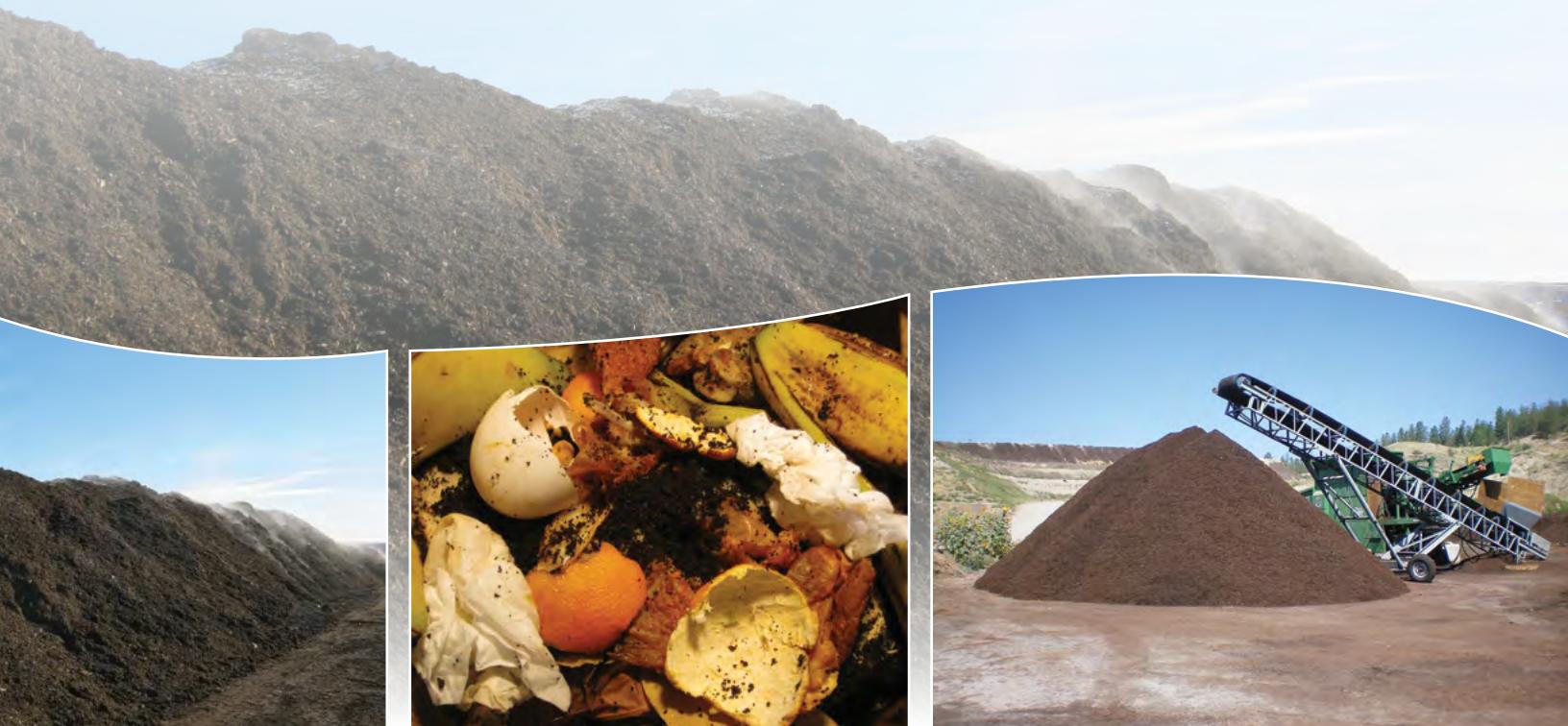




Document technique sur
la gestion des matières organiques municipales



Document technique sur la gestion des matières organiques municipales.

Nº de cat.: En14-83/2013F

ISBN : 978-0-662-76698-8

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Photos : © Environnement Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'environnement, 2013.

Also available in English under the title: Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing

Préface



La gestion des déchets solides est sans aucun doute un service essentiel que les administrations publiques fournissent à leurs citoyens. Ces dernières ont une importante responsabilité concernant la prise de décisions relatives aux services de collecte, aux infrastructures d'élimination ainsi qu'aux programmes de réacheminement et de recyclage des matières qui sont efficents et qui répondent aux besoins de leurs collectivités. Même dans les collectivités où les programmes et les infrastructures sont établis depuis longtemps, la gestion des déchets continue d'évoluer et d'exiger des décisions éclairées qui tiennent compte d'un ensemble complexe de facteurs environnementaux, sociaux, technologiques et financiers. Les collectivités étudient les options visant à traiter les matières organiques et ont besoin de directives techniques plus détaillées et objectives ainsi que de renseignements fiables sur les technologies de traitement disponibles.

Au cours des dernières années, on accorde une attention plus importante à la gestion de la fraction organique du flux de déchets municipaux. Les matières biodégradables, telles que les résidus alimentaires, représentent environ 40 % du flux de déchets résidentiels; par conséquent, le réacheminement des matières organiques est essentiel pour atteindre des objectifs élevés de réacheminement. Les avantages environnementaux liés au réacheminement des matières organiques ailleurs qu'aux sites d'enfouissement comprennent une diminution des émissions de méthane (gaz à effet de serre puissant) ainsi qu'une réduction des quantités générées de lixiviat dans les sites d'enfouissement. Du point de vue du cycle de vie, d'autres avantages, comme la production d'un compost utile et d'énergie renouvelable, peuvent également être obtenus grâce au réacheminement des matières organiques, en fonction de la méthode de traitement choisie.

Bien que la science du traitement des résidus verts en andains extérieurs soit bien comprise et que les installations soient correctement exploitées dans de nombreux sites à l'échelle du pays, les connaissances et l'expérience relatives au traitement des déchets alimentaires au Canada sont moins bien établies.

Les opinions diffèrent relativement à l'efficacité des différentes technologies de traitement des matières organiques. L'expérience canadienne est composée d'un mélange de réussites et de reculs. Il est important que les leçons tirées soient partagées. Des renseignements techniques objectifs et fiables sont nécessaires pour que les administrations publiques qui choisissent une approche liée au traitement des matières organiques le fassent d'une manière éclairée répondant le mieux aux besoins locaux. L'optimisation de l'affectation des ressources et de la valeur économique des matières contenues dans les déchets sont des aspects importants de la durabilité de la gestion intégrée des déchets.



Ce document technique portant sur le traitement des matières organiques des déchets solides municipaux a été élaboré pour répondre à ce besoin en fournissant des renseignements scientifiques, objectifs et accessibles. Ces renseignements portent sur les divers aspects de la planification et des opérations relatives à la gestion des matières organiques, tenant compte des différentes capacités et spécificités régionales. Les approches de traitement par compostage ou digestion anaérobiose les plus pratiques, pertinentes et éprouvées pour une mise en œuvre au Canada font également l'objet d'une discussion. Les technologies de traitement qui sont toujours à l'étape de recherche, celles qui ne sont pas encore disponibles sur le plan commercial ou celles dont la faisabilité technique n'a pas été totalement démontrée dans le contexte canadien, ne sont pas abordées dans le présent document technique.

Puisqu'un grand nombre de municipalités au Canada étudient les options de traitement des matières organiques, le présent document peut être utilisé à titre de ressource par les administrations publiques et les intervenants lorsqu'ils sollicitent les cabinets d'experts-conseils et les fournisseurs de services et de technologies, afin de discuter des options éventuelles et de les évaluer, de préparer les documents d'appel d'offres et d'évaluer les propositions. Les utilisateurs sont encouragés à lire attentivement les renseignements et à les interpréter en fonction de leurs propres conditions locales et exigences réglementaires.

Le présent document s'appuie sur les leçons tirées et sur l'expertise de professionnels, de praticiens et d'universitaires dans le domaine de la gestion des matières organiques à l'échelle de l'Amérique du Nord. L'expérience vaste et variée de tous les collaborateurs et réviseurs est regroupée en 18 chapitres exhaustifs décrivant les aspects techniques et les facteurs clés à prendre en considération dans le traitement des matières organiques. Le document couvre une grande variété de sujets allant de la science et des principes du compostage et de la digestion anaérobiose à la description des technologies de traitement éprouvées, à l'utilisation des biogaz, à la conception des installations, au contrôle des odeurs et à la qualité du compost. Il comporte aussi des sujets connexes, tels que les approches d'approvisionnement et la sélection des systèmes. Nous espérons que les lecteurs tireront profit de ce recueil de connaissances et de leçons apprises pour appuyer les efforts visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et pour optimiser la valeur des matières organiques des déchets solides municipaux dans le cadre d'une approche de gestion intégrée des déchets.



Table des matières



Préface	i
Remerciements	ix
Acronymes et Abréviations	x
1. Matières organiques des déchets solides municipaux—introduction.	1-1
1.1 Composition des matières organiques des déchets solides municipaux	1-1
1.1.1 Résidus alimentaires	1-2
1.1.2 Résidus verts	1-2
1.2 Estimation des quantités de matières organiques des déchets solides municipaux.	1-4
1.3 Enjeux et défis communs	1-5
2. Avantages du réacheminement des matières organiques	2-1
2.1 Avantages pour l'environnement	2-2
2.1.1 Réduction des gaz à effet de serre	2-2
2.1.2 Utilisations des produits de compost	2-3
2.2 Avantages sociaux	2-4
2.3 Avantages économiques	2-5
3. Science et principes relatifs au traitement aérobie (compostage).	3-1
3.1 Étapes du processus de compostage	3-1
3.2 Microbiologie du compost.	3-6
3.2.1 Bactéries.	3-6
3.2.2 Champignons	3-7
3.2.3 Actinomycètes	3-7
3.3 Paramètres clés de gestion du processus	3-8
3.3.1 Concentration en oxygène	3-8
3.3.2 Espace lacunaire et taille et structure des particules	3-11
3.3.3 Ratio carbone-azote	3-13
3.3.4 Teneur en eau.	3-14
3.3.5 Température	3-15
3.3.6 Niveau de pH	3-17



4. Science et principes relatifs au traitement anaérobie (digestion anaérobie)	4-1
4.1 Aperçu du processus de digestion anaérobie	4-1
4.2 Bilan de masse typique	4-6
4.3 Composition chimique et microbiologie de la digestion anaérobie.	4-7
4.4 Paramètres clés de gestion du processus	4-9
4.4.1 Teneur en eau.	4-9
4.4.2 pH, alcalinité et acides gras volatils	4-10
4.4.3 Température	4-11
4.4.4 Temps de rétention des solides	4-11
4.4.5 Ratio C:N et toxicité de l'ammoniac	4-12
4.4.6 Concentration en sulfure	4-12
4.5 Caractéristiques, quantités et traitement du digestat	4-12
4.5.1 Caractéristiques et traitement du digestat	4-12
4.5.2 Quantités de digestat	4-13
4.6 Caractéristiques et quantités de biogaz	4-14
4.6.1 Caractéristiques du biogaz	4-14
4.6.2 Quantités de biogaz	4-15
4.6.3 Potentiel énergétique du biogaz	4-16
5.1 Étapes générales de préparation des matières premières.	5-5
5.1.1 Réduction de la taille des particules	5-5
5.1.2 Mélange	5-5
5.1.3 Élimination des métaux ferreux	5-5
5.1.4 Ajout d'eau ou de lixiviat.	5-5
5.1.5 Facteurs à prendre en considération concernant la préparation des matières premières.	5-6
5.2 Systèmes de compostage passivement aéré et retourné	5-6
5.2.1 Compostage en piles statiques	5-7
5.2.2 Enceintes	5-9
5.2.3 Andains.	5-10
5.2.4 Compostage en larges piles retournées.	5-12
5.2.5 Andains passivement aérés	5-13
5.3 Systèmes de compostage actif aéré	5-14
5.3.1 Piles statiques aérées	5-16
5.3.2 Piles statiques aérées en système fermé (tunnel)	5-18
5.3.3 Conteneurs statiques	5-20
5.3.4 Conteneurs agités	5-22
5.3.5 Silos-couloirs	5-23
5.3.6 Lits agités	5-24
5.3.7 Tambours rotatifs	5-26



6. Technologies de traitement anaérobie	6-1
6.1 Exigences générales de prétraitement	6-1
6.2 Types de technologies de digestion anaérobie	6-2
6.2.1 Système de digestion anaérobie à haute teneur en solides et système de digestion anaérobie humide	6-3
6.2.2 Procédé en une seule étape et procédé en deux étapes	6-4
6.2.3 Procédés thermophiles et mésophiles	6-4
6.2.4 Aperçu de la technologie	6-5
6.3 Systèmes de digestion de matières empilables à haute teneur en solides	6-7
6.4 Systèmes de digestion de boue liquide à haute teneur en solides	6-9
6.5 Systèmes de digestion humide (basse teneur en solides)	6-12
6.6 Codigestion dans les digesteurs de biosolides des usines de traitement des eaux usées	6-14
7. Options de conversion et d'utilisation du biogaz	7-1
7.1 Utilisations avec combustible inférieur	7-3
7.1.1 Exigences de traitement du biogaz pour les utilisations avec combustible inférieur	7-4
7.2 Utilisations avec combustible moyen	7-4
7.2.1 Exigences de traitement du biogaz pour les utilisations avec combustible moyen	7-6
7.3 Utilisations avec combustible supérieur	7-7
7.3.1 Exigences de traitement du gaz pour les utilisations avec combustible supérieur	7-8
7.4 Sécurité en matière de biogaz	7-9
8. Choix du site de l'installation	8-1
8.1 Approches liées au choix du site de l'installation	8-2
8.2 Considérations environnementales	8-4
8.2.1 Terres humides et plans d'eau	8-4
8.2.2 Sources d'eau potable	8-4
8.2.3 Plaines inondables	8-4
8.2.4 Topographie	8-4
8.2.5 Profondeur des eaux souterraines	8-5
8.2.6 Type de sol	8-5
8.2.7 Vitesse et direction du vent	8-6
8.3 Considérations relatives à la proximité et à l'accès	8-6
8.3.1 Réseau de transport	8-6
8.3.2 Sources de matières premières	8-7
8.3.3 Marchés et utilisateurs finaux	8-7
8.3.4 Services publics et autres services	8-8
8.3.5 Sources d'eau	8-8



8.4	Considérations relatives à l'utilisation des terres	8-9
8.4.1	Utilisation des terres et activités sur les sites adjacents.	8-9
8.4.2	Utilisations et zonage des terres autorisées.	8-9
8.4.3	Protection des terres agricoles.	8-9
8.4.4	Zones tampons	8-10
8.4.5	Proximité avec des aéroports.	8-10
8.4.6	Proximité avec d'autres installations de gestion des déchets	8-11
9.	Autres facteurs à prendre en considération dans la conception d'une installation.	9-1
9.1	Santé et sécurité	9-1
9.2	Prévention, détection et contrôle des incendies.	9-2
9.3	Sécurité du site.	9-3
9.4	Flexibilité opérationnelle et entretien	9-4
9.5	Systèmes de ventilation du bâtiment	9-5
9.6	Spécifications relatives aux produits de compost.	9-5
9.7	Opérations pendant l'hiver	9-6
9.8	Variations saisonnières dans les quantités de déchets	9-7
9.9	Livraisons des matières premières par les résidents eux-mêmes	9-8
9.10	Panneaux	9-9
9.11	Protection contre la corrosion.	9-10
9.12	Exigences provinciales et municipales.	9-10
10.	Infrastructure de soutien courante	10-1
10.1.	Aire de réception des matières premières	10-2
10.2	Aire d'entreposage des agents structurants.	10-4
10.3	Aire de maturation du compost	10-5
10.4	Aire d'entreposage du compost fini	10-5
10.5	Aires d'entreposage des matières résiduelles	10-6
10.6	Infrastructure de gestion du lixiviat et des effluents	10-7
10.7	Infrastructure de gestion des eaux pluviales contaminées	10-8
10.8	Infrastructure de gestion des eaux pluviales non contaminées	10-9
10.9	Autres exigences en matière d'infrastructure.	10-10
11.	Équipement de soutien courant.	11-1
11.1	Chargeuses frontales	11-1
11.2	Équipement de mélange	11-3
11.3	Équipement de tamisage	11-4
11.4	Équipement de réduction de la taille	11-6
11.5	Convoyeurs	11-8



12. Programmes de collecte.....	12-1
12.1 Dépôts de récupération	12-2
12.2 Sites de collecte communautaires	12-3
12.3 Programmes de collecte porte-à-porte.....	12-4
12.4 Facteurs à examiner liés à la collecte	12-6
12.4.1 Programmes de collecte de sacs	12-6
12.4.2 Programmes de collecte avec bacs	12-7
12.4.3 Petits contenants de cuisine.....	12-9
13. Approches en matière d'approvisionnement relatives aux installations de traitement des matières organiques.....	13-1
13.1 Conception-soumission-construction.....	13-2
13.2 Gestion de la construction à risque	13-3
13.3 Conception-construction.....	13-4
13.4 Conception-construction-exploitation.....	13-8
13.4.1 Options de financement et de transfert de propriété	13-9
13.5 Considérations générales relatives à l'approvisionnement	13-10
14. Contrôle et gestion des odeurs.....	14-1
14.1 Sources d'odeurs	14-1
14.2 Échantillonnage et mesure des odeurs	14-3
14.2.1 Prélèvement d'échantillons.....	14-3
14.2.2 Mesures de la concentration d'odeur.....	14-4
14.3 Prévoir l'incidence des odeurs à l'extérieur du site	14-6
14.4 Options en matière de technologie de traitement.....	14-7
14.4.1 Épurateurs par voie humide	14-7
14.4.2 Adsorption au charbon activé.....	14-9
14.4.3 Systèmes à biofiltre	14-10
15. Gestion et mesure de contrôle des nuisances.....	15-1
15.1 Poussière	15-1
15.2 Déchets sauvages	15-3
15.3 Bruit	15-4
15.4 Insectes, oiseaux, animaux	15-5
16. Normes de qualité du compost	16-1
16.1 Loi sur les engrais	16-2
16.1.1 Normes de qualité	16-2
16.1.2 Étiquetage	16-4



16.2	Conseil canadien des ministres de l'environnement— <i>Lignes directrices pour la qualité du compost</i>	16-4
16.3	Bureau de normalisation du Québec— <i>Amendements organiques—Composts</i>	16-7
16.4	Exigences réglementaires provinciales	16-7
16.5	Alliance de la qualité du compost.	16-9
17.	Considérations relatives au marché du compost	17-1
17.1	Marchés du compost	17-1
17.1.1	Agriculture	17-1
17.1.2	Contrôle de l'érosion et des sédiments	17-2
17.1.3	Aménagement paysager	17-3
17.1.4	Remise en état	17-4
17.1.5	Revente	17-5
17.1.6	Fabrication de terre végétale	17-5
17.1.7	Application relative au gazon	17-6
17.1.8	Pépinières.	17-7
17.2	Développement des marchés et planification.	17-8
17.3	Options de distribution	17-9
17.4	Vente de produits en vrac ou en sacs	17-10
17.5	Produits concurrents	17-11
17.6	Transport	17-11
18.	Sélection des systèmes	18-1
18.1	Facteurs à prendre en considération	18-1
18.2	Combinaisons courantes de technologies	18-2
18.2.1	Combinaison 1 : Collecte et compostage en andains des résidus verts seulement	18-4
18.2.2	Combinaison 2 : Collecte et compostage combiné des résidus alimentaires et des résidus verts dans un système de compostage actif aéré.	18-6
18.2.3	Combinaison 3 : Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte distincte et compostage en andains des résidus verts	18-8
18.2.4	Combinaison 4 : Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobiose et collecte et compostage en andains des résidus verts	18-12
18.2.5	Combinaison 5 : Collecte et digestion anaérobiose des résidus alimentaires avec les biosolides à l'usine locale de traitement des eaux usées et compostage en andains des résidus verts dans une installation distincte	18-14
18.3	Évaluation des combinaisons de programmes et de technologies	18-17
Références		R-1
Glossaire		G-1



Remerciements



Cette publication d'Environnement Canada a été réalisée sous la direction d'Alain David, ingénieur de programmes pour la Division de la réduction et de la gestion des déchets. M. David tient à remercier les personnes suivantes pour leur travail acharné et leur engagement à l'égard de la publication du présent document.

