyenne.

CONSIGNES :

Indiquer dans la pastille la valeur moyenne du ratio carbone/azote.

Note : Le C/N définit le ratio du carbone organique total et de l'azote total. Cette valeur peut provenir d'analyses de C total et N total obtenues par combustion ou par le calcul suivant :

$$\frac{\% \text{ MO (obtenu par perte au feu)}/2}{\% \text{ azote total}}$$

Dans le domaine du compostage, le rapport C/N est utilisé notamment comme un indicateur de maturité, mais l'absence de précisions sur les formes de carbone et d'azote d'une matière (biomasse, résidu organique, MRF) en font un indicateur de stabilité peu fiable.

Dans le domaine de la fertilisation, le C/N est utilisé pour déterminer, entre autres, l'efficacité ou la disponibilité de l'azote de certaines MRF pour la 1^{re} année suivant l'application ainsi que pour l'efficacité agronomique de certains fumiers solides (CRAAQ, chapitre 10, 2013).

Il est généralement rapporté qu'une MRF ayant un rapport C/N supérieur à 30 peut occasionner une immobilisation temporaire de l'azote au détriment des plantes. Sur le terrain, l'intensité d'une immobilisation anticipée de l'azote par les microorganismes dépendra notamment des formes de carbone et d'azote présentes dans la MRF.

Immobilisation d'azote induite par la matière

Immobilisation d'azote

<input type="checkbox"/>	Cocher si le produit immobilise l'azote de façon significative.
--------------------------	---

L'agronome doit considérer les répercussions agronomiques et économiques inhérentes à l'épandage d'une MRF ayant un C/N suffisamment élevé pour induire une immobilisation de l'azote par les microorganismes du sol. Pour cette raison, le gabarit comporte une case qui doit être cochée lorsqu'un risque d'immobilisation d'azote (risque connu, démontré, observé ou probable) est anticipé pour l'application de la MRF à la dose moyenne établie.

Carbone organique total

C org. total (% b.s.)	Au-delà du strict contenu en C org. total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MO permet de préciser les formes de C en jeu et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus.
<input type="text"/>	

Entrer une valeur moyenne.

CONSIGNES :

Indiquer dans la pastille la valeur moyenne ou un écart de valeurs du pourcentage de carbone (C) sur une base sèche.

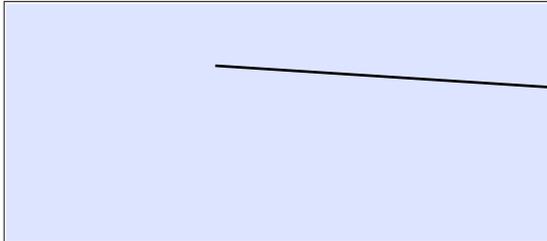
Le carbone organique total est mesuré en laboratoire à l'aide de la méthode par combustion (Leco) ou par perte au feu. Pour cette dernière méthode, il est de pratique courante avec les matières résiduelles et biomasses riches en matière organique, de diviser le % de matière organique obtenu par perte au feu par deux pour calculer ainsi le % de C total.

Au-delà du strict contenu en C organique total d'une MRF, le fractionnement biochimique de la MO permet de préciser les formes de C impliquées (hémicellulose, cellulose, lignine, C soluble) et conséquemment, de mieux anticiper le potentiel d'une MRF à fournir de l'humus. Ces diverses formes de carbone, obtenues par fractionnement, ne sont pas des éléments qui ont été intégrés au gabarit principalement en raison du manque de données sur le sujet. Lorsque ce type d'analyses pourra être effectué de façon courante, il deviendra intéressant d'indiquer une

telle information sur les fiches techniques. Cela pourrait en effet s'avérer utile pour anticiper le comportement du matériel dans le sol relativement à sa dégradation et à la formation potentielle d'humus.

Autres informations pertinentes

INFORMATIONS UTILES



Entrer toute information pertinente pour l'utilisateur et qui concerne l'un ou l'autre des aspects suivants : valeur agronomique de la MRF, composition de la MRF, contraintes spécifiques non liées aux conditions météorologiques ni à un acte agronomique, mises en garde provenant des normes du BNQ, secteur d'utilisation ou cultures ciblées, caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques au-dessus de la moyenne, restriction agronomique ou environnementale importante à considérer pour l'utilisateur, précisions particulières sur les modes d'entreposage, d'épandage ou d'utilisation.

CONSIGNES :

Entrer les informations jugées utiles pour l'utilisateur.

Important : ne pas indiquer de valeurs ou d'informations qui pourraient être interprétées comme une recommandation agronomique.

Comme il est difficile d'inclure sur un gabarit unique tous les aspects agronomiques, environnementaux, technico-économiques et pratiques qui s'appliquent à l'ensemble des MRF recyclées en agriculture, la fiche prévoit un espace où il est possible d'indiquer des informations additionnelles applicables à une MRF et qui sont jugées utiles pour l'utilisateur.

Cette section permet de souligner une caractéristique spécifique à la MRF qui n'a pas été abordée dans la fiche ou une contrainte spécifique non liée aux conditions météorologiques ni à un acte agronomique. Elle offre également la possibilité de faire un rappel sur une caractéristique déjà abordée (ex. : risque d'immobilisation d'azote, faible apport pour un élément nutritif, délais avant la mise en culture ou la récolte, type d'entreposage ou d'épandeur privilégié, etc.).

On retrouve à l'annexe trois quelques exemples d'allégations qui pourraient être insérées dans la section « Informations utiles ».

Agronome et date

AGRONOME :

DATE :

Entrer le nom de l'agronome ayant rempli la fiche ou ayant supervisé le travail d'un technicien ou d'un technologiste agricole.

Entrer la date à laquelle la fiche a été remplie.

L'Ordre des agronomes du Québec (OAQ) considère que pour décrire adéquatement les caractéristiques agronomiques et environnementales d'une matière résiduelle fertilisante (MRF) à l'aide de la fiche uniformisée, cette dernière doit être dûment remplie par un agronome ou un technicien ou technologiste agricole agissant sous sa surveillance. En effet, l'Ordre juge que l'analyse et la validation des données à inscrire dans la fiche nécessitent des connaissances agronomiques et de porter un jugement professionnel concernant l'acceptation ou le refus d'une donnée jugée critique. Par conséquent, seul l'agronome est en mesure de réaliser cet acte agronomique.

2.3 Bibliographie

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (BNQ) (2015). Norme : *Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels* (BNQ 0419-090), 48 p.

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2020). *Valeurs références pour les volumes et les concentrations d'éléments fertilisants dans les effluents d'élevage*, 36 p. [[En ligne](#)].

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2010). *Guide de référence en fertilisation*, deuxième édition, CRAAQ, 473 p.

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2013). Chapitre 10, *Les engrais de ferme et les matières résiduelles fertilisantes organiques*, *Guide de référence en fertilisation*, troisième édition, CRAAQ, p. 289-340.

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2013). *Production d'œufs de consommation, Protocole de caractérisation des fumiers*, CRAAQ, 15 p. [[En ligne](#)].

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2013). *Technique de la chaudière pour les fumiers de volailles et utilisation de la balance sur chargeur frontal pour estimer la masse des chargements de fumiers*, CRAAQ, 5 p. [[En ligne](#)].

INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT (IRDA) (2014). *Travaux préparatoires sur les composts en vue de la révision de la norme CAN/BNQ 0413-200*, IRDA, 26 p.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC) (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. [[En ligne](#)].

PARTIE 3 – INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES ET DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES

3.1 Informations complémentaires

Pendant la réalisation de ce mandat, plusieurs paramètres ont été considérés à la lumière des informations disponibles. Or, suite à l'analyse de l'ensemble des propriétés physiques, chimiques et biologiques caractérisant les MRF, certains paramètres, bien qu'évalués, n'ont pas été retenus (voir tableau 3.1) pour la version finale du gabarit interactif, et ce, principalement en raison de l'état des connaissances insuffisant et le peu, voire l'absence, de données. Or, les avancées scientifiques et le développement des connaissances pourraient permettre de faire évoluer le contenu du gabarit et des fiches techniques MRF. De plus, certaines informations, déjà disponibles ou faciles à acquérir pourraient également en améliorer le contenu.

Tableau 3.1. Paramètres non retenus dans les fiches et explications

Paramètres non retenus	Thèmes				Explications
	Santé des sols et indicateurs biologiques	Qualité et innocuité	Valeur fertilisante	Valeur amendante Matière organique	
Classification C-P-O-E		X			Intérêt pratique discutable pour les utilisateurs
Formes de matières organiques				X	Données peu disponibles, analyses rarement réalisées au Québec
Coefficient d'humification				X	
Indicateurs de stabilité				X	
Respirométrie	X				Analyses rarement réalisées sur des MRF autres que les composts
Coefficient d'efficacité fertilisante (N et P)			X		Variation trop grande selon l'usage visé
Rapport N/P			X		Interprétation discutable selon l'usage visé
Ratio K/(Ca+Mg)			X		
Conductivité électrique			X		
Granulométrie				X	Intérêt discutable selon l'usage visé
Capacité de rétention en eau				X	

3.1.1 Classification C-P-O-E

La présence de microorganismes comme agent indicateur ou comme agent pathogène, la teneur en éléments traces métalliques (contaminants), le niveau d'odeurs et la teneur en corps étrangers (inertes) associés aux diverses MRF sont encadrés par la classification C-P-O-E (contaminants chimiques, pathogènes, odeurs et corps étrangers) du MELCC (Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes, 2015).

Considérant l'objectif des fiches et les utilisateurs visés, il est rapidement apparu plus important de faire ressortir les restrictions d'usage découlant de la classification C-P-O-E plutôt que d'en indiquer les valeurs numériques (Cx-Px-Ox-Ex). En effet, les restrictions relatives à l'utilisation des MRF selon la catégorisation d'une MRF apparaissent plus utiles pour l'utilisateur que la stricte valeur numérique de la classification.

3.1.2 Formes de matières organiques

Les MRF sont composées d'une fraction minérale et d'une fraction organique. La fraction organique comprend diverses formes de matières organiques qui sont facilement décomposables (ex. : débris végétaux, organismes) ou plus stables (ex. : lignine, humus). Épandues sur les sols et subséquemment enfouies, les MRF constituent des sources de matière organique dont la fraction organique évoluera par le biais de processus d'humification et de minéralisation.

Bien que le carbone total soit utilisé pour déterminer le rapport C/N, l'absence d'information sur les formes de carbone (et d'azote) limite la possibilité d'utiliser ce ratio pour évaluer la diversité des fractions de la MO, l'aptitude d'une MRF à se décomposer dans le sol (stabilité), son potentiel humigène (production d'humus) et à prédire la disponibilité de l'azote. Pour les mêmes raisons, le rapport C/N utilisé comme indicateur de maturité d'un compost se heurte également à des limites d'interprétation.

Les laboratoires d'analyses de sols fournissent habituellement le taux de matière organique totale d'une matière (par perte au feu ou par multiplication du carbone total par un facteur 2) sans donner d'informations additionnelles sur les diverses formes de carbone. Or, la connaissance des diverses fractions organiques d'une MRF (cellulose, hémicellulose, lignine, autre) apporterait des précisions utiles permettant une meilleure anticipation de son comportement dans le sol relativement à sa dégradation et à la formation potentielle d'humus. Faute de donnée disponible, la version actuelle du gabarit n'inclut pas de telles informations.

3.1.3 Coefficient d'humification

Coefficient isohumique

Ce coefficient, aussi appelé facteur K1, est indicateur de stabilité de la MO indiquant la quantité d'humus stable qui sera formée suite à un apport au sol de produits organiques frais. Il s'exprime en kg d'humus formé/kg de matière sèche appliqué. Ce coefficient permet d'estimer de façon empirique, mais plus précise que la simple teneur en C ou le rapport C/N, la valeur de l'amendement organique (Soltner, 2000 ; Hénin et Turc, 1950). Le K1 est modulé en fonction des pratiques culturales et des conditions pédoclimatiques.

Il a généralement été évalué avec des expériences de longue durée réalisées au champ ou des essais d'incubation en laboratoire de plus courte durée. Il correspond à l'augmentation de la quantité de matière organique dans le sol (MOS) induite par l'apport d'une quantité de matière organique externe. L'échelle du coefficient isohumique varie de 0 à 100 %, une valeur faible indiquant une minéralisation rapide (peu d'augmentation de la MOS) et une valeur élevée, une augmentation significative de la MOS. Par exemple, la paille a un K1 d'environ 15 % alors que celui d'une tourbe brune est près de 70 % (Languedoc-Roussillon, 2011). Les coefficients isohumiques préconisés en agriculture et attribués aux différents effluents d'élevage varient de 5 à 50 % (Clément et al. 2009). On doit toutefois souligner qu'une augmentation significative de la quantité de MOS dans un sol nécessite des apports importants de matières organiques sur du long terme.

$$K1 = \frac{\text{variation de la quantité de MOS/an}}{\text{quantité de matière organique apportée (sur base sèche) /an}}$$

Des valeurs repères de K1 sont connues pour certaines matières (résidus de récolte, pailles, fumiers), mais pour la majorité des MRF ciblées pour l'élaboration de fiches, la valeur K1 est inconnue ou peu documentée (biosolides, digestats, composts).

La détermination du facteur K1 d'une matière exige des essais de longue durée et elle est aussi affectée notamment par les conditions pédoclimatiques et les pratiques culturales. Les travaux plus récents en Suède donnent quelques exemples de valeurs de K1 pour des boues, fumiers, tourbes et composts issues d'expériences de longue durée (Kätterer et al. 2011; Kätterer et al. 2014).

3.1.4 Indicateurs de stabilité des MRF organiques

Depuis plus d'une vingtaine d'années, trois approches d'analyses alternatives au facteur K1 ont été développées en France. Il s'agit de l'indice de stabilité biochimique (ISB) de M. Linère et J.L. Djakovitch (1993), de la caractérisation biochimique de la matière organique (CBM-Tr) de D. Robin (1997) et de l'indice de stabilité de la matière organique (ISMO). Cette dernière méthode est présentée comme un nouvel indice qui remplace l'ISB et la CBM-Tr. Ces trois indices ne

s'appliqueraient toutefois pas aux produits dont la teneur en lipides dépasse 5 %, comme les effluents de laiterie ou d'huilerie (Languedoc-Roussillon, 2011).

ISB et CBM-Tr

L'approche globale de ces méthodes consiste à mesurer différentes fractions de la MO par séparation biochimique afin de prédire la résistance à la biodégradation de la matière (Chaussod, 1999).