CH2M HILL

Scott Gamble, gestionnaire de projet/expert en la matière
Rita Burke, graphiste principale
Beth Cavers, experte en la matière
Mari Chijiwa, graphiste
Zeynep Erdal, experte en la matière
Dianne Kearney, conceptrice d'information principale
Tom Kraemer, expert en la matière
Jose Lozano, expert en reprographie
Donna Riley, conceptrice d'information
Felicia Rubright, réviseuse technique principale
Jennifer Seebek, réviseuse technique
Todd Williams, expert en la matière
Melissa Woo, gestionnaire SharePoint

Sous-consultants

Ron Alexander
R. Alexander Associates, Inc.
Konrad Fichtner
Morrison Hershfield
Françoise Forcier
SOLINOV
Nora Goldstein
BioCycle

Réviseurs externes

Suzanne Burelle
Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec
Eliot Epstein
Epstein Environmental Consultants
Jeff Gage
Compost Design Services
Daryl McCartney
Edmonton Waste Management Centre of Excellence
Lambert Otten
Conseil canadien du compost
Rhonda Sherman
North Carolina State University

Environment Canada

François Letellier, agent de programme,
Division de la réduction et de la gestion des déchets
Véronic Pichard, agente de programmes,
Division de la réduction et de la gestion des déchets
Jacinthe Séguin, gestionnaire,
Stratégies et coordination,
Division de la réduction et de la gestion des déchets



Acronymes et Abréviations



24/7	24 heures sur 24, sept jours sur sept	DA	Digestion anaérobie
3R	Réduire, réutiliser, recycler	DBO ₅	Demande biochimique en oxygène en 5 jours
ACG	Association canadienne du gaz	DDQ	Demande de qualification
ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments	DP	Demande de proposition
ACV	Analyse du cycle de vie	DR	Demande de renseignements
AIE	Agence internationale de l'énergie	É.-U.	États-Unis
ASCE	American Society of Civil Engineers	EPI	Équipement de protection individuel
ASTM	American Society for Testing and Materials	Éq. CO ₂	Équivalent en dioxyde de carbone
BNQ	Bureau de normalisation du Québec	ETP	Équivalent temps plein
BTU/pi ³	British thermal units par pied cube	F et E	Fonctionnement et entretien
°C	Degrés Celsius	g	Gramme
C	Carbone	g/L	Grammes par litre
C.R.C.	Codification des règlements du Canada	GES	Gaz à effet de serre
C:N	Carbone : azote	GHG	Matières grasses, huiles et graisses
CAP	Compost Analysis Proficiency	GNC	Gaz naturel comprimé
CCC	Conseil canadien du compost	GNL	Gaz naturel liquéfié
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement	H ₂	Hydrogène
C-CO ₂	Carbone-dioxyde de carbone	H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
CH ₄	Méthane	ha	Hectare
CIWMB	California Integrated Waste Management Board	hp	Horsepower
CI	Chlore	K	Potassium
cm	Centimètre	kg	Kilogramme
CO ₂	Dioxyde de carbone	kg/ha	Kilogrammes par hectare
COV	Composé organique volatil	kg/m ³	Kilogrammes par mètre cube
		kJ/m ³	Kilojoules par mètre cube

km.....	Kilomètre	N.....	Azote
kPa	Kilopascal	NPP	Nombre le plus probable
kW	Kilowatt	O ₂	Oxygène
kWh	Kilowattheures	OSHA.....	United States Occupational Safety and Health Administration
kWh/t	Kilowattheure par tonne	P	Phosphore
L.....	Litre	P3	Partenariat public-privé
L.R.C.	Lois révisées du Canada	PFRP	Process to Further Reduce Pathogens
m.....	Mètre	ppm.....	Parties par million
m ²	Mètre carré	ps.....	Poids sec
m ³	Mètre cube	PSA.....	Pile statique aérée
m ³ /min/m ²	Mètres cubes par minute par mètre carré	S.O.	Sans objet
m ³ /t	Mètre cube par tonne	SiO ₂	Dioxyde de silicium
mg C-CO ₂ /g		t.....	Tonne
MO/jour.....	Milligrammes de carbone sous forme de dioxyde de carbone par gramme de matière organique par jour	t/jr.....	Tonnes par jour
mg S ⁻² /L.....	Milligrammes de sulfure par litre	TCFV	Temps de contact en fût vide
mg/kg	Milligrammes par kilogramme	TPA.....	Tonnes par an
mg/L.....	Milligrammes par litre	tr/min.....	Tours par minute
mg/m ³	Milligrammes par mètre cube	USEPA.....	Environmental Protection Agency des États-Unis
MJ.....	Mégajoules	UV.....	Ultraviolet
MJ/m ³	Mégajoules par mètre cube	V	Volt
MJ/mn ³	Mégajoules par mètre cube normale	vg ³	Verge cube
ml.....	Millilitre	WEF.....	Water Environment Federation
mm.....	Millimètre		
MN ₃	Mètre cube normal		
MO.....	Matière organique		
MPG	Meilleure pratique de gestion		
MPO	Pêches et Océans Canada		



1. Matières organiques des déchets solides municipaux—introduction



Les matières organiques représentent environ 40 % des déchets résidentiels au Canada. Les municipalités ne peuvent pas atteindre, de manière réaliste, des objectifs de réacheminement supérieurs à 50 % sans instaurer une forme quelconque de programme de collecte des matières organiques résidentielles (Fédération canadienne des municipalités, 2009). Les municipalités collectent de plus en plus les matières organiques séparées à la source provenant des résidences et quelques municipalités collectent celles qui proviennent d'entreprises précises, telles que les restaurants, les hôtels et les épiceries.

L'une des plus importantes décisions dans la planification d'un programme de récupération des matières organiques est le choix de la technologie de traitement qui répondra comme il convient aux besoins de réacheminement de la collectivité. Certaines technologies sont plus adaptées que d'autres, selon la composition et des quantités de matières organiques à traiter.

L'acquisition de bonnes connaissances concernant le flux de matières organiques d'une collectivité, notamment la composition, les quantités et les sources, constitue donc une première étape essentielle dans le processus de planification.

Le présent chapitre aborde les points suivants :

- Section 1.1 : Composition des matières organiques des déchets solides municipaux
- Section 1.2 : Estimation des quantités de matières organiques des déchets solides municipaux
- Section 1.3 : Enjeux et défis communs

1.1 Composition des matières organiques des déchets solides municipaux

Le flux de matières solides municipaux est varié et comporte diverses matières organiques et inorganiques. En règle générale, les fractions organiques identifiables comprennent les résidus alimentaires ainsi que les résidus verts.

L'appellation « matières organiques séparées à la source » couramment utilisée fait référence à la combinaison de la fraction organique des déchets solides municipaux provenant des résidences et des secteurs industriel, commercial et institutionnel.

Matières organiques précises généralement ciblées aux fins de réacheminement

- Herbe et feuilles
- Résidus de jardin et mauvaises herbes
- Élagage des arbres et broussailles
- Os
- Pain, muffins, gâteaux, biscuits, tartes et pâtes
- Grains de café et sachets de thé
- Œufs et coquilles d'œufs
- Épluchures de fruits et de légumes
- Viande, poulet et poisson
- Coquilles de noix
- Pâtes et riz
- Sauces
- Produits laitiers solides
- Restes de table et raclage des assiettes



1.1.1 *Résidus alimentaires*

Les résidus alimentaires représentent une part importante des matières organiques présentes dans les déchets résidentiels. Ils sont produits principalement par les secteurs résidentiel et industriel, commercial et institutionnel, et peuvent être générés après consommation (c'est-à-dire qu'ils proviennent des cuisines résidentielles et commerciales des restaurants ou des hôpitaux, par exemple) ou être générés avant consommation (c'est-à-dire qu'ils proviennent des agents de distribution ou de vente au détail, tels que les transporteurs ou les supermarchés). Les résidus alimentaires ont une forte teneur en humidité, ce qui peut conduire à la production de lixiviat et d'odeurs pendant la gestion et le traitement.

Dans le présent document technique, les produits de papier souillés sont inclus dans le cadre de la discussion sur les résidus alimentaires. Les produits de papier souillés qui ne peuvent être recyclés (p. ex., essui-tout, serviettes en papier, cartons souillés ou cirés, journaux souillés et papier-mouchoirs) sont souvent compris dans les programmes de réacheminement des matières organiques. Ces matières sont facilement dégradables; les inclure dans les programmes de réacheminement peut donc être bénéfique puisqu'elles agissent à titre d'absorbant pour d'autres liquides pendant la collecte.

1.1.2 *Résidus verts*

Les résidus verts sont composés d'herbes vertes coupées et de chaume, de feuilles, de mauvaises herbes, de broussaille et d'élagage des petits arbres. En règle générale, les résidus verts sont suffisamment petits et n'ont pas besoin d'être broyés ou déchiquetés avant d'être traités par l'intermédiaire du compostage ou de la digestion anaérobique.

Plus que tout autre composant du flux de déchets solides, les taux de production de résidus verts varient fortement au cours de l'année. La figure 1-1



Photo 1-1 : Résidus alimentaires séparés à la source
© Environment Canada, 2012. Photo: Alain David



Photo 1-2 : Les résidus alimentaires produits avant consommation ont tendance à être exempts de contaminants.
© CH2M HILL



Photo 1-3 : Les résidus verts sont la matière première la plus courante dans les installations de traitement des matières organiques au Canada. © CH2M HILL



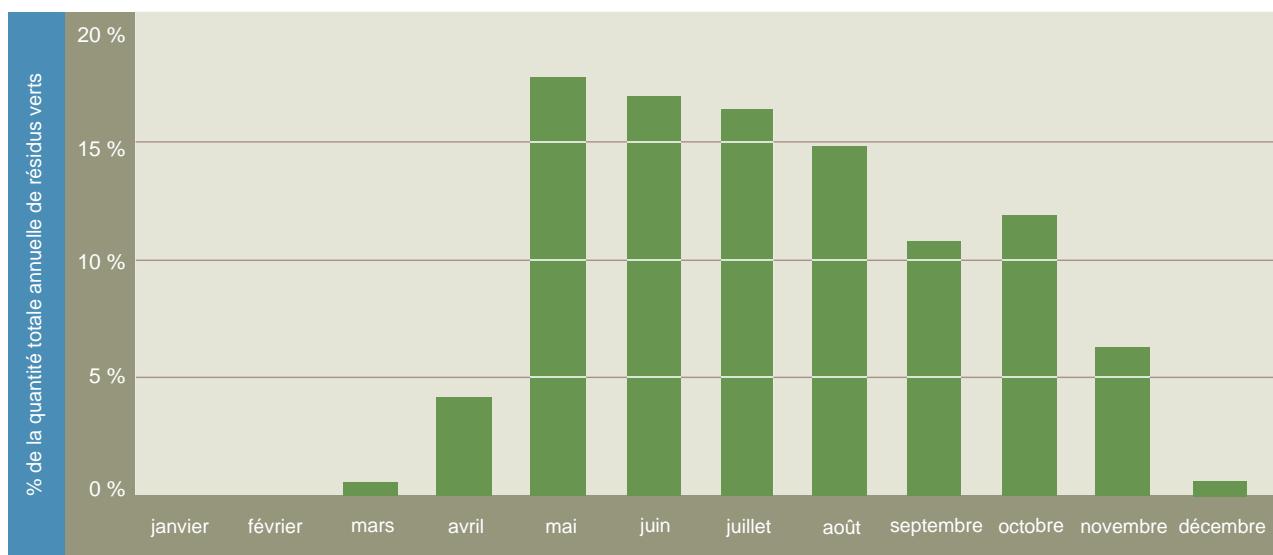


Figure 1-1 : Variation mensuelle typique des quantités de résidus verts

indique l'ampleur de cette variation avec les quantités typiques présentées mois par mois. Les quantités de résidus verts peuvent également varier d'une année à l'autre au sein d'une même zone. Intuitivement, ces fluctuations peuvent être attribuées principalement aux changements climatiques qui influent directement sur les taux de croissance de l'herbe et des arbres, y compris sur les écarts de températures, les précipitations et les heures d'ensoleillement.

Les résidus verts constituent généralement une matière première propre et sans contaminants. Les sacs en plastique, les excréments d'animaux, la saleté, les roches et les contenants d'engrais sont quelques-uns des contaminants courants que l'on trouve dans les résidus verts.

La broussaille, les branches d'arbre et, dans une moindre mesure, les troncs et les souches d'arbres peuvent également composer le flux de déchets solides municipaux et sont souvent pris en compte lors de l'évaluation des programmes de réacheminement des résidus verts. Ces matières ligneuses sont parfois appelées « bois vert » afin de les différencier du bois de construction de dimensions courantes et d'autres produits à base de bois traité que l'on peut trouver dans le flux de déchets solides municipaux. Le bois vert devrait être broyé ou fragmenté avant d'être mélangé à d'autres matières organiques.

Le bois vert peut être le résultat d'activités de jardinage et d'aménagement paysager, de l'entretien des arbres et du dégagement des lignes de services publics. L'aménagement ou le réaménagement des terres ainsi que les tempêtes de vent et de verglas, sont d'autres



Photo 1-4 : Les tempêtes peuvent arracher de grandes quantités de branches d'arbres. © CH2M HILL

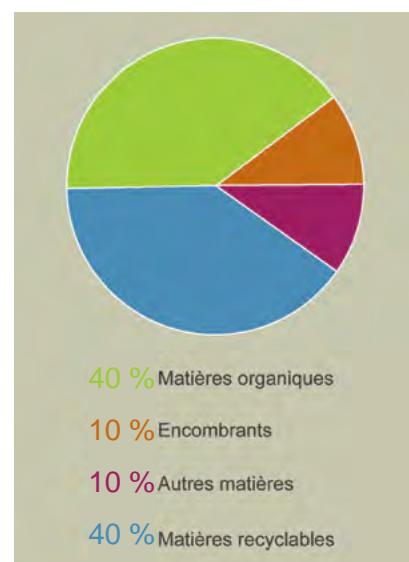


Figure 1-2 : Contenu typique des déchets résidentiels au Canada



facteurs. Les maladies des arbres et les infestations d'insectes (p. ex., la maladie hollandaise de l'orme et le dendroctone du pin) peuvent également influencer la quantité de bois vert résiduel produit; toutefois, les résidus issus du contrôle de ces infestations sont souvent gérés en dehors des programmes de traitement des résidus verts et des matières ligneuses en raison des préoccupations relatives à la propagation des maladies.

1.2 Estimation des quantités de matières organiques des déchets solides municipaux

La figure 1-2 illustre le contenu typique des déchets résidentiels au Canada. La quantité des restes alimentaires produits par le secteur résidentiel est relativement constante tout au long de l'année, mais la quantité de résidus verts varie en fonction de la saison et du type de zone (p. ex., banlieue, milieu urbain du centre-ville, milieu rural, avec une production de résidus alimentaires plus élevée en milieu urbain et une production de résidus verts et d'autres déchets plus élevée en milieu rural). En moyenne, un ménage courant produit entre 150 et 200 kilogrammes (kg) par personne de matières organiques annuellement. Dans les municipalités où l'on procède à une collecte sélective porte à porte et non à des programmes de réacheminement des matières organiques séparées à la source, la moitié des déchets envoyés dans les sites d'enfouissement peuvent être de nature organique (CH2M HILL, 2011).

Les matières organiques sont également produites en grandes quantités par les secteurs industriel, commercial et institutionnel. Les entreprises d'emballage et de distribution alimentaires, les restaurants, les cafétérias, les centres des congrès et les supermarchés représentent quelques-uns des plus grands producteurs de matières organiques des secteurs industriel, commercial et institutionnel. Si l'on envisage d'inclure ces entreprises à forte contribution dans les programmes de récupération des matières organiques, elles devraient être étudiées, car la nature et la quantité des matières organiques produites peuvent considérablement varier d'une entreprise à l'autre.

Afin de planifier convenablement les programmes de réacheminement des matières organiques séparées à la source et de concevoir correctement les installations, des estimations précises des quantités de matières organiques dans le flux de déchets solides municipaux sont requises. Les matières qui sont déjà séparées et réacheminées peuvent être quantifiées par l'intermédiaire d'une mesure directe, mais dans le cas des matières organiques mélangées à d'autres types de déchets, les professionnels des déchets solides doivent extrapoler les quantités à partir de valeurs connues qui représentent leur pourcentage du flux de déchets entrants.

L'estimation des quantités de résidus verts produits est compliquée par les variations saisonnières et les variations se produisant d'une année à l'autre, mais aussi par le fait qu'une quantité importante de résidus verts est gérée sur place par les résidents et les entreprises par le biais de l'herbicyclage et du compostage domestique. Par conséquent, les quantités de résidus verts sont habituellement basées sur les quantités collectées, ce qui représente uniquement les matières gérées par l'intermédiaire des programmes municipaux et des installations.



On parvient parfois à déterminer les quantités relatives des différents types de déchets dans les déchets solides municipaux mélangés en réalisant une étude de la composition des déchets. Au cours de ce genre d'étude, des échantillons représentatifs de déchets solides provenant de sources variées (p. ex., secteurs résidentiels, secteurs industriel, commercial et institutionnel) sont obtenus et répartis manuellement en leurs fractions principales (p. ex., papier, plastique, métaux et résidus alimentaires). Les masses des diverses fractions sont calculées et la composition générale des déchets est calculée sur la base d'un pourcentage.

Les études relatives à la composition des déchets solides qui sont statistiquement valides coûtent très cher à réaliser; par conséquent, elles ne sont pas couramment effectuées en dehors des principales agglomérations. De plus, afin de refléter avec exactitude la composition des déchets, une étude doit inclure les intervalles d'échantillonnage dans les saisons d'hiver et d'été, au minimum, afin de tenir compte des fluctuations saisonnières dans les quantités de résidus verts (bien qu'il soit possible d'extrapoler les données sur la composition des déchets à partir des études réalisées dans d'autres régions ayant des climats et des caractéristiques socioéconomiques semblables).

1.3 Enjeux et défis communs

Un programme efficace de gestion des matières organiques peut offrir des avantages importants pour une collectivité, tel que le précise le chapitre 2. La mise en œuvre réussie d'un programme requiert une planification soigneuse et une mise en œuvre raisonnable. En tirant profit de l'expérience à l'échelle du Canada dans la mise en œuvre de tels programmes avec une variété de technologies, les principaux facteurs à considérer comportent :

1. **Choix de la technologie** : Il s'agit de l'une des plus importantes décisions dans le processus, en particulier si les installations sont situées près des agglomérations. Le défi consiste à choisir le bon site pour l'installation de traitement en fonction de la technologie choisie (ou inversement, il faut choisir la technologie en fonction du site disponible), qui se trouve à une distance convenable du voisinage.
2. **Taille et capacité de l'installation** : Outre les aspects technologiques, les méthodes de collecte doivent également être prises en compte soigneusement. Le choix des contenants (volume et type) est influencé par le type de matières organiques à récupérer (résidus alimentaires résidentiels combinés ou séparés des résidus verts) et adapté au profil de la population.
3. **Respect de toutes les exigences réglementaires** : Les installations de traitement désignées doivent être planifiées conformément aux différentes exigences environnementales provinciales, avec une capacité et des contrôles suffisants pour accepter les matières provenant d'une variété de secteurs.



4. **Coûts du programme et financement** : Afin d'éviter les coûts imprévus, l'élaboration d'estimations précises pour le projet (p. ex., collecte, investissement dans l'installation et exploitation de cette dernière, commercialisation et utilisation du produit final) peut représenter un défi, car les décideurs travaillent avec des enveloppes budgétaires.
5. **Respect des attentes et des préoccupations de la collectivité** : La participation de la collectivité dans le choix du site est primordiale. La participation des citoyens à divers aspects de la planification et de la mise en œuvre peut contribuer à établir l'acceptation du projet, mieux éclairer le choix de la technologie et des méthodes de collecte ainsi que les coûts et d'autres paramètres de mise en œuvre.
6. **Retombées économiques** : Afin de le vendre convenablement, la qualité du compost produit, le segment du marché et son utilisation finale doivent être soigneusement évalués. Dans le cas de la digestion anaérobiose, les coûts d'investissement et les revenus liés à l'utilisation des biogaz visant à produire de l'énergie renouvelable nécessitent également une évaluation.

Enfin, l'intégration de tous les enjeux et défis en vue de prendre une décision optimale constitue, à elle seule, un défi. Le secret du succès réside dans l'adoption d'une approche intégrée. En d'autres termes, la technologie, à elle seule, ne peut garantir la réussite d'un programme de récupération des matières organiques; tous les aspects, y compris le choix du site et la participation de la collectivité, doivent être pris en compte sur un pied d'égalité.



2. Avantages du réacheminement des matières organiques



Les matières organiques sont une composante essentielle des sols et jouent un rôle fondamental dans leur conservation, dans les cultures agricoles et dans le maintien de la fertilité. Le retour des matières organiques au sol fait partie du cycle du carbone, qui est un nouvel enjeu environnemental important. Les matières organiques sont reconnues comme étant une ressource importante de matière organique et possèdent de nombreux attributs bénéfiques. Cependant, lorsqu'ils sont envoyés dans les sites d'enfouissement, les matières organiques produisent des émissions de gaz à effet de serre et peuvent occasionner une nuisance et des problèmes de santé. Par conséquent, il est important de transformer cette ressource précieuse en un amendement organique et un engrais, par l'intermédiaire de pratiques de gestion robustes et efficaces de la collecte, du transport et du traitement.

Par le passé, les matières organiques ainsi que d'autres composants du flux de déchets collectés dans le secteur résidentiel et les secteurs industriel, commercial et institutionnel ont été éliminés dans les sites d'enfouissement. Il est désormais largement reconnu que les matières organiques contribuent fortement aux problèmes associés aux sites d'enfouissement. La décomposition anaérobiose de ces matières dans un site d'enfouissement mène à la production de méthane qui peut ensuite être rejeté dans l'atmosphère si aucun contrôle n'est mis en place. La décomposition des matières organiques augmente également la production de lixiviat et d'odeurs putrides. Outre la diminution des nuisances liées aux sites d'enfouissement, plusieurs autres avantages environnementaux et sociaux sont associés au réacheminement des matières organiques.

Des technologies de traitement biologiques ont été élaborées pour réaliser le plein potentiel du réacheminement des matières organiques. Les technologies du compostage et de la digestion anaérobiose ont été adaptées à des caractéristiques précises de la fraction organique du flux de déchets solides municipaux. De nombreuses techniques sont disponibles pour transformer les matières organiques en produits utiles qui peuvent être utilisés de façon bénéfique pour l'agriculture, l'horticulture, l'aménagement du paysage, la bonification des terres, le contrôle de l'érosion et à d'autres fins. Les technologies de digestion anaérobiose dans les bioréacteurs fermés offrent de nouvelles occasions de capter l'énergie issue des matières organiques. Cette énergie peut contribuer davantage à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en supplantant l'utilisation des combustibles fossiles.

Lorsque tous les avantages d'une gestion saine des matières organiques des déchets solides municipaux ont été pris en compte, des avantages importants se présentent alors. Le présent chapitre aborde plus en détail les trois catégories d'avantages suivantes :

- Section 2.1 : Avantages pour l'environnement
- Section 2.2 : Avantages sociaux
- Section 2.3 : Avantages économiques



2.1 Avantages pour l'environnement

2.1.1 Réduction des gaz à effet de serre

On parvient à réduire les émissions de gaz à effet de serre lorsque les matières organiques sont réacheminées vers des installations de compostage et de digestion anaérobiose, puis traités dans des conditions contrôlées. Les matières organiques des déchets solides municipaux enterrés dans les sites d'enfouissement subissent une décomposition anaérobiose et produisent un gaz d'enfouissement constitué principalement de méthane (CH_4). Le méthane est un gaz à effet de serre puissant, dont le potentiel de réchauffement planétaire est 25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO_2), faisant ainsi des sites d'enfouissement un secteur qui contribue significativement aux émissions de gaz à effet de serre. Par ailleurs, la durée de vie atmosphérique du méthane est relativement courte (une dizaine d'années) par rapport au dioxyde de carbone (qui reste dans l'atmosphère pendant des siècles). En raison de cette courte durée de vie atmosphérique, la réduction des émissions de méthane et d'autres « agents de forçage climatique de courte durée » a la capacité de ralentir le rythme des changements climatiques à court terme. Par le biais du captage, de la combustion ou de l'utilisation du gaz d'enfouissement, certains sites d'enfouissement sont capables de récupérer un pourcentage important du méthane produit. Cependant, les systèmes de captage du gaz d'enfouissement ne sont pas efficaces à 100 % et de nombreux sites d'enfouissement ne sont pas équipés de tels systèmes. Le réacheminement des matières organiques vers les installations de compostage et de digestion anaérobiose permet de réduire les émissions de méthane provenant des sites d'enfouissement.