L'ISB et la CBM-Tr permettent d'identifier et de séparer la fraction minérale ainsi que quatre fractions organiques : fraction soluble, hémicellulose, cellulose et lignine. Ces quatre fractions présentent une résistance croissante à la dégradation biochimique. À partir des profils biochimiques, quatre groupes sont distingués : engrais organiques, amendements organiques, produits riches en fraction soluble et hémicellulose et produits riches en matières minérales (Languedoc-Roussillon, 2011).

La méthode CBM-Tr et la méthode ISB diffèrent par le dosage de la cellulose, la prise en compte ou non de la proportion de matières minérales dans le produit de départ et par la durée d'incubation biologique (réduite pour la CBM-Tr) (Languedoc-Roussillon, 2011).

ISMO

Actuellement, un nouvel indice permet de caractériser la stabilité de la matière organique. Il s'agit de l'indice de stabilité des matières organiques (ISMO), basé sur le même processus de fractionnement séquentiel de la MO (soluble, hémicellulose, cellulose et lignine/cutine). De plus, une minéralisation de la MO sur trois jours (Ct₃) est ajoutée pour améliorer l'estimation de la stabilité de la matière organique. Cet indice, qui apparaît plus robuste que l'ISB ou le CBM-Tr, a été établi sur une base d'analyse de 83 produits et validé sur plus de 500. Les coefficients de minéralisation ont été déterminés sur des études de minéralisation de longues durées (Normes AFNOR FD U 44-162 (2016) et XP U 44-163 (2009)).

L'ISMO, qui s'exprime en % de la matière organique, permet de prévoir le potentiel humigène des produits organiques. Cet indice a été utilisé pour la confection de « fiches produits » pour de nombreux produits organiques générés en France (Languedoc-Roussillon, 2011).

Rappelons que les paramètres de ces indices composés (ISB ou ISMO) sont aussi établis de façon empirique avec des essais réalisés au champ ou au laboratoire en quantifiant le carbone résiduel produit par ces amendements (Lastherme and co., 2009).

3.1.5 **Respirométrie**

La respirométrie détermine l'intensité de l'activité métabolique par la mesure de la consommation d'oxygène (taux de respiration) ou celle de la production de dioxyde de carbone (CO₂). Ainsi, plus la MO est stable, plus son taux de « respiration » est faible. La norme

CAN/BNQ 0413-200 sur les composts considère qu'un compost est mature et stable lorsque le taux d'évolution du CO₂ est ≤ 4 mg de CO₂/g de MO-jour ou ≤ 400 mg O₂/kg SV-h ou ≤ 450 mg O₂/kg SV-h selon les diverses méthodes d'analyse de référence.

On réfère ici à une valeur de stabilité biologique basée sur l'activité des microorganismes intrinsèques à la matière résiduelle. L'évaluation de la maturité des composts à l'aide de la respirométrie est possible parce que les composts sont déjà habités par des communautés microbiennes et microfauniques rendues homogènes par le procédé de compostage.

La mesure de la stabilité à l'aide de la respiration microbienne souffre d'un manque de fiabilité pour certaines MRF organiques. En effet, l'interprétation des résultats peut devenir un exercice délicat en raison du manque d'information sur la nature et l'état des microorganismes indigènes associés à la MRF. Il pourrait alors être inapproprié d'associer des valeurs issues de cette approche (consommation d'O₂ ou production de CO₂) à des produits qui ne résultent pas d'un procédé de traitement biologique aérobie pour établir un niveau de stabilité microbiologique de la fraction organique d'un résidu.

Un produit stérilisé ou déshydraté pourrait afficher une stabilité biologique « temporaire » tant et aussi longtemps qu'il demeure dans cet état; une réhumectation ou une inoculation microbienne serait alors requise préalablement à une analyse respirométrique.

L'idée de comparer la stabilité microbienne des MRF à l'aide de mesures de respirométrie demeure toutefois une avenue intéressante qui exigerait l'adaptation d'une méthodologie permettant d'évaluer la facilité pour les microorganismes du sol (microbiome) de décomposer les composantes organiques (carbone, nutriment) et l'aptitude du matériel à stimuler l'activité microbienne du sol. L'incorporation d'une MRF dans un sol ou l'inoculation d'une MRF avec des souches microbiennes spécifiques pourrait alors donner lieu à des processus de dégradation de la MO significatifs, mesurables et comparables. Dans cette perspective, le développement d'un indicateur du pouvoir de réactivité d'une MRF apparaît une avenue intéressante, plus approprié et informative pour l'utilisateur (voir le paragraphe Bioessais et réactivité des MRF sous la section 3.2.1.3).

Dans l'attente d'un développement d'une approche fiable qui utiliserait la respirométrie comme indicateur de stabilité « standardisé » pour les MRF organiques (autre que les composts), des informations sur ce paramètre peuvent être indiquées sur une fiche spécifique à la section « informations utiles ».

3.1.6 Coefficient d'efficacité fertilisante du N et P

La grande majorité des MRF ont une valeur fertilisante reconnue qui doit être prise en considération lors de l'élaboration des recommandations de fertilisation. Le Guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2010), et plus particulièrement le chapitre 10 de cet ouvrage, aborde les

paramètres liés à l'efficacité fertilisante des engrais de ferme et de certaines catégories de MRF. Les coefficients d'efficacité (CE) pour l'azote varient selon la période d'épandage, le type de culture, le groupe textural de sol et le C/N de l'engrais organique. Pour le phosphore, les CE varient en fonction de plusieurs facteurs nommés « facteurs de perte d'efficacité » tels que la période d'épandage et de récolte, la présence d'Al ou de Fe dans la MRF, etc.

Puisque les coefficients d'efficacité dépendent en partie de facteurs indépendants des caractéristiques intrinsèques d'une MRF, ils n'ont pas été conservés dans le gabarit ni les fiches génériques, qui ne sont pas destinés à un type de culture en particulier, ni à une période d'application spécifique.

3.1.7 Rapport N/P

À l'instar du rapport C/N, le rapport N/P d'une MRF constitue une information pertinente à considérer lorsque vient le temps d'optimiser le choix d'une matière relativement à son intérêt comme fertilisant en azote et en phosphore.

L'intérêt pour le rapport N/P est d'autant plus grand lorsque le sol récepteur est riche en P, ce qui concerne une forte proportion des sols agricoles québécois, ou lorsque le rapport C/N d'une MRF est élevé puisque de plus grandes quantités de matière devront être appliquées pour une même valeur cible de N efficace.

Considérant que les besoins en azote de la plupart des cultures sont plus grands que ceux en phosphore et qu'au Québec, les apports en phosphore sont limités à partir de certaines concentrations de P dans le sol afin d'en minimiser son enrichissement (réf. : Abaques du Règlement sur les exploitations agricoles du Québec (REA) (QUÉBEC 2017), le rapport N/P s'avère un indicateur agroenvironnemental utile. Ainsi, sachant que le ratio N/P des prélèvements de la plupart des cultures varie de 4 à 8 (Mazzarino et coll. 1998), l'utilisation de MRF dont le rapport N/P est similaire à celui des prélèvements serait à privilégier pour minimiser cette augmentation, particulièrement en sols riches en P où un ratio $N/P \geq 7$ est suggéré pour éviter la poursuite de l'enrichissement du sol en P (Ritter, 2000).