D'autres activités associées au compostage et à la digestion anaérobiose contribuent également à la réduction des gaz à effet de serre, même si cela se fait dans une moindre mesure. Le recyclage des matières organiques dans le sol entraîne la régénération du carbone et la formation de l'humus (ICF, 2005). Les diminutions dans l'utilisation d'engrais chimique résultant des applications de compost permettent également de faire des économies d'énergie.

Des réductions supplémentaires sont possibles lorsque la technique de la digestion anaérobiose est utilisée. Des biogaz produits pendant le processus de digestion anaérobiose sont captés et peuvent être utilisés pour produire de l'électricité en remplacement de l'électricité produite à partir de la combustion de combustibles fossiles. Les biogaz peuvent également être raffinés en un combustible qui remplace les combustibles fossiles dans le chauffage et les véhicules, ce qui contribue encore davantage aux réductions des gaz à effet de serre.

De nombreux facteurs, tels que le niveau de captage des gaz d'enfouissement, la teneur en carbone du compost recyclé dans le sol, la quantité et le type d'énergie remplacée par l'énergie créée à partir des biogaz et le remplacement des engrains, influent tous sur le niveau de réductions des gaz à effet de serre associées au traitement et à l'utilisation des matières organiques.

Réduction des gaz à effet de serre

Au Canada, le réacheminement d'une tonne de résidus alimentaires à des installations de compostage ou de digestion anaérobiose réduit les émissions de gaz à effet de serre d'environ une tonne d'équivalent de CO_2 par rapport à l'enfouissement.

Facteurs de réduction des gaz à effet de serre

- Niveau de captage des gaz d'enfouissement
- Teneur en carbone du compost recyclé dans le sol
- Quantité et type d'énergie produite à partir des biogaz
- Quantité d'engrais remplacé



2.1.2 Utilisations des produits de compost

L'un des principaux résultats de la plupart des programmes de réacheminement des matières organiques est la production d'un produit de compost fini stable, mature et exempt d'organismes pathogènes : une matière de couleur foncée et friable avec une odeur de terre, qui ressemble au sol et qui est composée d'une proportion élevée d'humus et d'éléments nutritifs utiles pour les végétaux. Le compost s'avère extrêmement bénéfique dans une variété d'applications.

En tant qu'**amendement organique** pour les applications dans le domaine de l'agriculture, de l'aménagement du paysage et de l'horticulture, le compost améliore le sol sur lequel il est appliqué.

Les sols argileux denses profitent de l'inclusion du compost, car il les rend plus friables et améliore ainsi la pénétration des racines et le drainage. Dans le cas des sols poreux et sablonneux, la capacité de rétention de l'eau est meilleure avec l'ajout du compost et les éléments nutritifs sont plus facilement retenus. Les sols agricoles dans lesquels les matières organiques sont épuisées et qui sont soumis à des pratiques culturelles intensives améliorent la conservation de l'eau par le biais d'une meilleure rétention de l'engrais dans le sol, d'un tassement moins important grâce à une structure améliorée et d'une productivité accrue. Il est possible d'améliorer les sols horticoles grâce à l'ajout du compost pour ces mêmes raisons, mais aussi parce que le compost contient des éléments nutritifs biodisponibles qui sont libérés au cours de plusieurs saisons de croissance. Les projets de recherche menés au cours des dix dernières années ont prouvé que l'utilisation du compost peut aussi supprimer les organismes à l'origine de maladies dans le sol.

Le compost peut aussi être utilisé en tant que **contrôle de l'érosion et pour empêcher d'autres pertes de terres végétales** dans les aires perturbées. Les couvertures de compost absorbent l'humidité, modérant alors l'effet de la pluie sur des aires qui autrement sont nues; ainsi, elles sont utiles dans les aires perturbées, telles que les sites de construction, les sites d'enfouissement recouverts et les berges restaurées des cours d'eau. Il est possible de planter directement dans le compost, qui reste en place indéfiniment pour renforcer le sol.

Le compost peut améliorer les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols et offrir une méthode biologique permettant de dégrader des contaminants pétroliers précis et de réduire la biodisponibilité des métaux lourds. Les utilisations liées à la bonification et à la restauration pour les terres industrielles sont également bien reconnues.

L'utilisation des produits du compost provenant de la collecte et du traitement des matières organiques offre plusieurs avantages pour l'environnement qui se traduisent également par des économies de coûts. L'amélioration du sol et le besoin moindre pour ce qui est du maintien général de la fertilité, de l'utilisation et de la production d'engrais fournissent des avantages mesurables. De même, le compost aide à réduire l'extraction d'humus des sols (tourbe et sol noir) et donne lieu à des avantages connexes.

Avantage de l'utilisation du compost

- Améliore le sol sur lequel il est appliqué, augmentant ainsi sa productivité.
- Supprime les organismes du sol à l'origine d'une maladie.
- Empêche la perte de terres végétales.
- Permet un contrôle de l'érosion.
- Dégrade certains contaminants pétroliers et réduit la biodisponibilité des métaux lourds.

Avantages pour l'environnement liés au réacheminement des matières organiques

- Préserve la capacité du site d'enfouissement.
- Réduit les quantités de lixiviat des sites d'enfouissement et les coûts de gestion.
- Traite, de façon passive, les émissions de gaz d'enfouissement dans les projets de fermeture des sites d'enfouissement.
- Permet d'empêcher l'érosion, de contrôler les sédiments et de traiter l'eau de surface pendant la durée de vie active du site d'enfouissement.



2. Avantages du réacheminement des matières organiques

Le compost peut être intégré aux systèmes de recouvrement des sites d'enfouissement et a été utilisé avec succès dans le cadre des systèmes de recouvrement par oxydation du méthane qui traitent, de façon passive, les émissions de gaz d'enfouissement.

2.2 Avantages sociaux

Tous les avantages pour l'environnement associés au réacheminement et à l'utilisation du compost offrent aussi des avantages sociaux. La réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants (p. ex., particules et polluants atmosphériques) aide à protéger la santé humaine et à prévenir la dégradation des écosystèmes naturels.

Le méthane produit par l'enfouissement des matières organiques dans les sites d'enfouissement peut également présenter un risque pour la sécurité. Le gaz d'enfouissement peut migrer sous terre et s'accumuler à l'intérieur et autour des structures situées à proximité du site d'enfouissement. Si des quantités importantes s'accumulent, il y a un risque d'explosion. En diminuant la quantité de matières organiques dans les sites d'enfouissement, on aide à réduire la quantité de gaz d'enfouissement produit ainsi que les risques pour la sécurité qui y sont associés.

La durée de vie prolongée des sites d'enfouissement contribue à la préservation des terres; en outre, le réacheminement des matières organiques permet de conserver de l'espace pour les déchets qui ne peuvent être réacheminés ou réutilisés. De même, le compost peut être incorporé aux rigoles de drainage biologiques, aux terres humides artificielles et à d'autres systèmes biologiques servant à traiter les eaux de ruissellement en surface et à inverser les impacts négatifs de l'industrialisation.

Le retrait des matières organiques des sites d'enfouissement réduit le lixiviat et les nuisances causées par les odeurs, diminuant ainsi les impacts négatifs sociaux pour les collectivités avoisinantes et la société. Le développement d'installations de traitement des matières organiques et l'utilisation finale de compost et de l'énergie issue du traitement des matières organiques donnent également lieu à de nombreux avantages sociaux. Créer des installations à proximité des collectivités dans lesquelles les matières organiques sont produites peut encourager une meilleure participation de la collectivité. Lorsque les installations sont situées près des sources de déchets, cela permet de diminuer les exigences en matière de transport et de fournir également des avantages pour la santé de l'environnement, grâce à la réduction des gaz à effet de serre.

La séparation à la source, la conversion et la réintroduction des matières organiques dans le système du cycle de carbone encourage également la hiérarchie des trois « R » (réduire, réutiliser et recycler)

Avantages sociaux du réacheminement des matières organiques

- Protège la santé humaine et de l'environnement.
- Réduit les risques de sécurité liés aux sites d'enfouissement.
- Contribue à la préservation des terres.
- Produit du compost, qui peut être utilisé pour le reboisement, la restauration des terres humides et la revitalisation de l'habitat pour inverser les impacts de l'industrialisation.
- Diminue les nuisances pour les voisins.
- Permet la création de compost et de biogaz, en réduisant la dépendance vis-à-vis des ressources non renouvelables (tourbe et combustibles fossiles).
- Offre des occasions d'enseignement, de formation et d'emploi.
- Contribue à la santé des sols essentiels au maintien de l'industrie agricole.



en modélisant l'importance d'une gestion saine des ressources. La distribution du compost pour des utilisations résidentielles, commerciales, agricoles et industrielles révèle des résultats pratiques et positifs pour le cycle des matières organiques, encourageant ainsi la participation à tous les niveaux du système de ressources provenant des déchets.

L'utilisation finale du compost stimule également l'emploi et une nouvelle économie basée sur l'environnement. Les installations de traitement créent de nouveaux emplois pendant les phases de construction et d'exploitation. La gestion du compost soutient le développement économique par l'intermédiaire de l'emploi : gestion, commercialisation, recherche, démonstration et éducation. En réduisant les besoins en matière d'engrais et en permettant une amélioration du sol, le recyclage des matières organiques aide à maintenir l'agriculture et la production alimentaire.

2.3 Avantages économiques

À première vue, la collecte et le traitement des matières organiques des déchets solides municipaux ainsi que leur utilisation ultérieure comme amendement organique conduisent à des coûts supplémentaires associés au système de gestion des déchets solides municipaux et liés aux éléments suivants :

- Coûts d'exploitation et coûts en capital amortis pour les nouvelles infrastructures de traitement.
- Refonte des programmes de collecte.
- Communications visant à encourager la participation.
- Gestion des programmes d'intendance à l'appui de la stratégie de recyclage des matières organiques.
- Recherche, démonstration et éducation dans le but de développer les marchés et l'acceptation sociale.

Les méthodes traditionnelles de comptabilisation estimeraient normalement que ces modifications peuvent représenter un coût supplémentaire pour chaque ménage faisant partie du système. Cependant, ces coûts supplémentaires dépendent du contexte d'analyse précis. Par exemple, lorsque l'on réalise une analyse liée au cycle de vie d'un programme de réacheminement des matières organiques, les coûts supplémentaires par rapport aux avantages sociaux et environnementaux obtenus seraient pris en compte pour estimer l'impact net des coûts sur la société. Les répercussions positives des programmes de réacheminement des matières organiques qui seraient également prises en compte incluent :

- La durée de vie prolongée du site d'enfouissement.
- Les réductions des émissions de gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques (par rapport à l'enfouissement).
- Des avantages directs et indirects dans le domaine de l'emploi.

Avantages économiques liés au réacheminement des matières organiques

- Prolonge la durée de vie du site d'enfouissement.
- Réduit les émissions dangereuses.
- Offre de nouvelles occasions d'emploi direct et indirect dans le domaine de l'environnement.
- Permet des économies de coûts en réduisant l'utilisation de combustibles fossiles et d'engrais.
- Génère des revenus potentiels si les réductions des gaz à effet de serre sont vendues comme compensations.
- Permet des économies de coûts et d'énergie grâce au remplacement des engrains chimiques.



2. Avantages du réacheminement des matières organiques

- Des économies d'énergie et de coûts grâce au remplacement des engrains chimiques.
- Des revenus potentiels issus de l'énergie produite par le biais de la digestion anaérobiose.
- Une réduction des coûts pour la gestion du lixiviat.

Les programmes de réacheminement des matières organiques offrent généralement des avantages nets lorsqu'une procédure de comptabilisation du cycle de vie est utilisée pour mesurer le coût en capital et le coût des opérations, en tenant compte des avantages sociaux et pour l'environnement.

L'espace libre des sites d'enfouissement revêt une grande importance dans de nombreuses régions du Canada. Réacheminer les matières organiques par l'intermédiaire d'options viables de gestion et réserver cet espace dans les sites d'enfouissement aux déchets ultimes, constitue une démarche sensée sur le plan des affaires. Avec moins de déchets entrants, on peut considérablement prolonger la durée de vie des sites d'enfouissement existants et donc reporter les coûts qui sont engagés lorsqu'il faut trouver et construire de nouveaux sites d'enfouissement. En général, le choix du site pour établir de nouveaux sites d'enfouissement constitue une tâche difficile, étant donné que de nombreux facteurs, souvent contradictoires, doivent être pris en compte. Par exemple, choisir de préférence un site situé près de la source de déchets s'oppose directement à la sélection d'un site sans aucun voisin pouvant être touché négativement. D'un point de vue économique, le prolongement de la durée de vie d'un site existant est toujours préférable à la recherche d'un nouveau site, dans le but de remplacer celui qui approche sa capacité.

Dans les provinces et les territoires où les sites d'enfouissement sont situés à des centaines de kilomètres du point de production des déchets, les coûts de transfert des déchets vers les sites d'enfouissement peuvent être importants. Puisque les installations de traitement des matières organiques n'interdisent pas un réaménagement futur et une utilisation des terres, il est possible d'établir ces installations plus près du point de production, réduisant ainsi les coûts de transfert et de gestion pour les municipalités ainsi que les émissions de gaz à effet de serre.

Comme nous l'avons abordé dans la section précédente, le cycle de production et de distribution du compost offre des occasions d'emploi ainsi que d'autres avantages qui en découlent pour les collectivités locales.

De même, le processus de digestion anaérobiose produit de l'électricité ainsi qu'un produit de remplacement pour les combustibles fossiles. En raison du coût croissant de l'énergie et grâce à une meilleure compréhension des répercussions négatives des changements climatiques, il est devenu plus évident que le réacheminement des matières organiques donne lieu à un choix logique et pratique pour l'avenir.

Outre les économies de coûts, des revenus peuvent être générés grâce aux sous-produits comme le compost, qui peut être commercialisé et vendu. Les installations de digestion anaérobiose peuvent également avoir la capacité de convertir les biogaz en chaleur et en diverses catégories de carburant dans le but de produire de l'électricité, d'établir un chauffage centralisé et d'alimenter les véhicules. Les avantages économiques liés à la vente de ces produits, ou à leur utilisation pour compenser la consommation interne de combustibles fossiles, peuvent être importants.

Le réacheminement des matières organiques réduit le coût de gestion du lixiviat présent dans ces sites. Moins de matières organiques signifie moins d'humidité qui pénètre dans le site d'enfouissement et qui contribue à la production de lixiviat. La collecte et la gestion du lixiviat des sites d'enfouissement peuvent être coûteuses, en particulier si le traitement hors site ou l'élimination sont requis.



3. Science et principes relatifs au traitement aérobie (compostage)



Comme l'indique conceptuellement la figure 3-1, le compostage est un processus biologique aérobie selon lequel une succession de microorganismes différents décomposent les matières organiques et les convertissent en un produit biologiquement stable sans effet phytotoxique (dangereux) sur les plantes lorsqu'il est utilisé en tant que supplément pour le sol. Le compostage diffère considérablement du processus de décomposition qui se produit dans la nature. Il est surveillé et contrôlé, les conditions aérobies sont maintenues et il comporte une phase à température élevée (p. ex., température supérieure à 55 °C) qui réduit ou élimine les organismes pathogènes et les graines de mauvaises herbes.

Le chapitre 5 fournit des détails sur les différentes méthodes de compostage et sur les technologies couramment utilisées. Ce chapitre tient à offrir au lecteur une compréhension de base des aspects clés du processus de compostage, notamment :

- Section 3.1 : Étapes du processus de compostage
- Section 3.2 : Microbiologie du compost
- Section 3.3 : Paramètres clés de gestion du processus

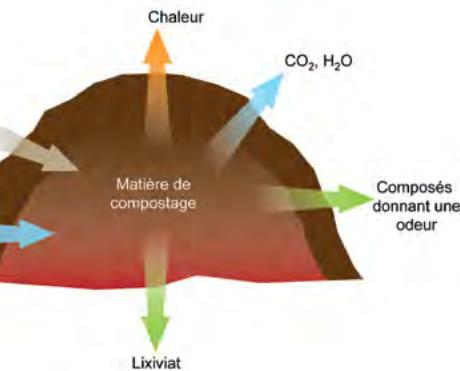


Figure 3-1 : Processus de compostage

Aux fins de planification de projet

Pour chaque tonne de matières organiques séparées à la source qui est compostée, environ 0,5 tonne de compost fini est produite.

3.1 Étapes du processus de compostage

Un compostage réussi comporte jusqu'à sept étapes différentes, comme l'indique la figure 3-2. Tout au long de chaque étape, les odeurs et autres nuisances (p. ex., poussière, détritus et vecteurs), les eaux de surface et le lixiviat doivent être gérés. Ces exigences supplémentaires sont abordées plus en détail dans les chapitres 9, 10, 14 et 15.

Étape 1 : Inspection des matières premières. Cette étape consiste à retirer les matières premières qui ont été livrées à l'installation de compostage des conteneurs ou des sacs et à les inspecter pour détecter les éléments inacceptables ou qui ne peuvent être compostés (p. ex., boîtes de conserve métalliques, bouteilles en verre, pellicule

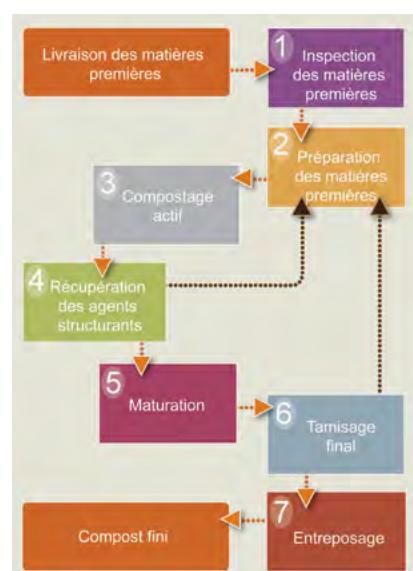


Figure 3-2 : Étapes du processus de compostage



plastique). Une attention particulière est habituellement accordée à l'élimination des contaminants qui pourraient soulever des préoccupations concernant la sécurité des travailleurs dans l'installation (p. ex., objets pointus et tranchants et objets de verre et de métal), endommager l'équipement (p. ex., grosses roches et morceaux de béton, contenants pour pesticides vides) ou qui pourraient avoir une incidence négative sur la qualité du produit de compost fini (p. ex., piles).

Étape 2 : Préparation des matières premières.

Cette étape fait référence aux changements apportés aux caractéristiques physiques et chimiques des matières premières dans le but de fournir des conditions optimales de compostage actif. Cette étape peut exiger un broyage pour modifier la taille des particules, un mélange pour veiller à ce que les matières premières soient homogènes ou un ajout d'agents structurants ou d'autres matières afin d'ajuster les caractéristiques physiques ou chimiques des matières premières.

Dans les installations de plus grande taille, les étapes d'inspection et de préparation des matières premières sont parfois intégrées à une ligne unique d'équipement.

Étape 3 : Compostage actif. Cette étape fait référence à la décomposition rapide des composants des matières premières qui se dégradent facilement. Une fois que les matières premières ont été modifiées et mélangées à d'autres matières, elles sont placées dans la pile, l'andain ou dans le système fermé où le compostage actif a lieu.

L'étape du compostage actif est caractérisée par de hauts niveaux d'activité biologique qui créent une forte demande en oxygène. L'activité de ces microorganismes entraîne également une augmentation rapide de la température dans le mélange des matières premières. Lorsque les niveaux optimaux d'oxygène, d'eau et d'éléments nutritifs sont présents, l'activité biologique peut éléver la température du mélange des matières premières, en la faisant passer des niveaux ambients à la fourchette située entre 55 et 65 °C en 24 heures.

Préparation des matières premières

Peut comprendre une ou plusieurs des étapes suivantes, tout dépend de la matière première et du type de technologie de compostage :

- Désensachage
- Tri
- Tamisage
- Broyage et déchiquetage
- Ajout d'agents structurants ou d'inoculants (p. ex., compost recyclé)
- Ajout d'eau ou de lixiviat
- Mélange de matières premières, d'agents structurants, d'eau et de lixiviat pour former un mélange homogène



Photo 3-1 : Des méthodes manuelles et mécaniques sont utilisées pour inspecter et préparer les matières premières.
© Scott Gamble

La chaleur produite par les microorganismes qui décomposent les matières premières fournit plusieurs avantages importants. Plus important encore, elle permet de faire diminuer les populations de microorganismes pathogènes présents dans les matières premières à des niveaux acceptables comme le définissent les normes réglementaires abordées dans le chapitre 16. Les températures élevées de la phase de compostage actif rendent également les graines des mauvaises herbes et des plantes inactives.

Organismes pathogènes

La plupart des bactéries pathogènes, des virus et des parasites sont détruits lorsqu'ils sont exposés à des températures supérieures à 55 °C pendant au moins trois jours consécutifs.

Toutefois, les températures créées pendant le compostage actif peuvent également provoquer l'évaporation de grandes quantités d'eau provenant des piles de compostage. Si cette perte d'eau n'est pas correctement gérée et qu'on laisse chuter la teneur en eau de la matière en dessous de la fourchette optimale (c.-à-d. de 55 à 65 %), alors, les microorganismes ne peuvent agir et le processus de compostage ralenti. Si on laisse trop sécher les matières premières (c.-à-d. moins de 40 % d'eau), elles peuvent également devenir une source de poussière, ce qui augmenterait le risque d'incendie et entraînerait des problèmes de santé pour le personnel et les visiteurs présents sur le site. La section 3.3.4 portant sur la teneur en eau fournit des détails supplémentaires sur la teneur optimale en eau et sur la gestion de l'humidité.