Dans le contexte québécois, le rapport N_{tot}/P_{tot} serait donc un indicateur pertinent à ajouter dans une version ultérieure des fiches. Comme les teneurs en azote et en phosphore d'une MRF font partie des paramètres qui doivent être analysés, cet ajout ne nécessiterait pas d'analyse ou coût supplémentaires, mais simplement des explications pour faire l'interprétation des données.

3.1.8 Ratio K/(Ca+Mg)

Le ratio K/(Ca+Mg) est un indicateur de la balance cationique des matières qui s'avère utile pour l'ensemble des produits appliqués comme amendement ou fertilisant, incluant les MRF et plus particulièrement celles issues de procédés comprenant une séparation mécanique des fractions liquide et solide. En effet, lors de ce type de séparation, le potassium (K), très soluble, demeure

dans la fraction liquide, alors que le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) se retrouvent dans la phase solide.

L'absorption du K (ion monovalent), et celui du Ca et Mg (ions divalents) étant antagonistes, c'est-à-dire en compétition, une présence trop grande de Ca et Mg dans les sols entraîne une diminution du prélèvement en K par la culture, et inversement. Les carences en Ca et Mg et les excès en K ont des répercussions importantes sur le développement des cultures et la qualité nutritive des parties récoltées.

À l'instar du ratio $K/(Ca+Mg)$ recommandé habituellement dans les sols, celui des MRF devrait idéalement tendre vers une valeur de 1. À défaut d'avoir ce ratio idéal, il importe au final, que l'apport d'une MRF au sol permette de maintenir un ratio équilibré de ces éléments dans le sol ou de le corriger, au besoin.

L'ajout du rapport $K/(Ca+Mg)$ sur les fiches pourrait nécessiter l'analyse du calcium et du magnésium étant donné que ces paramètres, contrairement au potassium, ne sont pas analysés de façon systématique dans les MRF.

3.1.9 Conductivité électrique

La conductivité électrique est utilisée comme indicateur de la « salinité » d'une matière minérale ou organique. Sa valeur renseigne sur la concentration en ions solubles (calcium, potassium, sodium, magnésium, autres) qui ont été extraits d'une MRF avec de l'eau. Bien que la conductivité électrique ne fournisse pas de précision sur la contribution de chaque ion à la valeur totale mesurée, ce paramètre est utile et largement utilisé pour les substrats de culture en raison de la sensibilité variable des végétaux aux sels. Si ce paramètre revêt moins d'importance dans le contexte d'un épandage de MRF sur les sols agricoles en contexte de fortes précipitations, il peut s'avérer important de le considérer pour des matières potentiellement utilisables comme intrants pour la confection de terreaux.

Lorsque jugé nécessaire, des informations sur ce paramètre peuvent être indiquées sur une fiche spécifique à la section « Informations utiles ».

3.1.10 Granulométrie

La granulométrie d'une MRF permet de distinguer les proportions massiques associées à diverses tailles de particules. La taille des particules renseigne à son tour sur les surfaces d'attaque des particules organiques pour les microorganismes du sol ainsi qu'au profil structurant d'une matière. Un produit grossier est habituellement associé à un temps de décomposition plus lent et son effet structurant est plus important (porosité) qu'un produit à structure plus fine.

Pour certaines applications (agents structurants, fabrication de terreaux, filtration), la granulométrie d'une MRF peut s'avérer un paramètre intéressant alors que son intérêt dans le cadre du recyclage des MRF en sols agricoles apparaît moindre.

À partir d'une distribution granulométrique d'une matière (taille des particules), il pourrait éventuellement être envisagé d'élaborer une échelle empirique basée sur la grosseur des particules pour quantifier l'effet potentiel structurant d'une matière afin de bonifier le contenu des fiches techniques.

3.1.11 Capacité de rétention en eau

Aucune donnée sur la capacité de rétention en eau (CRE) des principaux types de MRF générées au Québec n'a été trouvée dans la littérature. En effet, bien que des travaux aient été réalisés en 1995 sur diverses biomasses et permis d'établir la CRE de certains types de matières organiques générées au Québec, l'étude ne concernait pas les types de MRF aujourd'hui offertes comme amendement de sol en agriculture (CRIQ, 1995). Pour cette raison, ce paramètre n'a pas été retenu.

Dans la mesure où des données sur la CRE pour les divers types de MRF générées au Québec devenaient disponibles, il serait intéressant, de construire une échelle de classes empirique afin de pouvoir comparer cette caractéristique attribuable aux MRF organiques.

La CRE permettrait également de distinguer diverses MRF entre elles sur la base d'une caractéristique qui pourrait s'avérer intéressante pour des applications particulières (paillis, litière, agent structurant, fabrication de terreaux, absorbant, barrière, etc.).

Dans l'attente d'obtenir des valeurs sur le pouvoir de rétention en eau pour plusieurs types de MRF générées, des informations sur ce paramètre peuvent être indiquées sur une fiche spécifique à la section « informations utiles ».

3.2 Développement des connaissances

Au cours de la réalisation de ce mandat, il s'est avéré que certains éléments ou paramètres non retenus méritaient d'être approfondis. Ceux-ci ont été regroupés selon les quatre thèmes présentés dans la section 3.1. Pour chacun de ces thèmes, des pistes de recherche ont été formulées en vue d'améliorer l'état actuel des connaissances.

Le tableau 3.2 dresse une liste de sujets de recherche qui permettrait d'élargir notre niveau de connaissance quant aux caractéristiques des MRF et l'impact de leur utilisation. Chacun de ces thèmes est explicité dans les sections 3.2.1 à 3.2.4.

Tableau 3.2. Acquisition de connaissances – pistes de recherche

Thèmes	Pistes de recherche
Santé des sols et indicateurs biologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Développer des bioessais qui, conjugués à l'utilisation des analyses du microbiome des sols de référence et ceux des sols amendés avec une MRF, permettraient d'identifier un microbiome signature des MRF utilisées pour chaque sol référence; - Développer une méthodologie qui permettrait de mesurer le niveau de stimulation des populations du sol, responsable de la dégradation du carbone, suite à l'application d'une MRF afin d'obtenir un indicateur du potentiel de réactivité d'une MRF.
Qualité et innocuité	<ul style="list-style-type: none"> - Préciser l'efficacité de <i>Clostridium perfringens</i> à prédire la présence de virus et parasites dans les biosolides et composts; - Évaluer la résistance aux antibiotiques pour préciser cet aspect lié à la qualité microbiologique des MRF; - Identifier les contaminants d'intérêt émergents qui permettraient de préciser la qualité des matières et le risque sanitaire lié à l'utilisation de certaines MRF en agriculture.
Valeur fertilisante	<ul style="list-style-type: none"> - Développer de nouveaux indicateurs qui permettraient d'inclure notamment les résidus (MRF) compostés; - Inclure des caractéristiques intrinsèques de la MO pour augmenter la robustesse des modèles développés concernant les coefficients de disponibilité de N et P.
Valeur amendante liée à la matière organique	<p>C labile/N labile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exprimer le rapport C/N à partir des formes labiles de C et de N tout en conservant le C/N exprimé sur la base des formes totales; préciser les formes et les méthodes d'analyses pour le C et le N labile. <p>Formes et indicateurs de stabilités de la MO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajouter la portion de MO labile; - Adopter un indicateur de stabilité basé sur le fractionnement de la matière organique (ex. : ISMO); Les méthodes existantes en Europe pourraient être mises à l'essai sur des MRF offertes au Québec; - Sélectionner un ou des indicateurs de stabilité et pour chacune des approches prometteuses indicatrices de stabilité (respirométrie, fractionnement du carbone), déterminer des valeurs de référence associées aux paramètres, réaliser des analyses sur diverses MRF générées au Québec et fournir l'encadrement technique concernant l'interprétation des résultats.