Cette étape du processus de compostage exige généralement une surveillance étroite, car elle pourrait entraîner des odeurs désagréables et d'autres nuisances (p. ex., attraction des mouches et des rongeurs). Le compostage actif peut durer de trois à quatre semaines ou huit à douze mois peuvent être nécessaires. Cette grande variation dans le temps peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment le type de matières premières, le degré de préparation des matières premières, le type de technologie de compostage utilisée, les conditions climatiques et le niveau de contrôle et de gestion de l'exploitant.

Étape 4 : Récupération des agents structurants. Certaines installations de compostage récupèrent les agents structurants grossiers, tels que les copeaux de bois, qui proviennent des matières premières aux fins de réutilisation avant d'être soumis à une étape de maturation, en passant les matières sur des tamiseurs de 2 ou 2,5 centimètres; les particules plus petites poursuivent l'étape de maturation, tandis que les plus grosses sont recyclées à l'étape de préparation des matières premières.

Toutefois, le fait de retirer les agents structurants réduit l'espace lacunaire au sein de la matière. Cette étape augmente la possibilité de développement de conditions anaérobies, ce qui peut entraîner des odeurs désagréables et créer le besoin d'une surveillance plus étroite et de retournements plus fréquents pendant l'étape de maturation. Par conséquent, le fait de laisser les agents structurants dans la matière et de les récupérer pendant l'étape finale de tamisage peut améliorer l'aération passive pendant l'étape de maturation.



Photo 3-2 : Les grandes particules qui sont retirées du compost par le biais d'un tamisage peuvent être réutilisées si elles ne sont pas contaminées. © CH2M HILL



Étape 5 : Maturation. Au cours de cette étape, les microorganismes convertissent le carbone en dioxyde de carbone et en humus et l'azote en nitrates, ce qui est un processus biologique plus lent. Les microorganismes commencent à décomposer des structures organiques plus complexes, telles que les lignines et la cellulose contenues dans le papier, le bois et les plantes, et des substances humiques stables se forment dans les piles de maturation.

Alors que les matières qui se dégradent le plus facilement dans les matières premières sont consommées, les types de microorganismes dans les matières premières changent et les populations générales deviennent plus petites. Ces changements entraînent une demande plus faible en oxygène et des températures plus basses, qui sont des caractéristiques de l'étape de maturation.

Les conditions climatiques sont également importantes, car les activités de maturation ont lieu généralement à l'extérieur. Puisque les températures ambiantes ont une incidence directe sur le niveau d'activité biologique, l'étape de maturation peut être partiellement ou totalement interrompue par le froid et les températures hivernales, car les microorganismes dans les piles de maturation deviennent inactifs. S'il y a des poches de températures froides, l'étape de maturation peut durer de 8 à 12 mois (p. ex., de septembre à l'été ou l'automne suivant).

L'étape de maturation est considérée comme étant terminée lorsque les critères de stabilité et de maturité mentionnés dans le chapitre 16 sont respectés. L'utilisation des termes « stabilité » et « maturité » est souvent interchangeable, mais ces termes sont en réalité deux indicateurs distincts qui mesurent différentes propriétés :

- La **stabilité** est une mesure de l'activité biologique dans la matière du compost. Théoriquement, la matière ayant une forte activité biologique (p. ex., plus de 4 milligrammes de carbone sous la forme de dioxyde de carbone par gramme de matière organique par jour [4 mg C-CO₂/g MO/jour]) indique que le processus de décomposition est toujours en cours et que la matière n'est pas prête à être utilisée en tant que supplément pour le sol.

Avantages du recyclage des agents structurants

- Réduit le volume de matières à gérer pendant l'étape de maturation, ce qui peut ensuite diminuer les exigences en matière d'espace pour la maturation ainsi que les coûts liés à la gestion de la matière.
- Réduit la quantité d'agents structurants frais qui doivent être fournis par 50 %.
- Accélère le compostage des lots de matières premières ultérieurs par le biais de microorganismes bénéfiques contenus dans les agents structurants recyclés.



Photo 3-3 : Les andains sont couramment utilisés pour l'étape de maturation. © CH2M HILL

Durée de maturation

- La maturation peut se faire en huit semaines ou peut demander jusqu'à 12 mois.
- L'exigence en matière de durée dépend des éléments suivants :
 - Type de matières premières utilisées
 - Type de processus de compostage actif utilisé
 - Durée de l'étape de compostage actif
 - Conditions dans les piles de maturation



- La **maturité** est une mesure de la condition chimique générale du compost et elle sert à indiquer la présence ou l'absence d'effets phytotoxiques (c.-à-d. dangereux pour les plantes), qui sont généralement provoqués par des niveaux plus élevés d'ammoniac ou d'acides organiques. Les effets phytotoxiques peuvent aussi être causés par l'utilisation de compost qui n'est pas entièrement stabilisé.

La stabilité par rapport à la maturité

En raison des différences dans ce qui est mesuré (activité biologique par rapport aux effets phytotoxiques), il est possible qu'un produit de compost soit stable, mais pas mature. Cependant, un compost mature est toujours stable.

La stabilité est déterminée en utilisant des essais variés qui mesurent la demande en oxygène ou l'évolution du dioxyde de carbone par les microorganismes dans un échantillon (p. ex., une demande en oxygène plus forte ou une production plus importante de dioxyde de carbone indique que l'échantillon est moins stable) ou en mesurant l'augmentation de la température (ou le manque d'augmentation) dans les échantillons dans des conditions contrôlées. L'augmentation de la température indique que les microorganismes décomposent encore activement les matières et qu'ils génèrent de la chaleur; si cela se produit toujours, la matière est moins stable.

L'essai de maturité le plus courant consiste à faire germer des graines. Toutefois, les concentrations d'ammoniac et d'acide organique volatil dans le compost fournissent également une mesure de la maturité.

Puisqu'il est possible d'obtenir de faux résultats positifs, deux essais devraient être utilisés pour déterminer si le compost est terminé : un essai de stabilité et un essai de maturité. Le chapitre 16 fournit des détails sur les critères précis utilisés pour déterminer si le compost est mature.

Étape 6 : Tamisage final. Cette étape comprend le raffinage du compost arrivé à maturation avant de le vendre ou de l'utiliser afin d'en faire un amendement organique mieux adapté. Le plus souvent, cette étape nécessite de passer la matière sur des tamiseurs de 1 à 1,25 centimètres pour retirer les matières trop grosses, telles que les grosses particules de compost, les pierres et les agents structurants non compostés (qui peuvent être réutilisés dans l'étape de compostage actif). Le tamisage peut également retirer quelques-uns des contaminants physiques restants pouvant être présents, comme les morceaux de verre ou de métal.

Parfois, le compost fini est davantage raffiné pour créer des produits à valeur ajoutée. Par exemple, un compost peut être mélangé à de la terre végétale, à du sable ou à du gypse pour produire un terreau horticole spécifique. Le compost fini peut également être séché et reformé en un produit granulé à l'aide d'un équipement de transformation spécialisé.

Étape 7 : Entreposage. L'entreposage approprié du produit de compost fini est l'étape finale du processus de compostage. Que le compost soit en vrac ou placé dans des sacs, il doit être entreposé d'une manière qui empêche la poussière ou les odeurs de se développer et qui prévient la contamination du produit transmise par les mauvaises herbes, le lixiviat ou d'autres contaminants. Par exemple, les grandes piles entreposées de compost fini peuvent devenir une source d'odeurs si elles sont saturées par la pluie et peuvent rapidement être envahies par les mauvaises herbes. La prévention et le contrôle des incendies doivent également être pris en compte dans les aires d'entreposage du produit fini puisque le compost peut être une source de combustible.



Photo 3-4 : Les mauvaises herbes et autre végétation ne devraient pas pouvoir prendre racine dans les piles entreposées de compost fini. © Scott Gamble



3.2 Microbiologie du compost

Le compostage est un processus biologique aérobie qui s'appuie sur différents types de microorganismes tout au long du compostage actif et des étapes de maturation. Les types prédominants de microorganismes présents pendant le processus de compostage sont les bactéries, les champignons et les actinomycètes.

Au cours des étapes de compostage actif et de maturation, différents types de microorganismes se succèdent. Les types spécifiques de microorganismes présents à un moment donné dépendent des sources de nourriture disponibles et des températures de l'environnement de compostage, comme l'indique la figure 3-3.

Succession microbienne

- Pendant le compostage, on observe une succession d'espèces microbiennes; l'environnement créé par une espèce, ou les sous-produits d'une espèce, appelle l'activité d'une autre espèce.
- Les bactéries décomposent facilement les matières organiques dégradées; les champignons et les actinomycètes travaillent sur les matières organiques plus complexes.
- Aucune espèce unique ne persiste tout au long des différentes conditions rencontrées pendant le processus de compostage.

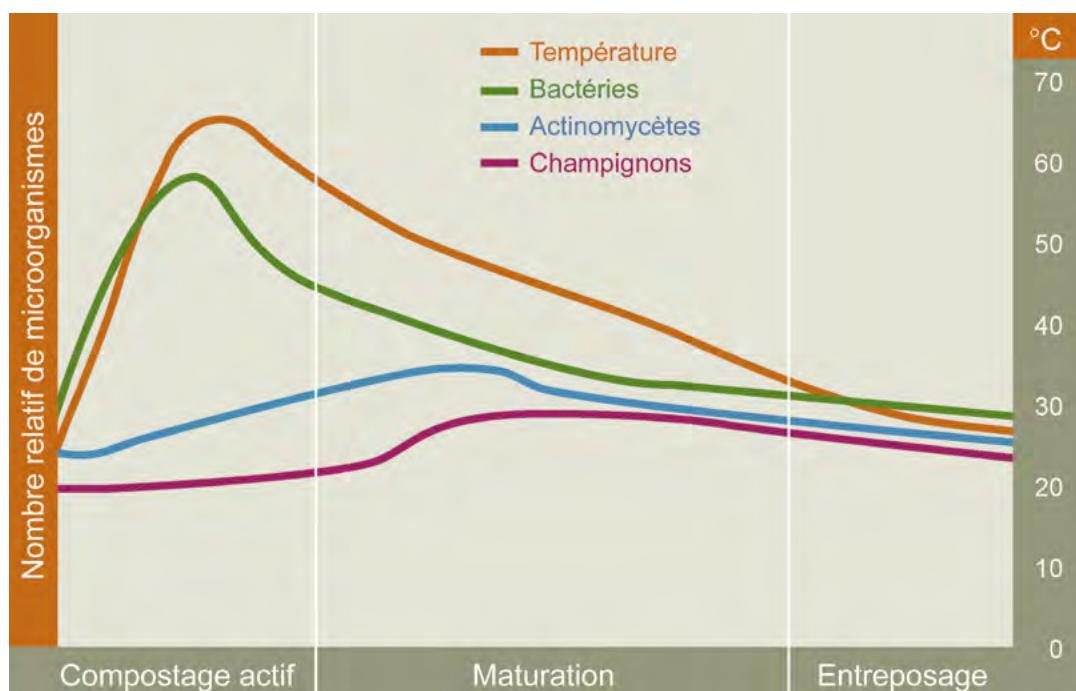


Figure 3-3 : Écarts théoriques de température et populations microbiennes pendant le processus de compostage

3.2.1 Bactéries

Comme l'indique le tableau 3-1, les bactéries peuvent être classées selon trois types, en fonction de la température à laquelle elles peuvent survivre et se développer. Les praticiens du compostage utilisent souvent cette méthode qui consiste à faire référence aux types de bactéries plutôt qu'aux espèces précises de bactéries.

Tableau 3-1 : Types de bactéries

Bactéries (types)	Plage de températures (en degrés Celcius)
Psychrophile	Moins de 20
Mésophile	De 20 à 45
Thermophile	De 45 à 80

(Cammack et al., 2006)

En général, la taille des populations de bactéries augmente rapidement au cours des trois à sept premiers jours de l'étape de compostage actif. Au fur et à mesure que la population de bactéries se développe et dégrade les matières premières organiques, les bactéries dégagent de la chaleur, ce qui provoque une augmentation des températures des piles de compostage à la plage de températures située entre 55 et 65 °C.

Les bactéries sont généralement des décomposeurs plus rapides que les actinomycètes et les champignons, mais elles ciblent principalement les composés moins complexes dans la matière première, comme les glucides et les protéines. Une fois que ces matières qui se dégradent plus facilement sont épuisées, les populations de bactéries diminuent et les deux autres types de microorganismes deviennent plus prédominants. Il est important de noter que même si les populations diminuent, les bactéries peuvent toujours être présentes au cours des dernières étapes du processus de compostage.

3.2.2 *Champignons*

Les champignons sont des microorganismes plus gros et peuvent également être présents sous de nombreuses formes. Alors qu'ils sont présents pendant le compostage actif, les champignons sont plus répandus pendant les conditions mésophiles observées pendant l'étape de maturation. Cet état des choses est en partie dû au fait que les champignons ont la capacité de dégrader les composés plus complexes, comme la cellulose et la lignine, et en partie parce qu'ils sont mieux adaptés aux conditions plus sèches observées généralement pendant l'étape de maturation.

3.2.3 *Actinomycètes*

« Actinomycètes » est un terme plus ancien désignant un groupe spécialisé de bactéries officiellement classées dans la catégorie des actinobactéries. Cependant, de nombreux praticiens du compostage continuent d'utiliser l'ancienne terminologie.

Bien que les actinomycètes soient un type de bactéries, ils ressemblent aux champignons sous certains aspects. Comme l'indique la figure 3-3, les actinomycètes sont plus répandus pendant les conditions mésophiles que l'on rencontre pendant les dernières phases de l'étape de compostage actif et pendant la maturation. Ils sont souvent visibles pendant la dernière moitié de l'étape de compostage actif et peuvent être reconnus comme les croissances grisâtres et en forme de toile d'araignée qui ont tendance à être situées entre 3 et 5 centimètres au-dessous de la surface de la pile de compost. Les actinomycètes jouent un rôle important dans la conversion de l'azote dans des formes utilisables par les plantes.



Photo 3-5 : Les actinomycètes (actinobactéries) sont visibles juste sous la surface de la pile pendant la dernière partie du compostage actif. © CH2M HILL



3.3 Paramètres clés de gestion du processus

Plusieurs paramètres clés de gestion du processus sont couramment utilisés pour surveiller et contrôler les progrès du compostage :

- Concentration en oxygène
- Espace lacunaire et structure et taille des particules
- Ratio carbone-azote (C:N)
- Teneur en eau
- Température
- Niveau de pH



Photo 3-6 : L'équipement de retournement d'andain avec chargeuse frontale ou le vire-andain réintroduit l'oxygène et rétablit la porosité.
© CH2M HILL

Ces paramètres s'appliquent à toutes les méthodes et technologies de compostage. Toutefois, l'accent placé sur chaque paramètre varie d'une installation à l'autre, tout dépend des types de matières premières, de la technologie de compostage et de l'expérience de l'exploitant. Le tableau 3-2 fournit un résumé des fourchettes pour chaque paramètre à combiner pour définir les conditions optimales de compostage.

Tableau 3-2 : Résumé des conditions optimales de compostage

Paramètre	Compostage actif	Maturation	Entreposage du produit
Concentration en oxygène		de 13 à 18 %	
Espace lacunaire		de 40 à 60 %	
Taille des particules		Un mélange de particules entre 3 et 50 mm	
Ratio C:N	de 25:1 à 30:1	de 18:1 à 23:1	de 15:1 à 20:1
Teneur en eau	de 55 à 65 %	de 45 à 55 %	de 40 à 45 %
Température	de 55 à 60 °C	Moins de 50 °C	Température ambiante
pH	de 6,5 à 8		

Remarques : mm—millimètre

3.3.1 Concentration en oxygène

Le compostage est un processus aérobio, ce qui signifie que la dégradation se produit en présence d'oxygène. Une concentration adéquate d'oxygène est essentielle pour que les types souhaités de bactéries, de champignons et d'actinomycètes soient présents pour dégrader les matières premières organiques. L'oxygène est présent et s'infiltre dans les espaces vides entre les particules individuelles au sein de la pile de compostage.

Les processus anaérobies sont ceux qui se déroulent en l'absence d'oxygène. Les processus aérobies sont généralement capables de

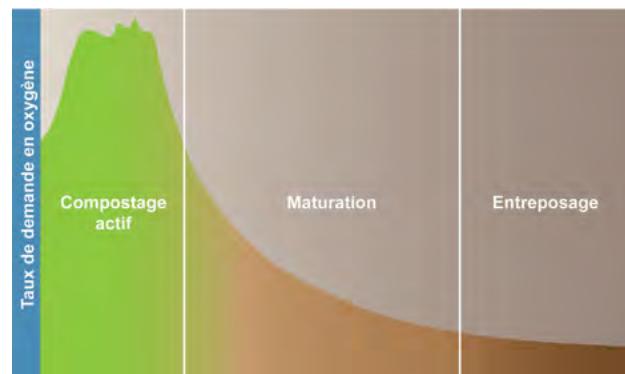


Figure 3-4 : Demande théorique en oxygène par les microorganismes pendant le processus de compostage



décomposer les matières organiques plus rapidement que les processus anaérobies. Les processus anaérobies ont également tendance à générer plus d'odeurs. Le chapitre 4 fournit davantage de détails sur le processus anaérobie.

Le taux auquel l'oxygène est consommé (c.-à-d. la demande en oxygène) varie pendant le processus de compostage, comme l'indique la figure 3-4. La consommation d'oxygène est plus élevée pendant les deux à trois premières semaines du compostage actif, lorsque les populations de bactéries sont les plus grandes, puis elle diminue avec le déclin de la taille des populations de microorganismes un peu plus tard au cours de l'étape de compostage actif et pendant la maturation.

Il est important de reconnaître que, même lorsque les étapes de compostage actif et de maturation sont terminées, des microorganismes sont toujours présents dans le compost fini. Des niveaux adéquats d'oxygène (c.-à-d. de 13 à 18 %) doivent donc être maintenus dans les piles de stockage.

Puisque la demande en oxygène ne peut être facilement mesurée sur le terrain, la concentration en oxygène (que l'on appelle également niveaux d'oxygène et teneur en oxygène) dans les espaces poreux de la pile de stockage est utilisée en tant que paramètre de surveillance et de contrôle. Les concentrations en oxygène peuvent être mesurées en quelques secondes à l'aide de sonde que l'on insère manuellement dans la pile.

La concentration en oxygène de l'air ambiant est de 21 %. Toutefois, le maintien d'une concentration d'oxygène de 21 % dans une pile de compost est difficile et peut en réalité mener à d'autres problèmes, comme la faible teneur en eau. La concentration cible en oxygène pendant toutes les phases du processus de compostage varie de 13 à 18 %.

Il est normal de rencontrer des concentrations en oxygène plus faibles dans les petites poches au sein de la pile de compostage. Toutefois, des mesures correctives devraient être prises lorsque des niveaux inférieurs à 10 % apparaissent dans de grandes portions d'une pile de compostage ou au cours d'une période durant plusieurs jours. Des concentrations inférieures à 5 % indiquent une quantité insuffisante d'oxygène. Lorsque ces conditions sont observées, des mesures correctives devraient être prises immédiatement.

L'oxygène est fourni dans la pile de compost par l'intermédiaire d'une aération passive, d'une agitation mécanique ou d'une aération forcée :

- **L'aération passive** est le résultat d'une convection au sein de la pile de compost : les températures plus chaudes au centre de la pile chauffent l'air et le font monter en haut de la pile, créant ainsi un courant au centre de la pile qui aspire l'air frais par les côtés de la pile.



Photo 3-7 : Des instruments spécialisés sont utilisés pour mesurer les niveaux d'oxygène dans les piles de compostage.
© CH2M HILL

Contrôle de l'oxygène

- L'aération se fait de façon passive (c.-à-d. par un effet de cheminée; voir la figure 3-5), par l'intermédiaire d'une agitation mécanique (p. ex., avec des vire-andains) ou par aération forcée (c.-à-d. à l'aide de ventilateurs).
- Des niveaux d'oxygène situés dans la fourchette de 13 à 18 % sont souhaitables.
- Des mesures correctives devraient être prises lorsque l'oxygène est inférieur à 10 %.

- **L'agitation mécanique** de la pile de compost (c.-à-d. mélange du compost à l'aide d'une chargeuse frontale ou d'un vire-andain tous les deux à trois jours ou brassage du compost en système fermé) expose les matières à l'air ambiant et aide à rétablir l'espace lacunaire au sein de la pile.
- **L'aération forcée** fait référence à la pratique visant à forcer l'air à travers la pile de compost grâce à des ventilateurs à haute pression et à des tuyaux perforés ou par l'intermédiaire d'autres types de chambres de distribution de l'air.

Lorsque les ventilateurs sont utilisés, ils sont conçus pour souffler l'air vers le haut de la pile de compost ou aspirer l'air vers le bas de la pile. Le fait de souffler l'air vers le haut et à travers la pile est appelé **aération positive**. L'utilisation des ventilateurs pour aspirer l'air vers le bas de la pile est appelée **aération négative**. La figure 3-6 illustre ces concepts. Il existe également des systèmes d'aération qui, grâce à l'utilisation de registres et d'autres conduits d'air, sont capables d'interchanger les modes d'aération positive et négative. Ces types de systèmes sont connus sous le nom de systèmes d'**aération bidirectionnelle**.