3.2.1 Santé des sols et indicateurs biologiques

Le concept de santé ou de qualité d'un sol repose sur la capacité de résilience du sol à résister à des perturbations ou à des stress. Il importe de noter que l'expression « santé du sol », adoptée davantage par les agronomes, agriculteurs et autres praticiens de l'agriculture, réfère

généralement à diverses propriétés d'un sol lui permettant de produire des cultures exemptes de maladies liées aux sols et d'obtenir un bon rendement, tout en favorisant le développement durable de l'agriculture. Or, les fiches MRF développées dans le cadre du présent projet font peu de place à des indicateurs biologiques, des paramètres qui sont en lien direct avec la santé des sols en raison du manque d'information sur le sujet.

3.2.1.1 Microbiome associé aux MRF

Il est intéressant de savoir si les MRF sont habituellement peuplées par un ensemble de microorganismes vivants, aussi désigné par le terme « microbiome ». Les MRF sans microbiome spécifiquement associé sont des matières jugées inertes biologiquement. Elles ne seront réactives qu'aux actions du microbiome des sols sur lesquels elles seront épandues. L'efficacité fertilisante de ces matières sera alors dépendante de la biodiversité génétique et des fonctions des microorganismes (microbiome) du sol receveur.

Quant aux matières résiduelles qui possèdent un microbiome spécifiquement associé, elles peuvent réagir différemment selon le sol receveur, à la suite des interactions entre le microbiome des MRF et les microbiomes de chaque type de sol. Ces effets peuvent être très variables selon les doses, le mode et la période d'application des matières, les conditions pédoclimatiques et les caractéristiques du sol receveur. Selon la richesse et la composition de la diversité du microbiome associé aux matières épandues, elles peuvent être plus ou moins réactives.

Dans les deux cas, il serait intéressant de savoir si la MRF, contenant ou non des microorganismes, permet de stimuler les populations que l'on retrouve dans les sols agricoles et qui sont associées à une activité importante de la dégradation de carbone (matière organique).

3.2.1.2 Microbiome associé au sol de référence

Les récents progrès des méthodes d'écologie moléculaire et de séquençage de nouvelle génération permettent de dresser un inventaire qualitatif et quantitatif précis de chacune des espèces des différentes communautés vivantes dans le sol. Ces méthodes offrent un très grand pouvoir de discrimination entre les espèces bénéfiques et nuisibles au sein des communautés. Ces méthodes sont utilisées pour réaliser l'analyse du microbiome du sol. Elles sont utilisées pour caractériser la richesse (le nombre d'espèces) et la composition de la diversité taxonomique et fonctionnelle des communautés de microorganismes et organismes vivants dans le sol. Elles génèrent de l'information qui pourrait éventuellement combler les éléments d'information manquants pour produire des fiches génériques encore mieux adaptées pour renseigner les agronomes et autres intervenants du secteur agricole et de l'industrie productrice des MRF sur des éléments clés liés aux MRF et la santé des sols.

3.2.1.3 Pistes de recherche pour aller plus loin

La mesure de la qualité d'une MRF ou de son impact dans un sol agricole pourrait s'établir en adoptant certains des indicateurs biologiques utilisés pour mesurer la santé des sols soit :

- Les Ratios C et N total, C et N_{org} total et C et N_{org} labile;
- Le C et N de la biomasse microbienne déterminés par la méthode fumigation/extraction (Valé et al. 2011; Cluzeau et al. 2012);
- Des activités enzymatiques (Nouaïm et Chaussoud 2015);
- L'analyse du microbiome des sols pour déterminer la richesse et la diversité taxonomique et fonctionnelle du microbiome associé aux MRF (Souza et al., 2015; Hogue et al., 2017).

Activité des microorganismes dégradeurs de MO d'un sol par ajout de MRF

L'évaluation rigoureuse de l'impact potentiel d'une MRF appliquée sur un sol agricole requiert trois éléments : 1) une bonne connaissance de la nature des composés organiques qui la constituent; 2) une estimation juste de la quantité et de la diversité des microorganismes et organismes vivants qui sont présents dans la MRF, et 3) une connaissance de l'impact de la MRF sur les grands groupes de microorganismes et organismes vivants dans les sols agricoles du Québec. La poursuite de travaux de R&D, employant les méthodes récentes d'analyses rapides et sensibles des composés organiques et les méthodes d'analyse du microbiome des sols, pourraient contribuer à combler certaines lacunes de connaissances pour ces trois éléments.

Rapport C/N

Lors de l'élaboration du gabarit des fiches, deux paramètres ont été retenus en lien avec la valeur amendante des MRF, soit la teneur en MO totale et le rapport C/N sur la base des contenus totaux en C et en N. Or, la nature des constituants organiques d'une MRF et leur stabilité respective influenceront non seulement les paramètres physico-chimiques du sol, mais aussi le devenir des interactions entre les communautés biologiques du sol. Dans cette perspective, l'ajout d'un rapport C/N exprimé sur la base de la fraction labile du C et la fraction minérale du N apporterait un éclairage supplémentaire sur le degré d'évolution de la MO et le potentiel de fourniture ou d'immobilisation de l'azote d'une MRF ainsi que son potentiel à stimuler l'activité biologique dans le sol. Pour les sols, la fraction labile du C et du N est déterminée par extraction à l'eau.

Bioessais et réactivité des MRF

Un substrat receveur ou une série de sols agricoles types caractérisés et standardisés au point de vue physico-chimique et biologique pourraient être employés comme référence pour préparer des bioessais d'incorporation des MRF afin d'évaluer la biodisponibilité (réactivité) de ces matières dans un sol ou un au substrat de référence. La réactivité d'une MRF réfère à la matière utilisée ou modifiée par les organismes vivants, incluant les microorganismes.

Une approche de ce type est employée en Europe et utilise un substrat de référence composé de quartz, d'argile kaolinite et de tourbe défini par l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE, 2010). De plus, plusieurs pays européens emploient également des sols agricoles types pour réaliser des études écotoxicologiques d'amendements résiduels organiques ou minéraux (Jeffery et al., 2010).

Bien qu'ils requièrent du temps et nécessitent un investissement de base, le recours à de tels bioessais de référence, conjugué à l'utilisation des analyses du microbiome des sols témoins et traités avec chaque MRF, permettrait d'identifier un microbiome signature des MRF utilisées pour chaque sol référence. Les espèces de microorganismes ou les fonctions biologiques spécifiquement associés à la réactivité d'une MRF dans un sol référence peuvent alors devenir des indicateurs spécifiques à utiliser pour juger de leur réactivité ultérieure.