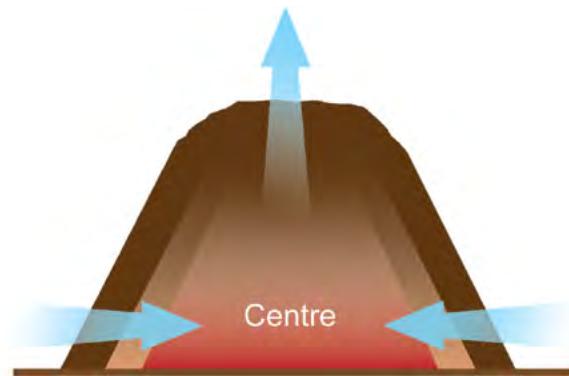


Figure 3-5 : Aération passive dans une pile de compostage (effet de cheminée)

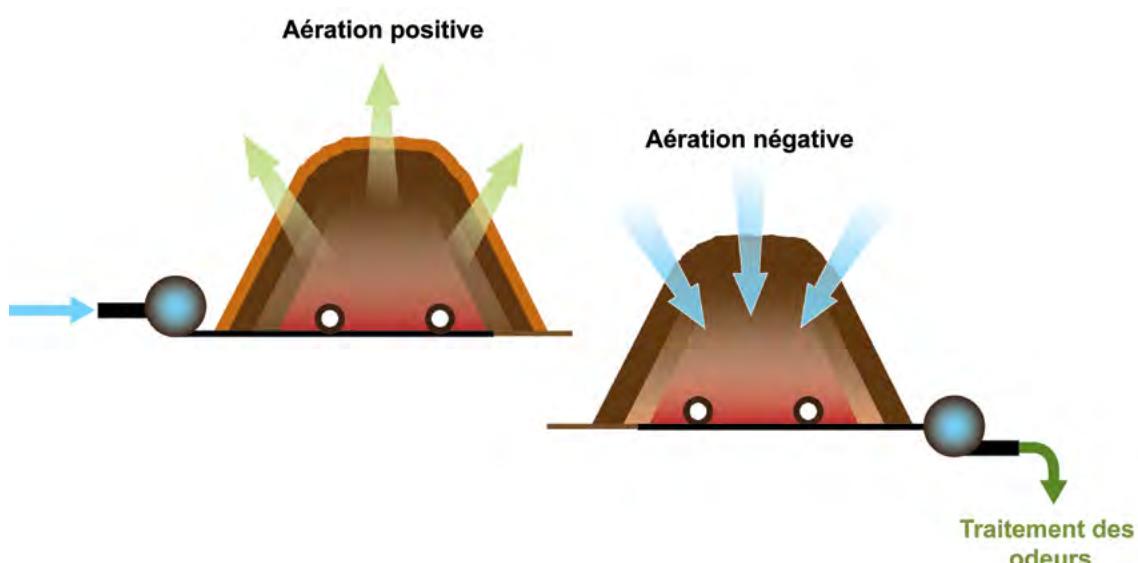


Figure 3-6 : Deux méthodes principales d'aération forcée à l'aide de ventilateurs

Le contrôle de l'aération se fait en allumant et en éteignant les ventilateurs d'après un calendrier établi par une minuterie automatique ou un ordinateur. Autrement, un système informatique contrôle le cycle de mise en route et d'arrêt d'après des données en temps réel fournies par des capteurs de température ou d'oxygène dans la pile de compost.

Dans les deux cas, le **cycle de mise en route et d'arrêt des ventilateurs** devrait être mesuré en minute (p. ex., mise en route de 5 à 10 minutes, arrêt de 5 à 10 minutes), puisque l'oxygène au sein de la pile de compost peut être consommé en 20 minutes seulement pendant l'étape de compostage actif et que les conditions anaérobies peuvent commencer à se développer (voir la figure 3-7). Il est également important que la pile de compost ait un espace lacunaire suffisant pour permettre une aération passive lorsque les ventilateurs sont éteints. (Pour la même raison, un espace lacunaire suffisant est requis dans les systèmes agités mécaniquement et les andains avec retournement, même lorsque la pile de compost est retournée ou agitée tous les deux à trois jours.)

L'aération continue est une autre approche de conception avec ventilation qui est devenue plus populaire au cours des dernières années. Dans ce type de système, les ventilateurs fonctionnent en continu (24 heures sur 24, sept jours sur sept) et le rythme auquel l'air est incorporé dans la pile de compostage est contrôlé par des registres, grâce à un mécanisme d'entraînement à fréquence variable permettant d'accélérer ou de ralentir le ventilateur ou par une combinaison de ces deux méthodes. Des systèmes d'aération qui fonctionnent en continu peuvent entraîner une plus forte consommation d'électricité, mais ils sont capables de maintenir les concentrations en oxygène dans la pile de compost à un niveau plus uniforme, ce qui est plus bénéfique pour les microorganismes. Un système d'aération négative exploité en continu permet de mieux capter les odeurs par rapport à un système d'aération négative qui ne fonctionne que par intermittence.

3.3.2 Espace lacunaire et taille et structure des particules

En ce qui concerne le compostage, trois paramètres contrôlés sont directement liés aux concentrations d'oxygène, ainsi qu'au taux et à la durée de décomposition :

1. **L'espace lacunaire** est une mesure de l'espace entre les particules individuelles dans la pile de compost qui sont remplies d'air (voir la figure 3-8) et il est essentiel au compostage actif et à la maturation, car il doit y avoir un espace vide suffisant dans la pile de compost pour l'oxygène. Il est également essentiel que les espaces entre les particules soient interconnectés afin que l'air

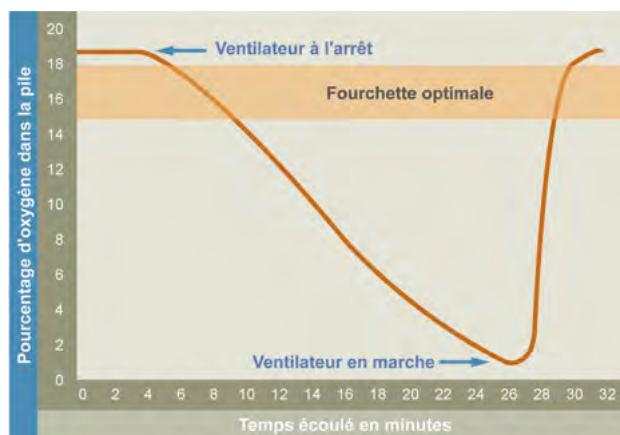


Figure 3-7 : Déclin des niveaux d'oxygène dans une pile de compost aérée
La concentration d'oxygène dans une pile de compost peut être consommée très rapidement pendant l'étape de compostage actif.
© CH2M HILL

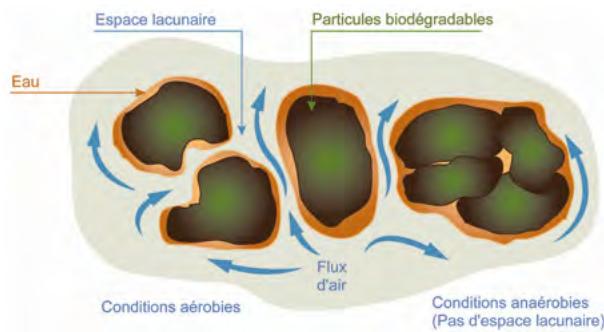


Figure 3-8 : Flux d'air à travers l'espace lacunaire de la pile de compost



puisse circuler de façon passive à travers la pile de compost, ou qu'il soit soufflé à travers la pile par des ventilateurs. En général, un espace lacunaire de 40 à 60 % est requis pendant l'étape de compostage actif.

La fourchette de tailles des particules individuelles et les quantités relatives des différentes tailles de particules (c.-à-d. la distribution granulométrique ou granulométrie) influent sur l'espace lacunaire dans la pile de compostage. En règle générale, une matière principalement constituée de grandes particules a un espace lacunaire plus important qu'une matière contenant principalement de petites particules.

Il est possible de mesurer l'espace lacunaire dans un échantillon de compost, mais la procédure requiert l'utilisation d'instruments spécialisés qui sont généralement trop fastidieux pour être utilisés régulièrement sur le terrain. Au lieu de cela, la densité apparente est souvent utilisée comme un indicateur de l'espace lacunaire. Par exemple, la densité apparente des matières premières et des agents structurants traités dans un système de compostage aéré actif devrait se situer entre 475 et 590 kilogrammes par mètre cube (kg/m^3). Les matières compostées à l'aide d'une méthode aérée passivement (p. ex., piles statiques et andains) devraient avoir une densité inférieure (p. ex., inférieure à $475 \text{ kg}/\text{m}^3$), ce qui indique un espace lacunaire plus important.

2. La **taille** des particules individuelles a une incidence sur le taux de décomposition. Les particules plus petites ont une surface plus importante par rapport à leur volume, ce qui signifie qu'une portion plus importante de matière est exposée aux microorganismes. La taille des particules devrait normalement être située entre 3 et 50 mm.

Tandis que les particules plus petites augmentent le taux de décomposition, elles ont également une incidence sur l'espace lacunaire au sein de la matière : les piles de compost composées de nombreuses petites particules peuvent ne pas avoir un espace lacunaire suffisant et la concentration d'oxygène dans la pile de compost peut donc être trop faible.

Les tailles plus petites de particules peuvent aussi mener à des populations de bactéries plus importantes et à des taux de dégradation plus rapide. Les populations plus élevées peuvent entraîner une consommation plus rapide de l'oxygène par les microorganismes et le développement de conditions anaérobies.

3. Le terme **structure** fait référence à la force ou à la « rigidité » des particules individuelles ainsi qu'à leur résistance à la dégradation et au tassemement au fil du temps. Il est important qu'une quantité suffisante de particules dans la pile de compostage maintienne ses propriétés structurelles tout au long du processus de compostage afin que le volume approprié d'espace lacunaire soit également maintenu. Si toutes les particules ont de mauvaises caractéristiques

Agents structurants

- Les agents structurants sont ajoutés à une matière première pour accroître l'espace lacunaire et la structure.
- Les agents structurants ont souvent une forte teneur en carbone (c.-à-d. un ratio C:N élevé) et résistent donc à la dégradation.
- Les agents structurants sont généralement retirés pendant le tamisage, puis de nouveau mélangés avec de nouvelles matières premières.
- Les copeaux de bois sont les agents structurants les plus courants utilisés dans les installations de compostage.



structurelles (comme le carton, qui devient mouillé et perd sa rigidité initiale), l'espace lacunaire au sein de la pile de compostage est réduit et les conditions anaérobies peuvent se développer.

3.3.3 Ratio carbone-azote

Les microorganismes impliqués dans le processus de compostage ont besoin de phosphore (P), de potassium (K), de carbone (C) et d'azote (N) afin de survivre et de se développer. Toutefois, il est plutôt courant que la quantité de carbone ou d'azote dans une matière première en particulier soit un facteur limitant. Les microorganismes utilisent le carbone pour l'énergie et la croissance, tandis que l'azote est utilisé pour la synthèse et la reproduction des protéines. Afin que le processus de compostage se poursuive correctement, ces deux éléments nutritifs doivent être disponibles dans des quantités suffisantes et doivent être biologiquement disponibles pour les microorganismes.

La plupart des matières premières issues des déchets solides municipaux couramment gérées par les installations de compostage municipal contiennent des quantités suffisantes de phosphore et de potassium pour maintenir les microorganismes. Les résidus alimentaires et l'herbe verte sont des exemples de matières avec des teneurs en azote relativement élevées et, par conséquent, des ratios C:N faibles. Les copeaux de bois, les feuilles séchées et le carton ont une plus forte proportion de carbone et donc des ratios C:N élevés.

Le ratio C:N est couramment utilisé pour indiquer les quantités relatives des éléments nutritifs présents dans une matière première de compostage.

- Ratio C:N faible = proportion plus élevée d'azote
- Ratio C:N élevé = proportion plus élevée de carbone

Le ratio C:N optimal pour l'étape de compostage actif se situe entre 25:1 et 30:1. Si le ratio C:N d'une matière est inférieur à 20:1, le carbone disponible peut alors être totalement consommé avant la stabilisation de tout l'azote; l'excès d'azote serait alors converti en ammoniac et serait perdu sous forme d'émission gazeuse. Si le ratio C:N est plus élevé, le processus de compostage se poursuit, mais à un rythme plus lent, puisque la taille de la population de microorganismes est limitée par le manque d'azote.

Ratio C:N

- Le phosphore et le potassium sont généralement disponibles en concentration suffisante dans les matières premières pour permettre au compostage actif de progresser. Le carbone et l'azote sont généralement le facteur limitant dans une matière première.
- Le ratio C:N est couramment utilisé pour exprimer les quantités relatives de ces éléments nutritifs dans une matière première ou un agent structurant.
- Le ratio C:N est contrôlé par le mélange des divers agents structurants et matières premières pour obtenir le résultat final souhaité.
- En règle générale, les organismes biologiques requièrent environ 25 à 30 fois plus de carbone que d'azote. Ainsi, la fourchette cible du ratio C:N pour l'étape de compostage actif se situe entre 25:1 et 30:1.

Ratios C:N de matières premières communes

Aliments	.....	15:1
Herbe verte	.....	10:1
Feuilles	.....	55:1
Copeaux de bois	.....	200:1
Journal	.....	400:1
Carton	.....	560:1

Élaboration de la recette de compost

- Une recette de compost définit les quantités relatives de matières premières et des autres matières nécessaires pour parvenir à un mélange avec le ratio C:N optimal, la teneur en eau et la densité apparente.
- L'élaboration de la recette est un processus itératif. Des feuilles de calcul et un logiciel commercialement disponible peuvent être utilisés pour une meilleure efficacité.



Étant donné que le ratio C:N des matières premières ne se situe pas toujours dans la fourchette idéale, il est normal de mélanger plusieurs matières premières ou d'ajouter des agents structurants aux matières premières avant l'étape de compostage actif. Par exemple, une matière première qui contient une forte concentration d'azote, comme les résidus alimentaires ou l'herbe verte, devrait être mélangée à une matière qui renferme une forte concentration de carbone, comme des copeaux de bois ou des journaux, afin d'arriver à un mélange dont le ratio C:N se situe dans la fourchette optimale.

3.3.4 Teneur en eau

Le maintien des niveaux de teneur en eau adéquats dans la pile de compost est essentiel à la survie des microorganismes, car ils ont besoin d'eau pour maintenir leurs fonctions métaboliques et reproductive. C'est également par l'eau que les éléments nutritifs sont transférés aux microorganismes.

La teneur optimale en eau pendant l'étape de compostage actif est généralement située entre 55 et 65 %, selon le type de matière première compostée et de la technologie utilisée. En règle générale, les systèmes de compostage intérieur et en milieu fermé, ainsi que les systèmes traitant les résidus alimentaires, ont tendance à être exploités dans la fourchette de 60 à 65 %. Les systèmes en plein air tendent à fonctionner dans la fourchette plus faible située entre 55 et 60 %, mais cela peut varier en fonction des conditions climatiques locales. Pendant l'étape de maturation, la teneur en eau est généralement maintenue entre 45 et 55 %, tandis que pendant l'entreposage, ces niveaux sont habituellement situés dans la fourchette de 40 à 45 %. La figure 3-9 illustre les fourchettes cibles de teneur en eau pendant les étapes du processus de compostage.

Si la teneur en eau est trop basse (c.-à-d. inférieure à 40 %), la taille et le niveau d'activité des populations d'organismes sont entravés, ce qui entraîne un processus de compostage actif ou de maturation plus lent.

Lorsque la teneur en eau est trop élevée (c.-à-d. plus de 65 %), il y a un risque que trop d'espaces poreux entre les particules individuelles s'emplissent d'eau, ce qui peut empêcher le mouvement efficace de l'air et mener au développement de conditions

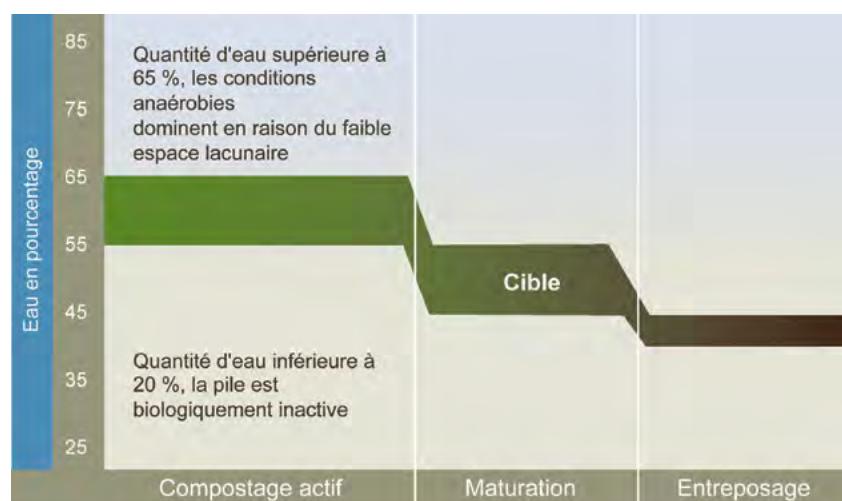


Figure 3-9 : Fourchettes cibles de teneur en eau pendant le processus de compostage



Photo 3-8 : L'excès d'eau qui s'écoule de la base des piles peut attirer des insectes et contribuer aux odeurs. © CH2M HILL

anaérobies et à des odeurs désagréables. Des niveaux d'eau plus élevés peuvent également mener à un excès d'eau qui s'écoule de la pile de compostage, augmentant ainsi la quantité de lixiviat qui doit être géré. Dans les installations de compostage en plein air, ce lixiviat peut aussi devenir une source importante d'odeur et peut attirer les mouches ou d'autres insectes.

Au départ, la teneur en eau est ajustée pendant la préparation des matières premières pour le compostage actif en mélangeant les matières premières humides et sèches et les agents structurants. Si le mélange des matières premières et des agents structurants est toujours trop sec, de l'eau potable, des eaux de ruissellement ou du lixiviat peuvent y être ajoutés.

De l'eau doit souvent être ajoutée pendant les étapes de compostage actif et de maturation pour remplacer l'eau perdue en raison de l'évaporation. Pour être efficace, l'eau ajoutée doit être répartie de manière uniforme dans l'ensemble des matières. Il est recommandé de procéder à un retournement pendant ou tout de suite après l'ajout de l'eau.

L'excès d'eau est normalement géré en ajoutant des agents structurants secs ou en augmentant la fréquence de l'agitation mécanique. Si le système de compostage utilise une aération forcée, l'augmentation du volume d'air passant dans les matières peut aider à éliminer l'excès d'eau.

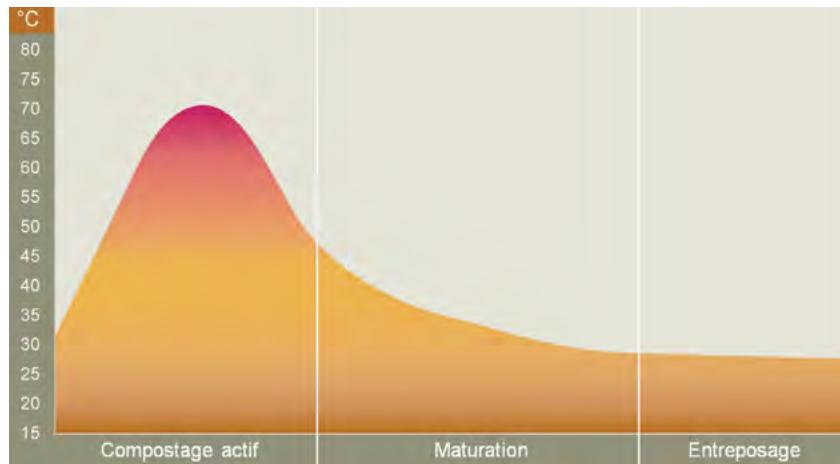
La teneur en eau est exprimée sous la forme d'un pourcentage massique. Pour réaliser des mesures précises de la teneur en eau, il faut habituellement sécher les échantillons d'une matière en laboratoire à l'aide de fours de séchage spécialisés. Toutefois, ces méthodes de séchage peuvent être utilisées de façon approximative sur le terrain à l'aide d'un four à micro-ondes ou d'un dispositif utilisé pour mesurer l'eau dans le blé et les grains d'orge (p. ex., testeur d'humidité Koster). L'expérience des divers exploitants d'installations a démontré que les humidimètres couramment utilisés pour les sols et le bois ne fournissent pas des résultats constants pour le compost.

3.3.5 Température

L'activité microbienne se déroule pendant le processus de compostage qui génère de la chaleur; par ailleurs, la quantité de chaleur varie pendant ce processus, car les types de microorganismes et les tailles des populations augmentent et diminuent. La courbe caractéristique dans la figure 3-10 indique l'augmentation et la chute typiques des températures

Le lixiviat en tant que source d'eau

- Dans des conditions normales, la préparation des matières premières pour le compostage actif constitue le seul moment où le lixiviat est utilisé en tant que source d'eau.
- Le fait d'ajouter du lixiviat pendant les étapes de compostage actif et de maturation peut réintroduire des organismes pathogènes et d'autres contaminants dans la matière.



pendant les diverses étapes du processus de compostage. Les mesures relatives à la température fournissent aux exploitants une indication rapide des progrès du processus de compostage.

Pendant l'étape de compostage actif, les températures devraient être situées entre 55 et 60 °C. Pendant la maturation, la température est généralement inférieure à 50 °C et finit par chuter en dessous de 30 °C lorsque le processus arrive à terme.

Il est nécessaire de maintenir les températures dans la plage thermophile pendant l'étape de compostage actif afin de réduire les organismes pathogènes et les graines de mauvaises herbes qui peuvent être présents dans les matières premières compostées. Le lien entre la durée d'exposition et les diverses températures requises pour tuer les organismes pathogènes a été convenablement documenté par la communauté scientifique. Les exigences standard en matière de durée et de température ont été adoptées à l'échelle universelle dans l'industrie du compostage et ont été rédigées dans plusieurs lignes directrices et règlements provinciaux et fédéraux. Les exigences, connues sous le nom de critère PFRP (Process to Further Reduce Pathogens) (EPA des États-Unis, 1992), présentent les exigences spécifiques liées au compostage en pile statique ou en andain ainsi que dans des systèmes de compostage fermé ou en pile statique aérée. Ce qui distingue les critères des deux types de systèmes, c'est que la différence de température est généralement plus élevée entre le centre d'un andain et sa surface, comme l'indique la figure 3-11. Afin de s'assurer que toutes les matières soient exposées à de plus fortes températures dans le centre de la pile pendant au moins trois jours, il est préférable d'augmenter la durée de compostage et la fréquence des retournements des andains.

Tandis que des températures thermophiles sont requises pour réduire le risque d'organismes pathogènes, trop de chaleur peut être nuisible. Si la chaleur produite pendant le compostage actif n'est pas gérée et que les températures deviennent trop élevées pendant des périodes prolongées (température généralement supérieure à environ 65 °C), les populations de microorganismes bénéfiques déclinent et le processus de compostage ralentit. De même, des températures trop basses peuvent amener les microorganismes moins efficaces à être prédominants, entraînant une fois encore le ralentissement du compostage.

Pendant la phase de compostage actif, les températures sont plus couramment contrôlées par le niveau d'aération, à savoir par le biais de méthodes mécaniques (mélange ou retournement) ou en faisant

Critère PFRP (Process to Further Reduce Pathogens) (CCME, 2005)

- Compostage en milieu fermé :
 - Maintenir la matière à des conditions d'exploitation de 55 °C ou plus pendant trois jours consécutifs.
- Compostage en andain :
 - La matière atteint une température de 55 °C ou plus pendant au moins 15 jours consécutifs pendant la période de compostage.
 - Au cours de cette période de 15 jours, les matières doivent être retournées au moins cinq fois.

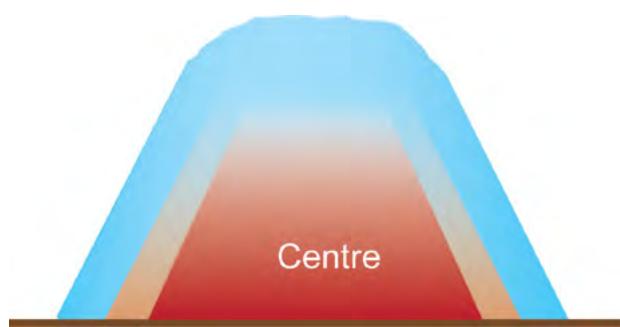


Figure 3-11 : Gradients de température des andains
La température du centre d'un andain de compostage en plein air ou d'une pile statique peut être considérablement plus élevée que la température de la surface extérieure. Pour réduire les organismes pathogènes, toutes les matières de la pile de compost doivent être exposées aux températures plus élevées du centre.

passer l'air à travers la pile de compost à l'aide de ventilateurs à haute pression, comme nous l'avons abordé à la section 3.3.1. portant sur la concentration en oxygène. Certaines méthodes de compostage réalisé avec des technologies inférieures reposent sur le flux d'air qui résulte de l'aération passive pour éviter que les températures deviennent trop élevées. Les installations qui ne dépendent que de l'aération passive doivent faire particulièrement attention aux niveaux d'eau et à l'espace lacunaire pendant le processus de compostage.

Pendant l'étape de maturation, l'activité microbienne est plus faible et les températures peuvent normalement être contrôlées par une aération passive.

3.3.6 Niveau de pH

Puisque les microorganismes ne peuvent survivre dans des milieux trop acides (p. ex., lorsque le pH est inférieur à 5,5) ou alcalins (p. ex., pH supérieur à 9), le pH des matières compostées est important. Par ailleurs, lorsque le pH de la matière est supérieur à 9, l'azote est converti plus rapidement en ammoniac et devient biologiquement indisponible, ce qui augmente le ratio C:N et ralentit le processus de compostage.

Le pH est mesuré en créant tout d'abord une boue liquide à l'aide un échantillon de la matière première ou du compost et d'eau désionisée. Le pH de la boue liquide est ensuite mesuré par l'intermédiaire de papier de tournesol ou de sondes de pH spécialisées.

En règle générale, l'intervalle de pH de 6,5 à 8 est acceptable pour le compostage et les matières premières les plus communes entrent dans cette fourchette. Une exception peut se produire lorsque les matières premières sont temporairement entreposées et que le pH diminue à cause de l'apparition de conditions anaérobies dans la pile de stockage.

Le processus de compostage actif s'auto-régule essentiellement par rapport au pH au fur et à mesure de sa progression. Ainsi, il n'est généralement pas nécessaire de mesurer le pH à la suite de l'étape initiale de préparation. Toutefois, il est possible que le pH dans la pile de compost chute pendant la première semaine de l'étape de compostage actif lorsque la demande en oxygène est la plus forte. Cette chute peut se produire lorsque le niveau d'oxygène disponible est insuffisant pour maintenir les conditions aérobies dans l'ensemble de la pile de compost (p. ex., en raison d'une aération insuffisante ou d'un mauvais

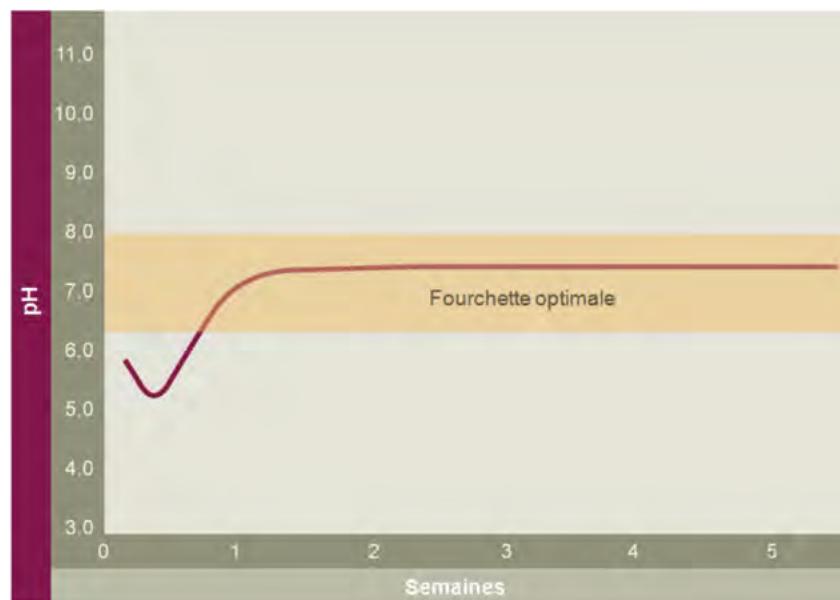


Figure 3-12 : Courbe caractéristique du pH
Le pH dans la pile de compostage peut chuter pendant la première semaine du compostage actif si la quantité d'oxygène est insuffisante; le pH se rétablit généralement lorsque l'oxygène est fourni.



3. Science et principes relatifs au traitement aérobie (compostage)

espace lacunaire). En général, le pH se rétablit lorsqu'une quantité suffisante d'oxygène est fournie et que les conditions aérobies sont rétablies, tel que l'illustre la figure 3-12. Toutefois, si les conditions persistent, le pH peut diminuer entre 4,8 et 5,0. Non seulement cela peut nuire aux microorganismes, mais certains éléments traces deviennent également plus mobiles lorsque le pH est faible. Une fois que ces éléments traces sont libérés en raison du pH faible, ils ne peuvent être éliminés du compost. Comme le décrit le chapitre 16, l'augmentation de la concentration de ces éléments traces peut influer sur la qualité du produit de compost fini.



4. Science et principes relatifs au traitement anaérobie (digestion anaérobie)



La digestion anaérobie est un processus biologique naturel qui utilise des microorganismes pour dégrader la matière organique en l'absence d'oxygène. Dans les systèmes techniques de digestion anaérobie, la dégradation se déroule dans des réacteurs ou des chambres spécialement conçus. Les conditions environnementales essentielles, telles que la teneur en eau, la température et les niveaux de pH, sont mesurées et contrôlées au sein du réacteur pour optimiser la production de biogaz et les taux de décomposition des déchets. Dans un système technique de digestion des matières organiques séparées à la source des déchets solides municipaux, le processus de digestion se produit au cours d'une période de deux à six semaines. Le chapitre 6 offre des précisions sur ces systèmes de digestion anaérobie et l'équipement actuellement utilisés pour le traitement des matières organiques des déchets solides municipaux.

Le sous-produit le plus important du processus de digestion anaérobie est probablement le **biogaz**, car il peut être utilisé en tant que combustible et fournit donc une source d'énergie renouvelable. Le biogaz est constitué principalement de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2), mais il peut également contenir d'importantes concentrations de sulfure d'hydrogène (H_2S) ainsi que des quantités traces de siloxanes et de composés organiques volatils (COV) variés. Le chapitre 7 aborde les options de raffinage et d'utilisation du biogaz.

Les matières solides ou semi-solides qui restent une fois le processus de digestion anaérobie terminé s'appellent le **digestat**, tandis que le liquide provenant du digesteur est appelé **effluent**. Dans certaines régions, le digestat peut être utilisé directement et appliqué sur les terres en tant qu'engrais. En Amérique du Nord, il est plus courant de composter le digestat ou de le sécher aux fins d'utilisation en tant qu'engrais.

Trois sous-produits de la digestion anaérobie

1. Digestat : matière solide
2. Effluent : liquide (recirculation ou surplus)
3. Biogaz

Le présent chapitre aborde les points suivants :

- Section 4.1 : Aperçu du processus de digestion anaérobie
- Section 4.2 : Bilan de masse typique
- Section 4.3 : Composition chimique et microbiologie de la digestion anaérobie
- Section 4.4 : Paramètres clés de gestion du processus
- Section 4.5 : Caractéristiques, quantités et traitement du digestat
- Section 4.6 : Caractéristiques et quantités de biogaz

4.1 Aperçu du processus de digestion anaérobie

La teneur en eau à laquelle un digesteur est conçu pour fonctionner est la plus importante décision concernant la technologie de processus convenant le mieux à un mélange de matières premières donné. Cette décision détermine les paramètres de conception de base pour le digesteur, les systèmes de



convoyeur, les systèmes de préparation de la matière première et les systèmes de gestion du digestat. Elle influe également sur les coûts d'exploitation, car des teneurs en eau plus élevées entraînent généralement des coûts plus importants. La figure 4-2 présente les types de digesteurs de base, tels que déterminés par la teneur en eau.

La figure 4-1 est une représentation schématique d'une installation typique de digestion anaérobiose pour le traitement des matières organiques des déchets solides municipaux.

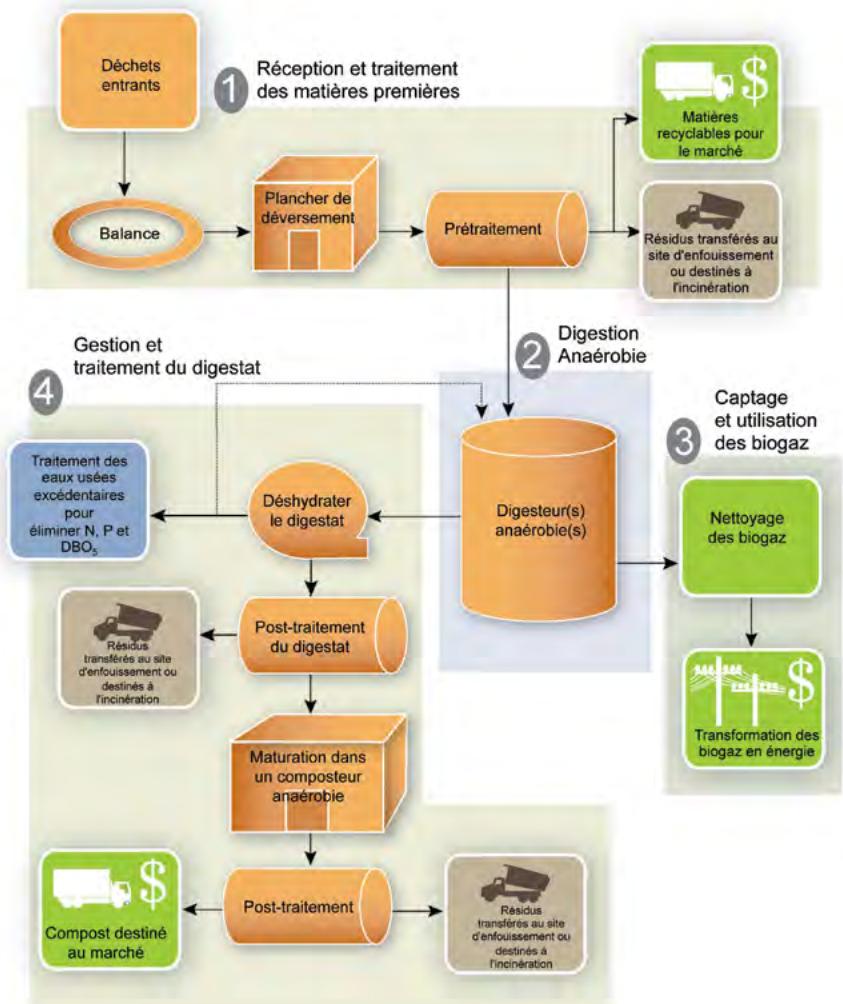


Figure 4-1 : Représentation schématique d'une installation typique de digestion anaérobiose

Les **digesteurs humides** sont conçus pour gérer les matières dissoutes en suspension dans l'eau. Un digesteur humide est un réservoir de mélange. Dans les **digesteurs à haute teneur en solides**, les matières sont soit pompées dans une cuve de digestion en tant que boue liquide ou empilées en place. Lorsque les matières sont empilées en place, l'eau passe à travers ces matières pour répartir les éléments nutritifs et les microorganismes; ils ne sont pas immersés dans l'eau.

Les digesteurs humides ou à haute teneur en solides peuvent être conçus pour fonctionner aux températures suivantes :

- Température élevée (thermophile), à une température supérieure à 45 °C
- Température moyenne (mésophile), à des températures entre 20 et 45 °C
- Température basse (psychrophile), à des températures inférieures à 20 °C

Les digesteurs peuvent également être configurés comme des systèmes en une seule étape ou en deux étapes. La plupart des digesteurs sont des systèmes en une seule étape et l'ensemble du processus de digestion biologique se déroule

dans un système fermé unique. Dans les systèmes en deux étapes, la première et la seconde étapes du processus se déroulent dans deux systèmes fermés différents, qui sont optimisés pour les microorganismes actifs dans chaque étape de digestion. Des systèmes de digestion à plusieurs étapes (p. ex., plus de deux étapes) sont utilisés pour d'autres types de déchets, mais les digesteurs de matières organiques des déchets solides municipaux ont été limités à deux étapes. Le tableau 4-1 résume les principales caractéristiques des différentes variations de base dans la conception d'un digesteur.

Tableau 4-1 : Principales caractéristiques des différentes conceptions de digesteur (suit)

Systèmes de digestion anaérobiose à haute teneur en solides (boue liquide et matières empilables)	Systèmes de digestion anaérobiose humide (basse teneur en solides)
<ul style="list-style-type: none"> • Nécessitent moins d'énergie • Plus d'énergie disponible pour l'exportation • Les systèmes de matières empilables nécessitent des agents structurants afin de fournir une porosité adéquate pour la percolation • Les systèmes de matières empilables doivent fonctionner en tant que systèmes de lots—cela exige de vider et d'ouvrir le digesteur • Les systèmes de boue liquide requièrent des pompes spéciales • Ne peuvent gérer les déchets liquides aussi bien que les digesteurs humides 	<ul style="list-style-type: none"> • Plus d'énergie nécessaire pour chauffer et pomper l'eau • Plus d'énergie nécessaire pour déshydrater les contenus des digesteurs • Plus adaptés pour la codigestion avec le fumier ou les biosolides • Peuvent retirer le plastique provenant du flux de déchets entrants • Nécessitent plus d'eau • Perte de solides volatils et rendements de gaz potentiellement inférieurs

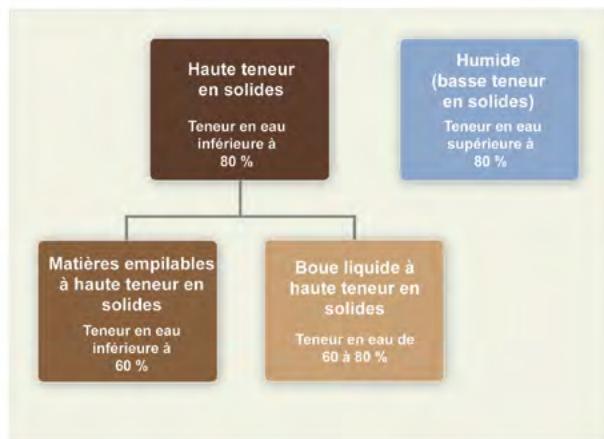


Figure 4-2 : Types de digesteurs des matières organiques séparées à la source

Tableau 4-1 : Principales caractéristiques des différentes conceptions de digesteur (suite)

Systèmes de digestion anaérobiose en une seule étape	Systèmes de digestion anaérobiose en deux étapes
<ul style="list-style-type: none"> Coût en capital plus faible Plus facile à exploiter Moins de défaillances techniques Les conditions pour les deux étapes ne sont pas optimisées Peuvent mener à des rendements de biogaz quelque peu inférieurs 	<ul style="list-style-type: none"> Coût en capital plus élevé Plus de complexité technique Plus de défaillances techniques Rendements de gaz potentiellement plus élevés Décomposition plus importante des matières biodégradables dans des conditions optimales
Systèmes de digestion mésophile	Systèmes de digestion thermophile
<ul style="list-style-type: none"> Les populations de bactéries sont plus robustes et s'adaptent mieux aux conditions changeantes Apport d'énergie plus faible pour maintenir la température Taux de production de gaz plus faibles Taux de débit plus faibles 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts de construction plus élevés avec des composantes résistantes à la chaleur Apport d'énergie plus élevé pour chauffer à des températures thermophiles Taux de production de gaz plus élevés Débits d'alimentation plus élevés

Le reste de la présente section décrit les quatre étapes principales du processus de digestion anaérobiose, notamment : la réception et le prétraitement des matières premières, le processus de digestion anaérobiose, le captage et l'utilisation des biogaz ainsi que la gestion et le traitement du digestat. Les sections qui suivent traitent des paramètres clés du processus, leur gestion et leurs effets. Le chapitre 6 offre plus de détails sur les trois catégories de technologies de digestion anaérobiose.

Quatre étapes principales du processus de digestion anaérobiose

1. Réception et prétraitement des matières premières
2. Digestion anaérobiose
3. Captage et utilisation du biogaz
4. Gestion et traitement du digestat



Photo 4-1 : Réservoir de stockage du biogaz © Organic Waste Systems Inc.

1. **Réception et prétraitement des matières premières :**

La première étape du processus consiste à recevoir les matières à l'installation de traitement, à les inspecter pour détecter les matières inacceptables ou les matières qui pourraient endommager l'équipement, et à les préparer pour le processus de digestion anaérobiose.

Les méthodes de prétraitement des matières premières dépendent des propriétés des matières premières et de la technologie de digestion. Selon le programme de collecte et la conception de l'installation de traitement, l'étape d'inspection des matières premières peut exiger une élimination mécanique des matières présentes dans les conteneurs ou les sacs. Une fois que les matières premières ont été inspectées et que les contaminants ont été éliminés, elles peuvent être physiquement ou chimiquement modifiées (en les broyant, en les déchiquetant ou en ajustant le pH) afin de fournir des conditions optimales pour le processus de

Matières inacceptables pour un digesteur de matières organiques séparées à la source

- Pneus
- Résidus domestiques dangereux
- Boîtes métalliques
- Ferrailles
- Grosses roches ou morceaux de béton

digestion. Pendant l'étape de prétraitement, il est important de s'assurer que les matières sont entièrement mélangées et aussi homogènes que possible et que la taille des particules des matières premières est optimale pour la technologie de digestion utilisée.

Au cours du prétraitement, les matières qui endommageront l'équipement ou diminueront la qualité du digestat doivent être enlevées. Le chapitre 6 fournit de plus amples renseignements sur les exigences de préparation des matières premières pour les diverses technologies de digestion anaérobio utilisées pour les matières organiques séparées à la source.

2. **Digestion anaérobio** : Cette étape comprend la décomposition chimique et biologique de la fraction organique des matières premières dans le réacteur de digestion anaérobio pour une période de 14 à 40 jours. Les digesteurs anaérobios humides produisent un digestat humide (qui est ensuite déshydraté pour produire un résidu relativement solide), du biogaz et des effluents. Dans les digesteurs à haute teneur en solides (moins de 80 % d'eau), le digestat peut ne pas nécessiter une déshydratation avant un traitement plus poussé, selon la technologie précise et les matières premières utilisées.
3. **Captage et utilisation du biogaz** : Puisque les matières premières se dégradent dans un environnement anaérobio, les réactions biochimiques produisent un biogaz. Ce biogaz est un mélange de méthane (la même molécule que le gaz naturel utilisé pour le chauffage et la cuisson dans les maisons), de dioxyde de carbone et de divers gaz traces, notamment le sulfure d'hydrogène, l'ammoniac et l'azote. La quantité de gaz produit dépend de la biodégradabilité de la matière dans le digesteur, du nombre de calories dans la matière digérée et de l'efficacité du fonctionnement du digesteur.

Le biogaz peut être davantage traité et raffiné en un combustible pour le chauffage des locaux, les chaudières, les moteurs industriels, les véhicules et la distribution par pipelines, ou placé dans un générateur afin de créer de l'électricité pour une utilisation locale ou une distribution à l'échelle locale par l'intermédiaire d'un réseau électrique. Le chapitre 7 fournit des détails sur les options de raffinage et d'utilisation du biogaz.

4. **Gestion et traitement du digestat** : Comme nous l'avons mentionné précédemment, le mélange des solides et des liquides résiduels issus du processus de digestion anaérobio est connu sous le nom de digestat. Cette matière peut avoir une forte teneur en eau et être odorante. Par conséquent, une gestion spéciale peut être requise.

Le digestat issu des technologies de digestion anaérobio humides (basse teneur en solides) a une faible teneur en matières sèches (moins de 20 %) et il est normalement déshydraté avant d'être soumis à une gestion et à un traitement plus poussés. Ce digestat peut être déshydraté à l'aide de centrifuges, de filtres à bande presseuse ou de presses à vis. Une partie de l'eau provenant du processus de déshydratation peut être réutilisée pendant la préparation des matières premières ou dans le système de digestion anaérobio. Tout surplus est souvent dirigé vers une usine de traitement des eaux usées. Le digestat issu des digesteurs à haute teneur



en solides a généralement une teneur en eau et en matières sèches semblable à celle des déchets traités dans le digesteur, une teneur en eau qui peut varier de 60 % d'eau (40 % de solides) à 80 % d'eau (20 % de solides).

Certaines installations européennes de digestion anaérobiose permettent aux agriculteurs d'appliquer le digestat sur les terres sans stabilisation plus poussée. Cette méthode est beaucoup moins courante en Amérique du Nord et le digestat des installations canadiennes de digestion anaérobiose n'est actuellement pas appliqué sur les terres sans effectuer d'abord un prétraitement. Le compostage du digestat peut être réalisé sur place ou il peut être transporté en dehors du site vers une installation distincte. Certaines installations européennes compostent le digestat sur place. En général, ces sites sont situés là où les activités de compostage du site devaient au départ avoir lieu et le digesteur a été ajouté ultérieurement pour fournir une capacité supplémentaire afin que le compostage et la digestion se fassent au même endroit.