3.2.2 Qualité et innocuité des MRF

Il existe plusieurs façons d'aborder le risque sanitaire relié aux biosolides dont celles reposant sur la détection de microorganismes indicateurs de contamination fécale ou de microorganismes pathogènes spécifiques. Les microorganismes indicateurs de contamination fécale classiques sont les coliformes thermotolérants (fécaux), *E. coli* et les entérocoques tandis que *Salmonella* spp. et *Listeria monocytogenes* sont des microorganismes pathogènes spécifiques. Au Québec, la détermination de la qualité microbiologique des matières résiduelles fertilisantes (MRF) repose actuellement sur leur contenu en bactéries *E. Coli* et *Salmonella* spp.

Lors de l'élaboration du gabarit unique des fiches MRF, il est apparu prématuré d'inclure des paramètres additionnels à ceux déjà précisés dans le Guide MRF. Certaines pistes permettant de préciser la qualité des matières et le risque sanitaire lié à leur utilisation en agriculture peuvent toutefois être identifiées afin de poursuivre des travaux de recherche sur le sujet.

3.2.2.1 Pistes de recherche pour aller plus loin

Microorganismes indicateurs ou pathogènes spécifiques

Afin de tenir compte des différents types de microorganismes pathogènes (virus, bactéries et parasites), d'autres types d'indicateurs ont été suggérés par la communauté scientifique, dont certains sont appliqués ailleurs dans le monde. Parmi ceux-ci, notons :

- les virus entériques et bactériophages : indicateurs de la présence de virus;
- les œufs d'helminthes : indicateurs de la présence de parasites;
- *Clostridium perfringens* : indicateur potentiel de la présence de virus et de parasites.

Aucun des indicateurs mentionnés ci-dessus ne fait toutefois l'unanimité quant à son efficacité à prédire le risque sanitaire. Des contraintes techniques en font des indicateurs difficiles à intégrer à la pratique courante.

Bien qu'il n'y ait pas de consensus dans la communauté scientifique quant à son efficacité comme indicateur du statut sanitaire des MRF, *Clostridium perfringens* serait intéressant à considérer comme indicateur du risque sanitaire dans les études à venir.

Résistance aux antibiotiques

Le recyclage de MRF présentant une charge élevée de gènes de résistance aux antibiotiques peut entraîner une augmentation du réservoir de gènes dans le sol et une source d'exposition de l'homme par la voie alimentaire et hydrique. Conséquemment, la résistance aux antibiotiques figure parmi les éléments qu'il apparaît important de considérer pour établir la qualité microbiologique des MRF.

Il n'y a pas nécessairement de lien entre les populations de microorganismes pathogènes ou indicateurs de contamination fécale et la concentration en gènes de résistance aux antibiotiques d'une MRF. Certaines études ont été réalisées sur l'effet du compostage et de la digestion anaérobie sur l'antibiorésistance, mais aucun consensus n'est établi à ce jour.

Le développement des connaissances quant à la prévalence et la persistance des gènes de résistance aux antibiotiques au cours du compostage et de la digestion anaérobie dans le contexte québécois serait pertinent.

Contaminants d'intérêt émergent

Bien que plusieurs composés, présents en très faibles concentrations dans les matières résiduelles fertilisantes (notamment les biosolides) aient déjà fait l'objet de nombreux travaux de recherche, l'usage courant de produits pharmaceutiques, de produits de soins personnels, de produits nettoyants et de composés industriels contribue à leur présence dans notre environnement quotidien. Certains de ces composés ont fait ou font l'objet de travaux de recherche, mais la poursuite de ces travaux et le maintien d'une veille scientifique demeurent primordiaux pour le développement des connaissances dans ce domaine.

3.2.3 Valeur fertilisante des matières résiduelles fertilisantes

3.2.3.1 Pistes de recherche pour aller plus loin

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer l'efficacité du N et du P (incubation, coefficient d'utilisation (CU), coefficient d'efficacité (CE), équivalent minéral (EM)).

À partir de données provenant de nombreuses études, l'équipe de recherche du Dr Lotfi Khiari de l'Université Laval a développé des modèles pour prédire l'efficacité du N et du P de matières résiduelles non compostées (biosolides municipaux, boues alimentaires, biosolides papetiers et résidus de désencrage).

Si les modèles développés s'avèrent efficaces pour le phosphore, la détermination de l'efficacité de l'azote est plus complexe. Dans un récent article, six catégories d'efficacité de l'azote ont été développées en fonction du rapport C/N des produits étudiés (Joseph et al., 2017). Ces modèles ne sont toutefois pas applicables pour les composts (trop de variabilité) ni pour les fumiers (à valider par des essais au champ sur plusieurs années) et le développement de nouveaux indicateurs sont requis (Khiari, L., 2016, communication personnelle).

Les résultats issus des travaux réalisés par l'équipe de Lotfi Khiari pourraient être considérés pour modifier éventuellement le guide de référence en fertilisation qui a son tour, sert de référence en appui aux fiches techniques.

3.2.4 Valeur d'amendement liée à la matière organique

Sans être véritablement en mesure de quantifier de quelle façon la panoplie de MRF organiques affectera le bilan de la matière organique des sols (MOS), il y a un intérêt à préciser comment les différents types de MRF organiques peuvent se comparer entre elles et avec les autres formes d'amendements organiques (fumiers, copeaux, compost, tourbe, etc.).

Certains paramètres comme le rapport C/N ou le carbone minéralisable par exemple, peuvent renseigner sur la valeur en amendement organique. Au-delà de la teneur en MO et du C/N, les méthodes de fractionnement de la fraction organique (ISB, ISMO) permettent d'évaluer plus précisément la valeur « amendante » d'un résidu organique par l'apport d'humus stable (voir la section 3.1.4).

3.2.4.1 Pistes de recherche pour aller plus loin

Indicateurs de stabilité de la matière organique

Tel que décrit à la section 3.1.4, il existe plusieurs indicateurs de la stabilité de la matière organique; ceux provenant d'essais en incubation tels que le coefficient isohumique (K1) ou ceux provenant de fractionnement séquentiel de la matière organique par extraction sélective des formes de MO tels que l'ISB, le CBM-Tr et l'ISMO. Un indicateur composé comme l'ISMO nécessite plusieurs paramètres que les laboratoires privés agricoles n'analysent pas actuellement de façon courante. Par contre, les équipements requis ne nécessitant pas un investissement très élevé, ces méthodes pourraient être facilement disponibles dans les laboratoires d'analyse. Le temps requis pour l'analyse, soit environ cinq jours, et le fait que cette analyse devient rentable à partir de six échantillons par série d'analyse, constituent toutefois des freins possibles à l'implantation de ces méthodes. L'ISMO étant l'analyse la plus rapide et

remplaçant maintenant l'ISB en France, cette dernière mériterait d'être privilégiée et mise à l'essai avec diverses MRF organiques.

Autres modèles mathématiques

Il existe aussi une panoplie de modèles mathématiques qui permettent d'estimer la valeur « amendante » des MRF en prenant en considération le type de sol, le climat et le système de culture.

Certains de ces modèles sont plus simples et statiques dans le temps (ex. : bilan humique par la méthode « Introductory Carbon Balance Model (ICBM) » développée par Andriulo, Mary et Guérif (Clément et Bolinder, 2010; Andrén et Kätterer, 1997; Bouthier et al., 2012; Hénin et Dupuis, 1945), tandis que d'autres sont dynamiques, mais plus complexes et peuvent tenir compte de la variabilité interannuelle du climat (Century, STYX-résidus) (Bouthier et al., 2015). Ces modèles ont l'avantage de tenir compte des effets particuliers du sol, du climat et du système de culture sur le potentiel humigène des différentes MRF organiques, trois paramètres complémentaires aux indicateurs plus simples comme le K1 ou l'ISMO. Par contre, dans le contexte de l'élaboration de fiches techniques, les modèles présentent moins d'intérêt, car ils prennent en considération des facteurs externes et indépendants des caractéristiques intrinsèques de la matière.