4.2 Bilan de masse typique

Les figures 4-3 à 4-5 indiquent les bilans de masse simplifiés pour les digesteurs anaérobies humides (basse teneur en solides), les digesteurs anaérobies de boue liquide à haute teneur en solides et les digesteurs anaérobies de matières empilables à haute teneur en solides qui traitent les déchets organiques séparés à la source. L'eau est ajoutée pour créer la teneur en eau appropriée. Les figures montrent les intrants et les extrants typiques. Les quantités indiquées sont établies par rapport à une tonne de déchets organiques traités séparés à la source.

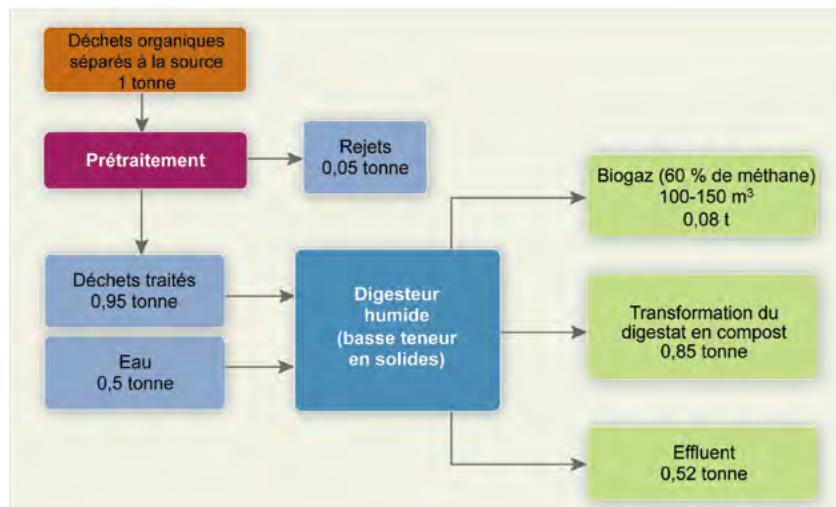


Figure 4-3 : Bilan de masse typique d'un digesteur humide (basse teneur en solides)

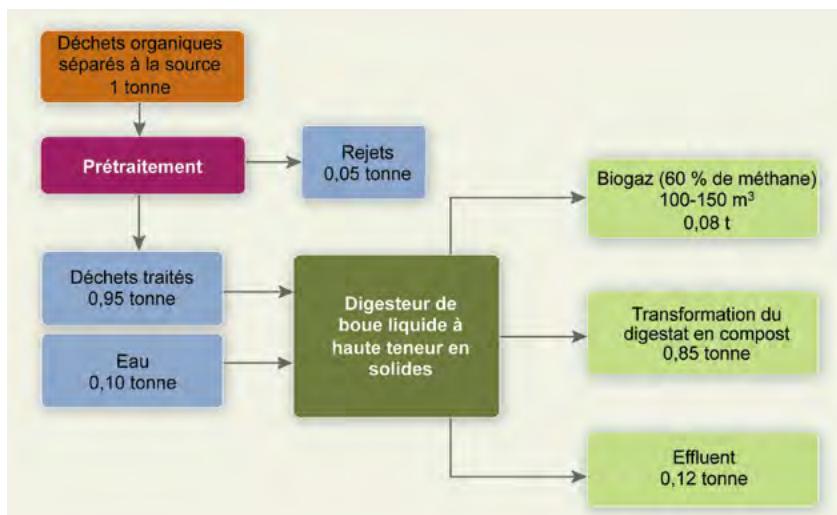


Figure 4-4 : Bilan de masse typique d'un digesteur de boue liquide à haute teneur en solides

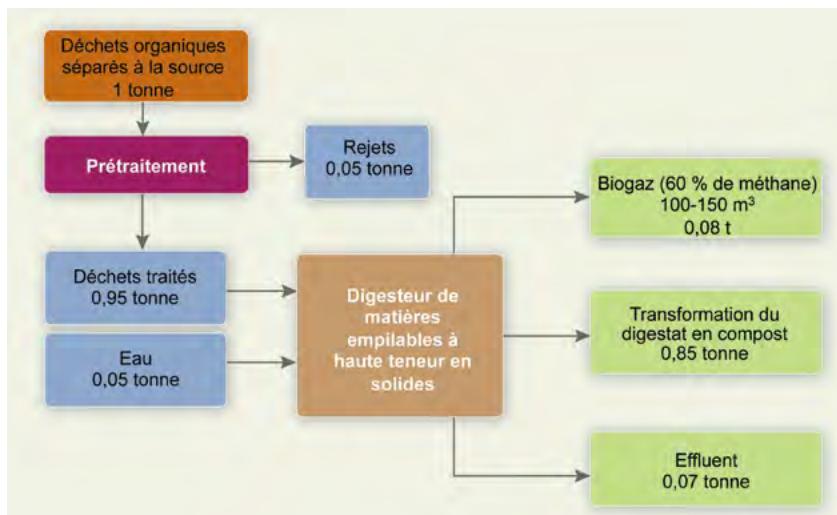


Figure 4-5 : Bilan de masse typique d'un digesteur de matières empilables à haute teneur en solides

Dans le cas des systèmes de digestion à haute teneur en solides (boue liquide et matières empilables), comme l'indique les figures 4-4 et 4-5, très peu d'eau, s'il y a lieu, peut être ajoutée et la production d'effluent liquide peut être inférieure à 10 % du tonnage de matières organiques séparées à la source entrantes, selon la technologie spécifique et des matières premières utilisées.

4.3 Composition chimique et microbiologie de la digestion anaérobiose

La figure 4-6 indique les quatre sous-étapes spécifiques du processus de digestion anaérobiose, qui sont décrites dans les sections suivantes. Le processus se déroule en étapes distinctes, car différents groupes de microorganismes convertissent les matières organiques en produits successifs qui, en fin de compte, entraînent la production de biogaz. En règle générale, seulement 50 % des matières organiques sont dégradées dans les digesteurs anaérobies (Palmisano et Barlaz, 1996).



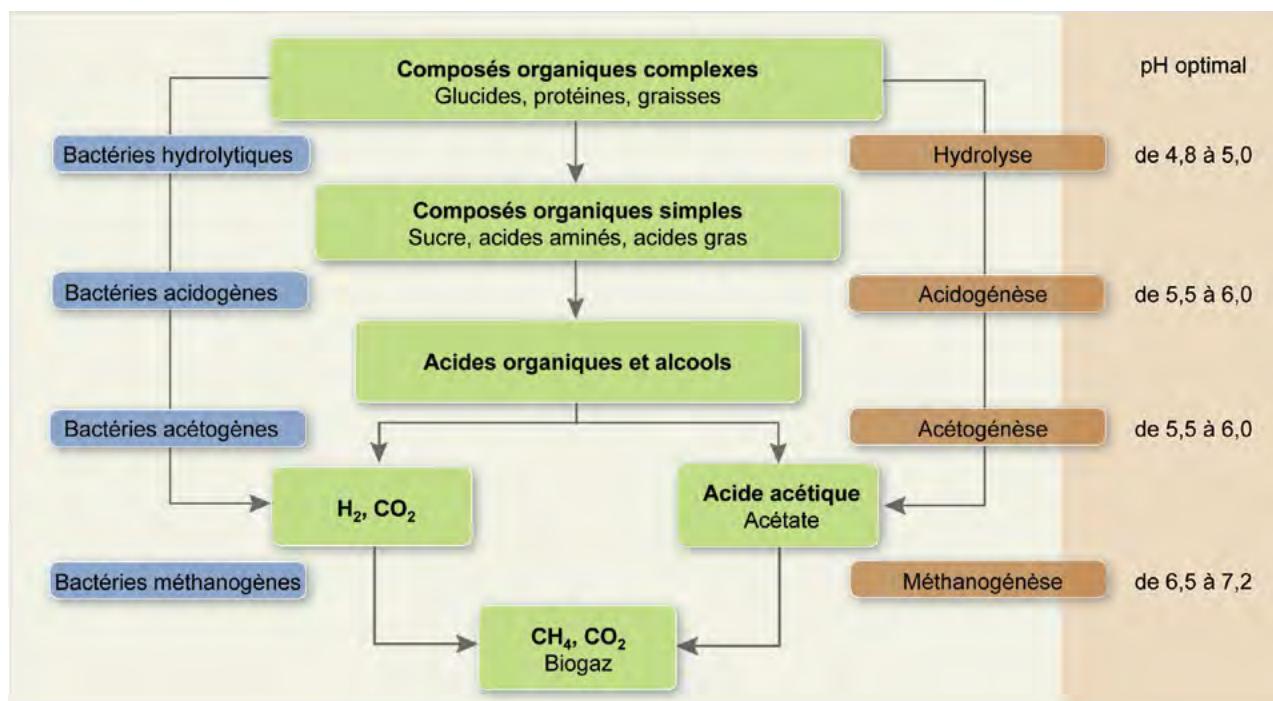


Figure 4-6 : Composition chimique et microbiologie de la dégradation anaérobiose des composés organiques

1. **L'hydrolyse ou la dépolymérisation**, à savoir la dégradation des matières organiques de grande taille et complexes en petites molécules organiques, est atteinte grâce à un ensemble précis d'organismes qui libèrent des enzymes dans le digesteur, qui dégradent ensuite les grosses molécules. L'étape d'hydrolyse se déroule mieux dans des conditions acides (pH inférieur à 5,0) (Ostrem, 2004). L'hydrolyse est généralement l'étape la plus lente; elle limite par conséquent l'ensemble du processus si elle se produit dans un système fermé unique ou dans un réservoir.
2. **L'acidogénèse**, ou formation acide, se produit lorsque les microorganismes fermentescibles dégradent les matières hydrolysées en une variété d'acides organiques et d'alcools différents. Cette production d'acides organiques abaisse le pH des liquides dans le digesteur.
3. **L'acétogénèse** est une fermentation plus poussée des acides organiques et des alcools visant à former des acides gras volatils à courte chaîne et de l'hydrogène (H₂). Ce phénomène est accompli par encore un autre groupe d'organismes qui sont tolérants à l'acide.
4. **La méthanogénèse** est la production de méthane, la conversion des sous-produits en biogaz (principalement du méthane et du dioxyde de carbone). Ce phénomène est accompli par un groupe unique d'organismes appelés méthanogènes, qui survivent strictement dans des conditions anaérobies, ce qui signifie qu'ils subissent un empoisonnement et meurent en présence d'oxygène. Les méthanogènes ne tolèrent pas un faible pH et meurent en dessous d'un pH de 5,0. L'intervalle optimal de pH des méthanogènes varie de 6,5 à 7,2 (Speece, 2008).

Étant donné la variété d'intervalles optimaux de pH des différents groupes d'organismes responsables de la digestion, un processus nécessitant que toutes les étapes de dégradation biologique se déroulent dans le même système fermé doit fonctionner à un pH intermédiaire situé entre 6,0 et 7,0 qui n'est pas optimal pour l'une ou l'autre des sous-étapes. Ce type de système est ce que l'on appelle un système en une seule étape. Pour cette raison, certains systèmes de digestion ont été conçus pour inclure deux étapes ou plus, au cours desquelles le pH est optimisé pour les organismes les plus actifs à ce stade du processus. Les digesteurs de matières organiques des déchets solides municipaux ont été limités à deux étapes.

4.4 Paramètres clés de gestion du processus

Le processus de digestion peut être limité par certains facteurs et conditions d'exploitation qui influent sur la dégradation des matières premières et la production de biogaz. Le tableau 4-2 présente les paramètres clés du processus et les valeurs typiques des paramètres pour la digestion anaérobiose des matières organiques séparées à la source.

Tableau 4-2 : Paramètres typiques du processus pour la digestion anaérobiose des matières des déchets solides municipaux

Paramètre	Fourchette typique		
	Haute teneur en solides		Humide
	Matières empilables	Boue liquide	Basse teneur en liquides
Teneur en eau	Moins de 60 %	Entre 60 et 80 %	Plus de 80 %
pH	De 6,0 à 7,0 ^a		
Alcalinité	Plus de 100 mg/L		
Acides gras volatils	Moins de 4 000 mg/L		
Température	Digesteurs mésophiles : de 30 à 38 °C Digesteurs thermophiles : de 50 à 60 °C		
Temps de rétention	De 14 à 40 jours ^b		
Ratio C:N	30:1		
Ammoniac	200 mg/L		
Sulfure	Moins de 50 mg/L		

Remarques :

^a Fourchette typique pour un digesteur en une seule étape. Dans le cas des digesteurs en deux étapes, la fourchette typique est située entre 5,0 et 6,0 au cours des étapes d'hydrolyse et de formation acide (premier digesteur) et entre 6,5 et 8,0 à l'étape méthanogène (deuxième digesteur).

^b Dépend fortement de la technologie; voir le chapitre 6.

C:N—Ratio carbone-azote

mg/L—milligrammes par litre

4.4.1 Teneur en eau

La teneur en eau est le paramètre le plus important du processus, car l'ensemble du processus est conçu en fonction d'une certaine fourchette de valeurs de teneur en eau dans le digesteur; la teneur en eau doit se situer dans la bonne fourchette pour le digesteur ou alors, le système ne fonctionnera pas. Pour



les digesteurs humides, de l'eau doit être ajoutée aux déchets secs afin de respecter la teneur en eau requise de 80 % ou plus indiquée dans le tableau 4-2. Les digesteurs de matières empilables à haute teneur en solides qui n'immergent pas les déchets dans un réservoir ne peuvent accepter les déchets ayant une teneur en eau supérieure à 60 % environ. Les digesteurs de boue liquide à haute teneur en solides peuvent accepter les déchets dont la teneur en eau se situe entre 60 et 80 % en poids ainsi que des déchets plus secs si de l'eau est ajoutée.

La teneur en eau à chaque étape du processus est généralement déterminée par le bilan de masse plutôt que par une mesure directe. La teneur en eau des matières premières est habituellement estimée d'après la teneur en eau connue de matières premières semblables, plutôt qu'à l'aide de mesures de la teneur en eau des matières premières entrantes.

4.4.2 *pH, alcalinité et acides gras volatils*

Les microorganismes hydrolytiques, acidogènes et méthanoliques requis pour la digestion anaérobiose ont tous des intervalles de pH optimaux différents, comme l'indique la figure 4-6. Pour cette raison, il est difficile de maintenir le pH dans un intervalle permettant à tous ces organismes de remplir leur fonction dans le processus de digestion anaérobiose. Le fait de ne pouvoir maintenir un pH au sein d'un intervalle approprié pourrait entraîner une défaillance du digesteur. Un changement de pH dans un digesteur peut être dû à une accumulation d'acides organiques lorsque les méthanoliques ne peuvent dégrader les acides en raison des effets toxiques de l'ammoniac ou d'autres facteurs qui ralentissent le métabolisme des méthanoliques. Le pH faible qui en résulte ralentit encore davantage les méthanoliques et peut les tuer. Habituellement, il y a peu d'alcalinité dans les matières organiques seules des déchets solides municipaux qui est disponible pour neutraliser l'acide organique se formant pendant la digestion anaérobiose. Par conséquent, l'étape acidogène progresse plus rapidement que l'étape méthanolique, ce qui peut conduire à des perturbations du processus. La gestion du pH requiert une alcalinité adéquate et la capacité de neutralisation du déchet digéré. Par conséquent, un mélange de matières premières avec une capacité de neutralisation appropriée doit être établi en ajoutant de l'alcalinité, comme le carbonate de calcium ou de la chaux (Eral *et al.*, 2006). L'ajout de biosolides digérés dans des conditions anaérobies dans le digesteur est un autre moyen d'ajouter de l'alcalinité dans le digesteur et de stimuler le processus de digestion.

Le niveau de pH dans le digesteur est un bon indicateur de la stabilité du processus anaérobiose. Cependant, puisque le pH change uniquement lorsque la capacité de neutralisation propre au substrat est consommée, il pourrait y avoir un décalage entre l'apparition de l'accumulation d'acides et le changement du pH (Eder et Schulz, 2006; Erdal *et al.*, 2006). Dans certains cas, la surveillance du pH, de l'alcalinité et même des concentrations d'acides gras volatils peut être nécessaire, en fonction de la conception et de l'expérience du réacteur. Un réacteur au bon fonctionnement a généralement des concentrations d'acides gras volatils inférieures à 4 000 mg/L. Des concentrations d'acides gras volatils plus élevées peuvent être toxiques pour les microorganismes dans le digesteur (Seereeram, 2004).

Table 4-3 : Plages de températures d'exploitation des digesteurs

Système	Fourchette d'exploitation	Conditions optimales
Mésophile	de 30 à 38 °C	35 °C
Thermophile	de 50 à 60 °C	55 °C

Bien que le pH puisse être mesuré en continu, le pH, l'alcalinité et les composés organiques volatils sont normalement mesurés en prélevant des échantillons liquides dans les digesteurs ou les lignes de percolat, plutôt que par l'intermédiaire d'instruments en temps réels et en cours de processus dans les digesteurs. Le pH devrait être mesuré au moins toutes les semaines. L'alcalinité et les acides gras volatils peuvent avoir besoin d'être mesurés uniquement si le pH se situe constamment en dehors de l'intervalle optimal.

4.4.3 Température

Il existe des sous-groupes de microorganismes responsables de toutes les sous-étapes de dégradation décrites qui se déroulent dans les plages mésophiles et thermophiles (voir le tableau 4-3). L'avantage du processus mésophile est que les bactéries sont plus robustes et s'adaptent mieux aux conditions environnementales changeantes (Ostrem, 2004). Le principal avantage associé à un réacteur thermophile est que les températures plus élevées peuvent entraîner un taux de production de biogaz supérieur en peu de temps.

La dégradation thermophile se poursuit beaucoup plus rapidement que la dégradation mésophile. À titre de règle pratique, il est à noter que les taux de réaction biochimique sont multipliés environ par deux pour chaque augmentation de 10 °C dans la température (Rittman et McCarty, 2001). Par conséquent, les taux de débit peuvent augmenter dans les systèmes thermophiles, ce qui conduit à des taux de production de biogaz plus importants. Les inconvénients des opérations thermophiles comprennent une utilisation plus importante de l'énergie parasite pour maintenir les températures plus élevées, une conception d'équipement plus coûteuse et des exigences de contrôle du processus plus adaptées.

Les températures du digesteur sont généralement mesurées dans les digesteurs en temps réel et sur une base continue.

4.4.4 Temps de rétention des solides

Le temps de rétention des solides est l'un des paramètres les plus importants ayant une influence sur le rendement du digesteur pour ce qui est de la destruction des solides volatils et de la production de gaz. Dans le cas d'un processus continu, tel que les systèmes de digestion humide et la plupart des digesteurs de boue liquide à haute teneur en solides, le temps de rétention des solides correspond au temps moyen au cours duquel une particule donnée de solides reste dans le digesteur; la figure 4-7 illustre ce concept. Le temps de rétention varie d'une technologie à l'autre, mais il se situe généralement dans la fourchette allant de 14 à 40 jours. Cependant, certains processus anaérobies humides ont un temps de rétention des solides de trois jours seulement et d'autres peuvent aller jusqu'à 55 jours. Si le temps de rétention est trop court, l'ensemble du processus de dégradation ne sera pas réalisé et la quantité totale de biogaz issue des matières premières ne sera pas captée. Si le temps de rétention est trop long, l'efficacité de récupération des biogaz en souffrira et le digesteur ne sera pas utilisé efficacement.

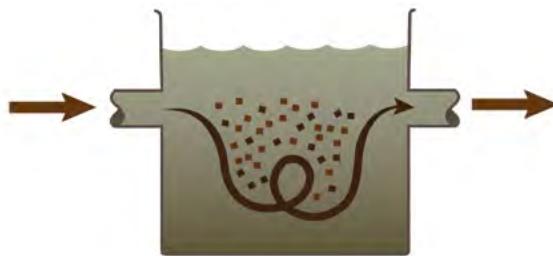


Figure 4-7 : Concept relatif au temps de rétention des solides

Les digesteurs de matières empilables à haute teneur en solides sont des processus par lots et le temps de rétention des solides est essentiellement le temps de traitement par lots. Les temps de traitement par lots requis pour ces digesteurs varient de 14 à 30 jours, selon la conception particulière.



4.4.5 *Ratio C:N et toxicité de l'ammoniac*

L'azote (N) est un élément nutritif important pour la croissance des cellules; on peut donc s'attendre à ce que les cellules des microorganismes en absorbent. Toutefois, l'excès d'azote peut mener à une accumulation de l'ammoniac dans le digesteur. L'excès d'ammoniac entraîne une toxicité du substrat et du produit et entrave le processus de digestion. La concentration d'azote est contrôlée par l'intermédiaire du ratio C:N des matières premières, qui devrait être de 30 environ. Les niveaux totaux d'azote ammoniacal sont, en général, situés autour de 200 mg/L. Toutefois, des niveaux plus élevés situés entre 1 700 et 14 000 mg/L peuvent provoquer une diminution de 50 % de la production du méthane.

Les méthanogènes sont les moins tolérants et les plus susceptibles d'interrompre leur croissance en raison de l'inhibition de l'ammoniac. Les symptômes probables de la toxicité de l'ammoniac comprennent une faible production de biogaz, une faible teneur en méthane, des concentrations élevées d'acides gras volatils ou une combinaison de ces derniers (Bujoczek, 2001).

Le ratio C:N n'est pas mesuré directement, mais il est habituellement établi de façon approximative à partir des quantités estimées de carbone et d'azote dans le mélange de matières premières utilisées.

4.4.6 *Concentration en sulfure*

La présence de niveaux élevés de sulfures (sous forme de H_2S) bloque le processus de digestion. Il a été démontré que les concentrations en sulfure de plus de 50 milligrammes de sulfure par litre (mg S⁻²/L) bloquent la production de méthane (McCartney et Oleszkiewicz, 1993), un phénomène probablement dû à une forte charge de composés sulfurés, notamment des protéines. Ces dernières sont la source habituelle de sulfures dans les matières organiques des déchets solides municipaux. Les sulfures sont mesurés en analysant des échantillons prélevés dans le digesteur ou le percolat.