Rapport C/N

Dans le but d'augmenter le niveau de précision du rapport C/N, il serait intéressant de distinguer la MO stable de la MO labile à court et moyen terme en utilisant les deux ratios suivants : $C_{\text{tot}}/N_{\text{tot}}$ et $C_{\text{org labile}}/N_{\text{org labile}}$. À l'instar du C/N labile mesuré dans les sols, le C et N labiles d'une MRF pourraient être déterminés à l'aide d'une extraction à l'eau, mais les méthodes analytiques demeurent à préciser.

L'utilisation des deux ratios permettrait de nuancer la différenciation entre des MRF ayant des C/N quasi similaires, mais qui pourraient générer des effets contrastés au champ.

3.2.5 Parcelles expérimentales multiprojets

La nécessité de développement des connaissances pourrait également faire l'objet de parcelles de recherches. En ce sens, la mise en place d'un site expérimental de longue durée permettrait de documenter le comportement des MRF en contexte pédoclimatique québécois suite à des applications répétées de diverses MRF générées au Québec. Un tel site permettrait d'obtenir des données tant sur les aspects agronomiques (coefficient d'efficacité de N et P, structure et santé des sols, etc.) et environnementales que sur l'innocuité des matières appliquées.

Les travaux pourraient aborder, sans s’y limiter, les aspects suivants :

- Préciser le comportement du carbone dans les sols et le potentiel isohumique des diverses MRF;
- Étudier le devenir des contaminants d’intérêt émergent suite à des applications répétées de MRF afin de préciser l’accumulation de ces molécules dans les systèmes de production et d’évaluer les effets synergiques/antagonistes des pratiques agricoles et des molécules et leurs sous-produits de dégradation;
- Évaluer l’effet comparatif du compostage et de la digestion anaérobie sur les contaminants microbiens, ainsi que les contaminants organiques et leurs sous-produits, et ce, pour un même intrant;
- Étudier et mesurer la réactivité des MRF ajoutées aux sols.

Une telle expérimentation sur le terrain répondrait d’ailleurs à un besoin identifié par divers intervenants interpellés ou impliqués dans des activités de recyclage des MRF au Québec. En effet, l’implantation d’un site expérimental de longue durée est jugée un élément quasi indispensable pour supporter le développement des activités de recyclage pérennes par l’acquisition de connaissances techniques pratiques et utiles sur les bénéfices agronomiques des MRF, leurs impacts à long terme sur l’environnement et la santé des sols. Sur la base de ces connaissances les informations techniques pertinentes pourraient éventuellement être intégrées aux fiches pour le bénéfice des utilisateurs actuels et futurs.

3.3 Bibliographie

ANDRÉN, O., T. KÄTTERER (1997). *ICBM – the Introductory Carbon Balance Model for exploration of soil carbon balances.* Ecol. Appl. 7, 1226–1236.

BOUTHIER, A. ET AL. (2015). *Valoriser les indicateurs microbiologiques en grandes cultures et en polyculture-élevage.* 12èmes Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse COMIFER-GEMAS. Lyon, 18-19 novembre.

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (BNQ) (2016). Norme nationale du Canada: *Amendements organiques - Composts (BNQ 0413-200)*, 38 p.

CENTRE DE RECHERCHE INDUSTRIEL DU QUÉBEC (CRIQ) (1995). *Recherche de techniques de compostage adaptées à une gestion optimale des fumiers*, rapport technique No RDQ-94-042 (R2), 334 pages+ annexes.

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ) (2010). *Guide de référence en fertilisation*, deuxième édition, CRAAQ, 473 p.

CHAMBRES D'AGRICULTURE DU LANGUEDOC-ROUSSILLON (2011). *Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon – Tomes 1 et 2*, 123 p. et 198 p. [En ligne : [Tome 1](#) et [Tome 2](#)].

CHAUSSOD, R. (1999). « *Caractériser la MO : pourquoi et comment? Commentaires sur l'ISB, le CBN et le K1* », EchoMO, avril-mai 2009, No 15 & 16.

CLUZEAU, D. et al. (2012) *Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types.* European Journal of Soil Biology. 49:63-72.

CLÉMENT, M.F., M.A. BOLINDER, A. N'DAYEGAMIYE, D.A. ANGERS et L-É. PARENT (2009). Chapitre 2, Matière organique. Dans *Guide de référence en fertilisation*. CRAAQ. 2^e édition. pp 55-69.

HÉNIN, S. et L. TURC (1950). Comptes Rendus 4^e Congrès International de Science du Sol. A.I.S.S., Paris, 1 : 152-154.

HÉNIN, S. et M. DUPUIS (1945). *Essai de bilan de la matière organique du sol.* Ann. Agron. 15 : 17-29.

HOGUE, R., T. JEANNE et L.-E. PARENT (2017). *Caractérisation biologique des sols pour accroître la productivité des pommes de terre et pour conserver la santé des sols.* Rapport final de

recherche remis à Cultivons l'avenir 2, programme Innov Action IA113102. Québec. 40 p. 16 janvier.

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (INSPQ) (2016). *Risques pour la santé associés à l'épandage de biosolides sur des terres agricoles*. Avis scientifique, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, ISBN : 978-2-550-75894-5, 172 p. [En ligne].

JEFFERY, S. et AL. (2010). *European atlas of soil biodiversity*. European Commission. Publication of the European Union Luxembourg.

JOSEPH, C.A., L., KHIARI, J. GALLICHAND et S., BOUSLAMA (2017). *Classification and assessment models of first year byproducts nitrogen plant-availability from littérature data*, Sci Total Environ, 9 p.

KÄTTERER, T., M.A. BOLINDER, O. ANDRÉN, H. KIRCHMANN, and L. MENICHETTI (2011). *Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment*, Agr. Ecosyst. Environ., 141, 184–192.

KÄTTERER, T., G. BÖRJESSON and H. KIRCHMANN (2014). *Changes in organic carbon in topsoil and subsoil and microbial community composition caused by repeated additions of organic amendments 15 and N fertilisation in a long-term field experiment in Sweden*, Agr. Ecosyst. Environ., 189, 110–118.

LASTHERME, G. and co (2009). *Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application*, Journal of soil Science.

LINIÈRES, M. et J.L. DIAKOVITCH (1993). *Caractérisation de la stabilité biologique des apports organiques par l'analyse biochimique*. In : Matières organiques et agriculture. Quatrième journées de l'analyse de terre (GEMAS). Cinquième forum de la fertilisation raisonnée (COMIFER). 16-18 novembre 1993, Decroux et Ignazi Editeurs, 159-168.

MAZZARINO, M.J., LAOS, F.L., SATTI, P., and MOYANO, S. (1998). *Agronomic and environmental aspects of utilization of organic residues in soils of the Andean-Patagonian region*. Soil Sci. Plant Nutr, 44:105-113.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC) (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. [En ligne].

NOUÏAM, R. et R. CHAUSSOD (2015). *Biodiversité microbienne et qualité du sol: des indicateurs biologiques à portée agronomique*. 12èmes Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse COMIFER-GEMAS. Lyon, 18-19 novembre.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (OCDE) (2010). *Sol artificiel : recommandations pour la préparation et le stockage, ANNEXE 4, Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques, p. 28-29*.

QUÉBEC (2020). *Règlement sur les exploitations agricoles*, chapitre Q-2, r.26, Québec, Éditeur officiel du Québec, 59 p. [En ligne].

RITTER, W.F. (2000). *Potential impact of land application of by-product on ground and surface water quality*. Dans J.F. Pwer et coll. (eds.) *Land application of agricultural, industrial, and municipal byproducts*. SSSA Book Serie No. 6, Madison, WI. Pages 263-287.

ROBIN, D. (1997). *Intérêt de la caractérisation biochimique pour l'évaluation de la proportion de matière organique stable après décomposition dans le sol et la classification des produits organo-minéraux*. *Agronomie*, 17,157-171.

SOLTNER, D. (2000). *Les bases de la production végétale*. Tome 1, Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Sainte Gemmes sur Loire, France. 468 pp.

SOUZA, R.C. et AL. (2015). *Metagenomic analysis reveals microbial functional redundancies and specificities in a soil under different tillage and crop-management regimes*. *Applied Soil Ecology* 86:106-112.

VALÉ, M. et AL. (2011). *Pertinence de nouveaux indicateurs pour évaluer l'impact des pratiques culturales sur le fonctionnement biologique des sols*. 10èmes Rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse, COMIFER-GEMAS. Reims, 23-24 novembre.

ANNEXE 1 – LISTE DES INFORMATIONS REQUISES POUR ÉLABORER UNE FICHE

L'élaboration d'une fiche pour une MRF donnée nécessite l'obtention préalable de valeurs pour les paramètres suivants :

- Matière sèche (% b.h.)
- Teneur en eau (% b.h.)
- Matière organique (% b.s. et b.h.)
- pH (eau)
- Pouvoir neutralisant PN (% de ECC exprimé sur base sèche et humide)
- Éléments fertilisants (mg/kg)
 - N tot (% m.s. et kg/t.h.)
 - N –NH₄ (kg/t.h.)
 - N organique (kg/t.h.)
 - P et P₂O₅ tot (% m.s. et kg/t.h.)
 - K et K₂O tot (% m.s. et kg/t.h.)
 - Ca tot (% m.s.)
 - Mg tot (% m.s.)
 - S tot (% m.s.)

 - Cu (mg/kg m.s.)
 - Zn (mg/kg m.s.)
 - B (mg/kg m.s.)

 - Al (mg/kg m.s.)
 - Fe (mg/kg m.s.)
 - Na (mg/kg m.s.)
- Masse volumique apparente humide MVAH (kg/m³)
- Carbone organique total (% b.s.)
- C/N

Pour les MRF qui ont un effet chaulant, les informations additionnelles suivantes sont requises :

- Pouvoir neutralisant PN (% ÉCC exprimé sur base sèche)
- Indice de valeur agricole IVA (% exprimé sur base humide)
- Équivalent de chaux (exprimé en nombre de tonne humide de la MRF équivalent à 1 tonne de chaux (CaCO₃) sur la base des IVA respectifs de la MRF et de la chaux

AUTRES INFORMATIONS REQUISES POUR REMPLIR LES FICHES TECHNIQUES

- Consistance (état) de la MRF selon la siccité
- Disponibilité de la MRF dans le temps
- Mode d'entreposage possible
- Type d'épandeur utilisable
- Doses moyennes habituellement appliquées au sol (écart de valeurs en t.h./ha)
- Principales conditions d'utilisation (basées sur la classification C-P-O-E du Guide MRF (édition 2015))
- Encadrement du recyclage par déclaration de conformité ou autorisation ministérielle (MELCC)
- Normes et programmes volontaires applicables (norme BNQ, enregistrement ACIA)
- Autres informations utiles spécifiques à la MRF

AUTRES INFORMATIONS À CONNAÎTRE POUR COMPLÉTER LES FICHES TECHNIQUES

- Catégorie C (contaminants chimiques) selon la classification du Guide de recyclage des MRF du MDDELCC 2015 (tableau 8.2a)
- Catégorie P (agents pathogènes) selon la classification du Guide de recyclage des MRF du MDDELCC 2015 (tableau 8.3)
- Catégorie O (odeurs) selon la classification du Guide de recyclage des MRF du MDDELCC 2015 (tableau 8.4)
- Catégorie E (corps étrangers) selon la classification du Guide sur le recyclage des MRF du MELCC (tableau 8.6 a et 8.6b)

ANNEXE 2 – EXEMPLES DE NOMS DE PRODUITS

MRF		
Titre principal	Sous-titre 1 (type ou provenance)	Sous-titre 2 (spécification supplémentaire)
Biosolides	municipaux	étangs aérés stations mécanisées (boues activées, biologiques, physico-chimiques, etc.) fosses septiques
	papetiers	mixtes secondaires primaires
Résidus	papetiers	de désencrage
	organiques	triés à la source (ROTS) ou 3 ^e voie
	agroalimentaires	ICI
	verts	résidentiels ICI
	émondage	
	bois	
Composts	ROTS ou 3 ^e voie	
	résidus verts	
	biosolides	municipaux
	digestats	ROTS biosolides résidus agroalimentaires
	résidus agroalimentaires	
Digestats	ROTS	
	biosolides	municipaux agroalimentaires
	résidus agroalimentaires	
Cendres	résidus de bois	fabrique de pâtes et papier industrie forestière
	biomasse	industrie forestière
Écorces	bois	

ANNEXE 3 – EXEMPLES D'ALLÉGATIONS POUR INFORMATIONS UTILES

Concernant la valeur agronomique et composition de la MRF :

- Améliore la capacité de rétention en eau du sol
- Améliore la structure des sols lourds/légers par réduction de la compaction/formation d'agrégats
- Contenu élevé en (...) (ex. : sodium)
- Contenu en...relativement faible (ex. : potassium)
- Substitut à la chaux
- Faible contribution à la nutrition azotée des végétaux lors de l'année de l'application
- Apport important en N/ P₂O₅/ K₂O/ MO/ Ca, ...
- Produit au profil d'amendement organique/fertilisant/amendement chaulant
- Convient davantage aux sols de type.../ayant un indice de (...)
- Arrière-effet important
- Complément d'azote minéral printanier requis
- Augmente l'activité biologique du sol
- N'augmente pas le pH du sol
- Contenu en (...) comparable au fumier de (...)

Concernant des mises en garde provenant de documents de référence (ex. : normes BNQ, Guides) ou d'essais :

- Il est suggéré de (ex. : respecter un délai de 30 jours avant le pâturage)

Concernant le secteur d'utilisation ou les cultures ciblées ou à privilégier/à éviter :

- Usage intéressant en grandes cultures, pour le gazon en plaques, pour...
- Application après la récolte, dans une rotation
- Idéal pour des applications au printemps, à l'automne, ...

Concernant des caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques particulières :

- pH élevé ou faible

Concernant des restrictions agronomiques ou environnementales importantes à considérer pour l'utilisateur :

- Produit sec susceptible de générer des poussières pouvant se disperser sur les propriétés voisines

Concernant des précisions particulières sur le mode d'entreposage, d'épandage ou d'utilisation :

- Livraisons au champ à l'année, disponibilité entre mai et octobre, ...