4.5 Caractéristiques, quantités et traitement du digestat

Le digestat est la matière solide ou semi-solide qui reste à la fin du processus de digestion une fois que les effluents liquides ou les percolats ont été drainés. Cette matière peut être utilisée en tant que compost ou engrais après avoir été traitée.

4.5.1 *Caractéristiques et traitement du digestat*

Dans les systèmes de digestion humides (basse teneur en solides) et les systèmes de digestion de boue liquide à haute teneur en solides, le digestat correspond à la matière solide extraite du fond des cuves de digestion. Dans les systèmes de digestion de matières empilables à haute teneur en solides, le digestat est la matière solide retirée des tunnels de digestion. Le digestat provenant de tous les types de systèmes a une teneur en eau semblable à celle de la matière dans le digesteur (voir le tableau 4-2). Le poids unitaire du digestat non déshydraté issu des systèmes de digestion de boue liquide et de matières empilables à haute teneur en solides se situe dans la fourchette allant de 900 à 1 000 kilogrammes par mètre cube (kg/m³) en raison de la présence des feuilles et des résidus de jardin non digérés qui ne sont généralement pas mélangés aux résidus alimentaires et aux autres matières fortement digestibles dans ces systèmes. Les



digestats des digesteurs humides (basse teneur en solides) qui ne sont pas déshydratés ont des poids unitaires de 1 200 kg/m³ et plus, car les solides dans les digesteurs humides ont généralement une densité plus élevée (Metcalf et Eddy, 2002).

Les digestats provenant des systèmes de digestion à haute teneur en solides sont souvent compostés tout de suite après avoir été retirés du digesteur et sans subir de déshydratation. Le digestat des systèmes de digestion humide (basse teneur en solides) est, en général, déshydraté jusqu'à atteindre une teneur en eau de 50 % (Recycling Council of Alberta, 2006); il subit ensuite un autre traitement et est utilisé de diverses manières, notamment dans l'épandage sur des terres agricoles en tant qu'engrais (lorsque cela est permis) ou le compostage. Il peut également être séché pour avoir une teneur en eau de 10 à 15 % (de 85 à 90 % de solides) puis transformé en granules afin d'être utilisé en tant qu'engrais (AgroEnergien, 2012).

4.5.2 Quantités de digestat

Les quantités de digestat produites sont le résultat de l'élimination des matières organiques et de l'eau provenant des déchets entrants. Par conséquent, les quantités de digestat résultant d'un processus donné peuvent être estimées par soustraction si les quantités relatives à la destruction des matières organiques et à l'élimination de l'eau sont connues. À cette fin, les quantités des solides organiques dans les matières des déchets sont établies de façon approximative par la teneur en solides volatils. Les teneurs typiques en solides volatils dans les résidus alimentaires urbains sont de 70 % et peuvent aller jusqu'à 97 % par poids du total des solides dans les déchets (Zhang *et al.*, 2007). La destruction des solides volatils (entraînant la production de biogaz) dans le processus de digestion varie de 67 (Rittman et McCarty, 2001) à 77 % (Zhang *et al.*, 2007).

Les solides totaux dans les déchets sont réduits d'environ 50 à 75 % par poids dans le processus de digestion. Cependant, puisque les solides ne constituent qu'une partie du total (les déchets sont en grande partie constitués d'eau), la réduction totale du poids dans un digesteur humide n'est que de 5 à 20 %, comme l'illustre la figure 4-8. La réduction du volume (par rapport à la réduction du poids) est plus importante en raison du tassemement, en particulier dans les systèmes de digestion à haute teneur en solides. D'après les rapports, la réduction du volume dans les systèmes de digestion des matières empilables à haute teneur en solides se situe généralement dans la fourchette de 30 à 35 % (Bogg, 2012).

Une quantité typique de digestat pour tous les types de digesteur est de 0,85 tonne de digestat déshydraté pour chaque tonne de matières organiques humides séparées à la source ajoutée dans le digesteur, comme l'indiquent les figures 4-3 à 4-5.

Le tableau 4-4 résume les quantités et les caractéristiques typiques du digestat brut des matières organiques des déchets solides municipaux.

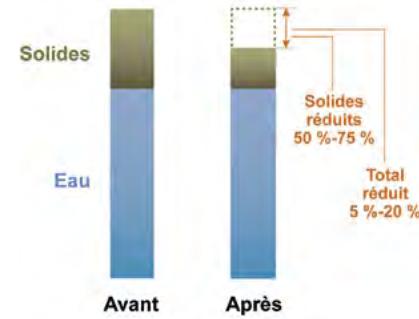


Figure 4-8 : Réduction du poids des solides et réduction du poids total dans le digesteur humide (basse teneur en solides)

Tableau 4-4 : Caractéristiques et quantités typiques du digestat brut (avant déshydratation)

Paramètre	Digestion à haute teneur en solides (boue liquide et matières empilables)	Digestion humide (basse teneur en solides)
Densité	de 900 à 1 000 kg/m ³	1 200 kg/m ³
Teneur en eau	60 %	80 %
Teneur en matières sèches	40 %	20 %
Réduction de la masse des déchets bruts	15 %	5 %
Réduction du volume de déchets bruts	de 30 à 35 %	10 %

4.6 Caractéristiques et quantités de biogaz

4.6.1 Caractéristiques du biogaz

Le biogaz produit par le processus de digestion anaérobiose est principalement composé de méthane et de dioxyde de carbone. La concentration de méthane du biogaz dépend fortement de la composition des matières premières, des consortiums biologiques et des conditions d'exploitation des digesteurs. Le biogaz issu des matières organiques des déchets solides municipaux contient généralement 60 % de méthane.

Paramètre typique du biogaz

- CH₄ : 60 % par volume
- CO₂ : 40 % par volume
- H₂S : de 200 à 4 000 ppm
- Contaminants traces (fortement variables) : siloxanes, composés organiques chlorés et composés organiques volatils

Le sulfure d'hydrogène, l'azote, l'ammoniac et l'hydrogène sont également présents dans le biogaz, mais dans des concentrations plus petites. Bien que le sulfure d'hydrogène ne soit pas un composant majeur du biogaz, il peut être présent à des niveaux pouvant poser un risque pour la santé et la sécurité du personnel du site, ainsi que des problèmes pour l'équipement qui utilise le biogaz en tant que combustible s'il n'est pas réduit à des niveaux plus faibles. Les concentrations de H₂S dans le biogaz issues des matières premières des déchets solides municipaux varient généralement de 200 à 4 000 parties par million (ppm) par volume (Verma, 2002). Le sulfure d'hydrogène présente un danger immédiat pour la vie et la santé à une concentration de 100 ppm par volume (OSHA, 2005).

D'autres contaminants traces, qui peuvent être présents dans le biogaz et avoir une influence sur son utilisation pour la production d'énergie, comprennent les siloxanes, les composés organiques chlorés (qui peuvent être corrosifs) et d'autres composés organiques volatils.

Lorsqu'ils sont brûlés en étant présents dans le biogaz, les siloxanes produisent un résidu siliceux dur qui peut endommager les pièces de moteur. Les siloxanes sont couramment présents dans le gaz d'enfouissement et le biogaz produits par la digestion des biosolides des eaux usées. Cependant, il existe peu de données publiées sur les siloxanes dans le biogaz produit par la digestion des matières organiques des déchets solides municipaux, en particulier des matières organiques séparées à la source.

Les composés organiques volatils dans le biogaz varient grandement et sont produits à partir des matières présentes dans les contaminants, telles que les solvants et les produits d'entretien rejetés avec les matières organiques, plutôt que d'être créés dans le processus de digestion. Les composés organiques



volatils halogénés peuvent être un problème pour l'équipement qui brûle du biogaz, car ils peuvent produire des gaz acides lorsqu'ils sont brûlés et provoquer une corrosion. En général, les concentrations de ces composés ne devraient pas poser de problèmes, à moins d'avoir des raisons de penser que les taux liés aux contaminants seront élevés. Toutefois, il peut être prudent d'échantillonner les gaz produits pendant un test de potentiel méthanogène, qui génèrent un gaz semblable à ceux produits dans un digesteur à pleine échelle pour ces composés. Par ailleurs, des échantillons de biogaz provenant de l'installation en exploitation peuvent être prélevés pour confirmer les concentrations de composés organiques volatils.

4.6.2 Quantités de biogaz

La quantité de biogaz que chaque tonne de matière première peut produire est connue sous le nom de rendement de biogaz, qui dépend principalement du type de déchets solides (Steffen *et al.*, 1998). Le tableau 4-5 présente quelques solides volatils ainsi que les rendements de gaz de méthane correspondants indiqués pour divers composants individuels présents dans les matières premières des déchets solides, d'après des cas réels.

Tableau 4-5 : Résumé des rendements de biogaz et de méthane

Type de déchets	Rendement de biogaz (m ³ /t de déchets)	Méthane (%)	Rendement du méthane (m ³ /t de déchets)
Feuilles	23	60	14
Herbe	34	60	20
Papiers mélangés	112	60	67
Broussailles	67	60	40
Résidus alimentaires	144	60	86
Matières grasses, huiles et graisses	390	60	234

Remarques :

m³/t—mètre cube par tonne

Les taux de dégradation de la matière organique des déchets peuvent considérablement varier selon la composition du substrat. Comme l'indique le tableau 4-6, la production de biogaz des résidus alimentaires est généralement plus élevée que les matières à forte teneur en cellulose, telles que les graisses, les feuilles, le papier et les broussailles. D'après les rapports, le gras, l'huile et la graisse fournissent les rendements de biogaz les plus élevés, mais, en même temps, présentent les temps de rétention les plus élevés en raison de leur faible biodisponibilité.

Tableau 4-6 : Fourchettes relatives aux taux de production typiques de biogaz

1 tonne de matières organiques séparées à la source =	de 100 à 150 m ³ de biogaz	= de 60 à 90 m ³ de méthane
Énergie		= de 2 200 à 3 300 MJ
Hypothèse : Moteur avec une efficacité de 35 %		= de 200 à 300 kWh d'électricité

Remarques :

1 kWh = 3,6 MJ

kWh—kilowattheures

MJ—mégajoules



La quantité réelle de biogaz pouvant être récoltée peut être estimée par l'intermédiaire d'un essai en laboratoire. Des échantillons représentatifs de la matière première sont évalués à l'aide d'un test de potentiel méthanolé. Ces tests, qui sont menés dans des digesteurs de laboratoire, estiment la production ultime de méthane qui peut être produite dans des conditions de digestion optimales (Chynoweth *et al.*, 1993; Owens et Chynoweth, 1993).

En pratique, la quantité réelle de biogaz produit peut varier considérablement par rapport à un rendement théorique. Le rendement réel varie, en partie, selon que le mélange des matières premières présente des propriétés pouvant entraver le processus de digestion biochimique (p. ex., une forte teneur en azote qui peut conduire à une toxicité de l'ammoniac). Le rendement réel est également perturbé par la conception et l'efficacité du digesteur, ainsi que par le temps de rétention. Par exemple, une mauvaise circulation des éléments nutritifs et de l'eau, ou des températures moins qu'optimales dans le digesteur, peuvent entraîner une diminution de l'efficacité de conversion. De même, raccourcir le temps de séjour dans le digesteur signifie que le potentiel du biogaz ne pourra être capté en totalité.

Le tableau 4-7 résume les rapports récents liés à la production réelle de biogaz à partir des matières organiques présentes dans le flux de déchets solides municipaux. Ils peuvent être considérés comme étant des points de référence approximatifs pour les projets proposés en l'absence de données plus précises sur les matières premières pour un projet donné.

Tableau 4-7 : Points de référence concernant la production de biogaz

Mélange de déchets	Production de biogaz
Fraction organique des déchets solides municipaux	de 100 à 150 m ³ /t de matières organiques séparées à la source
Résidus alimentaires avec de l'herbe coupée	165 m ³ /t de matières organiques séparées à la source
Résidus alimentaires résidentiels	144 m ³ /t de matières organiques séparées à la source

(CIWMB, 2008; Smith Bellerby Limited, 2007; Zhang *et al.*, 2007)

4.6.3 Potentiel énergétique du biogaz

La teneur énergétique du biogaz est entièrement déterminée par la teneur en méthane du biogaz : plus la concentration de méthane est élevée, plus le potentiel énergétique est élevé. Le potentiel énergétique total du méthane est d'environ 37 mégajoules par mètre cube (MJ/m³). Le biogaz, avec une concentration de méthane de 60 à 70 %, a un potentiel énergétique total de 22 à 26 MJ/m³.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, la concentration de méthane du biogaz est un facteur des matières premières à partir desquelles le biogaz est produit et de l'efficacité du processus de conversion. Le choix des matières ayant un rendement élevé

Aux fins de planification de projet

Une règle pratique prudente consiste à estimer un rendement de biogaz de 100 m³ par tonne de matières organiques séparées à la source.

La production de biogaz est directement liée aux éléments suivants :

- Composition et biodégradabilité des matières premières
- Prétraitement des matières premières et préparation pour l'étape de digestion
- Conception du système (p. ex., temps de rétention, température, mélange et pH)
- Entretien et temps de fonctionnement résultant des composants mécaniques



ou l'optimisation du rendement du processus augmente la teneur en méthane et améliore le potentiel énergétique. La concentration de méthane peut également être accrue par l'élimination des autres composants du biogaz (p. ex., dioxyde de carbone). Le chapitre 7 décrit les technologies de nettoyage des biogaz et les méthodes permettant d'extraire et d'utiliser l'énergie provenant des biogaz.



5. Technologies de traitement aérobie



Le compostage centralisé est pratiqué en Amérique du Nord et dans de nombreux autres pays partout au monde depuis plusieurs décennies. Ainsi, un certain nombre de technologies et de techniques ont été élaborées et peaufinées, allant de solutions simples et non coûteuses à des solutions complexes, fortement mécanisées et automatisées.

Le présent chapitre porte sur l'étape de compostage actif, tel que décrit au chapitre 3. Étant donné les diverses méthodes de compostage actif et leurs différences, les classer en groupes généraux est souvent utile pour comprendre et comparer leurs avantages et leurs inconvénients. Le tableau 5-1 présente le système de classification utilisé dans le présent document technique, basé en partie sur les méthodes utilisées pour aérer les matières. Dans cette approche, les technologies sont réparties en deux grandes catégories, soit : 1) les systèmes de compostage passivement aéré et retourné; 2) les systèmes de compostage activement aéré. Une classification supplémentaire des technologies et des techniques peut être basée sur la méthode précise utilisée pour fournir une aération ainsi que sur la taille ou la forme de la pile ou du composteur.

Tableau 5-1 : Types de systèmes de compostage

Passivement aéré et retourné	Activement aéré
<ul style="list-style-type: none">• Piles statiques• Enceintes• Andains• Larges piles retournées• Andains passivement aérés	<ul style="list-style-type: none">• Piles statiques aérées (non recouvertes ou recouvertes)• Piles statiques aérées en système fermé (tunnels)• Piles statiques aérées en conteneurs (statiques et agitées)• Silos-couloirs• Lits agités• Tambours rotatifs

Les sections suivantes fournissent un aperçu des méthodes et des technologies générales de compostage actif présentées dans le tableau 5-1. Elles conviennent à des installations dont les capacités varient de quelques centaines de tonnes à des dizaines de milliers de tonnes par an. Tel que mentionné précédemment, une fois que les matières organiques ont été activement compostées à l'aide de l'une de ces technologies, une maturation supplémentaire est requise avant de répondre aux critères de qualité du produit fini dont il est question au chapitre 16. Les tableaux 5-2 et 5-3 présentent une vue d'ensemble des principales caractéristiques de chaque système.

Le présent chapitre comprend les éléments suivants :

- Section 5.1 : Étapes générales de préparation des matières premières
- Section 5.2 : Systèmes de compostage passivement aéré et retourné
- Section 5.3 : Systèmes de compostage activement aéré



Tableau 5-2 : Résumé des principales caractéristiques des systèmes de compostage passivement aéré et retourné

	Piles statiques	Enceintes	Andains	Larges piles retournées	Andains passivement aérés
À l'intérieur ou en plein air	En plein air	En plein air	En plein air	À l'intérieur ou en plein air	En plein air
Capacité typique (tonnes de matières organiques séparées à la source par an)	Moins de 10 000	Moins de 500	Moins de 50 000	De 15 000 à 50 000	Moins de 10 000
Résidus verts	✓	✓	✓	✓	✓
Résidus alimentaires	✗	✗	✓	✓	✗
Exigences en matière de prétraitement typique	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage	Déchiquetage	Déchiquetage/ mélange
Durée typique de compostage actif	De deux à trois ans	De deux à six semaines	De trois à douze mois	De trois à douze mois	De un à deux ans
Méthode d'aération	Passive	Passive	Passive et agitation mécanique	Passive et agitation mécanique	Passive
Exigences en matière de post-traitement	Maturation	Maturation	Maturation	Maturation	Maturation
Exigences en matière d'espace relatif	Élevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Élevée
Niveau de contrôle des odeurs	Faible	Faible	Faible à moyen	Faible à moyen	Faible
Exigences en matière d'eau	Faible	Faible	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Faible
Consommation d'électricité	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Consommation de combustible	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Élevée	Élevée	Faible à moyenne
Quantité d'eau de surface contaminée	Élevée	Moyenne à élevée	Élevée	Faible à moyenne	Faible
Quantité de lixiviat/condensat	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Coûts de construction relatifs	Faible	Faible	Faible à moyen	Faible à moyen	Faible
Coûts relatifs de fonctionnement et d'entretien	Faible	Faible	Faible à moyen	Faible à moyen	Faible

Remarques :

s.o.—sans objet



Tableau 5-3 : Résumé des principales caractéristiques des systèmes de compostage activement aéré

	Piles statiques aérées (aération positive)	Piles statiques aérées (aération négative)	Piles statiques aérées (recouvertes)	Piles statiques aérées en système fermé (tunnel)	Conteneurs statiques	Conteneurs agités	Silos-couloirs	Lits agités	Tambours rotatifs
À l'intérieur ou en plein air	À l'intérieur ou en plein air	À l'intérieur ou en plein air	À l'intérieur ou en plein air	À l'intérieur	En plein air	À l'intérieur ou en plein air	À l'intérieur	À l'intérieur	À l'intérieur ou en plein air
Capacité typique (tonnes de matières organiques séparées à la source par an)	De 1 000 à plus de 100 000	De 1 000 à plus de 100 000	De 1 000 à plus de 100 000	De 10 000 à plus de 100 000	De 300 à 30 000	De 100 à 15 000	De 15 000 à 100 000	De 15 000 à plus de 100 000	De 1 000 à plus de 100 000
Résidus verts	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Résidus alimentaires	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Exigences en matière de prétraitement typique	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage/ mélange	Déchiquetage	Déchiquetage	Déchiquetage
Durée typique de compostage actif	De deux à six semaines	De deux à six semaines	De trois à huit semaines	De deux à quatre semaines	De deux à quatre semaines	De deux à quatre semaines	De deux à quatre semaines	De trois à quatre semaines	De un à sept jours
Méthode d'aération	Ventilateurs	Ventilateurs	Ventilateurs	Ventilateurs	Ventilateurs	Ventilateurs et agitation mécanique	Ventilateurs et agitation mécanique	Ventilateurs et agitation mécanique	Ventilateurs et agitation mécanique
Exigences en matière de post-traitement	Maturation	Maturation	Maturation	Maturation	Maturation	Maturation	Maturation	Maturation	Compostage et maturation supplémentaires
Exigences en matière d'espace relatif	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Faible	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Faible	Moyenne à élevée



Tableau 5-3 : Résumé des principales caractéristiques des systèmes de compostage activement aéré (suite)

	Piles statiques aérées (aération positive)	Piles statiques aérées (aération négative)	Piles statiques aérées (recouvertes)	Piles statiques aérées en système fermé (tunnel)	Conteneurs statiques	Conteneurs agités	Silos-couloirs	Lits agités	Tambours rotatifs
Niveau de contrôle des odeurs	Moyen	Moyen à élevé	Moyen à élevé	Élevé	Élevé	Élevé	Élevé	Élevé	Moyen à élevé
Exigences en matière d'eau	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible à moyenne	Faible
Consommation d'électricité	Moyenne	Moyenne	Faible à moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Élevée
Consommation de combustible	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Quantité d'eau de surface contaminée	Moyenne	Moyenne	Faible à moyenne	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Quantité de lixiviat/condensat	Faible	Moyenne à élevée	Faible à moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible	Moyenne à élevée	Faible
Coûts de construction relatifs	Moyen	Moyen	Moyen	Élevé	Élevé	Élevé	Moyen à élevé	Élevé	Élevé
Coûts relatifs de fonctionnement et d'entretien	Faible à moyen	Faible à moyen	Faible	Moyen à élevé	Moyen à élevé	Moyen à élevé	Moyen	Élevé	Moyen à élevé



5.1 Étapes générales de préparation des matières premières

Comme l'indique le chapitre 3, l'étape de préparation comprend la modification des caractéristiques physiques ou chimiques des matières premières, avec l'objectif d'optimiser les conditions pour les microorganismes pendant le compostage actif.

Selon les caractéristiques des matières premières, la taille de l'installation et la technologie de compostage employée, les étapes de préparation peuvent inclure une réduction de la taille des particules, le mélange avec d'autres matières premières ou agents structurants, l'élimination de métaux ferreux et l'ajout d'eau ou de lixiviat.

5.1.1 Réduction de la taille des particules

La taille des particules individuelles des matières premières et des agents structurants a une incidence sur le taux de décomposition. Les particules plus petites ont une surface plus grande par rapport à leur volume, ce qui signifie qu'une portion plus importante de la matière est exposée à la dégradation microbienne et que le processus de dégradation se déroule plus rapidement. Le chapitre 11 offre des détails sur les types d'équipement de broyage et de déchiquetage utilisés aux installations de compostage.

5.1.2 Mélange

L'équipement de mélange vise à mélanger les matières premières, les agents structurants, l'eau et d'autres matières pour former un mélange aussi homogène que possible. Fournir un mélange homogène est une étape importante pour offrir des conditions de compostage optimales et réduire le besoin de régler les problèmes liés au processus.

5.1.3 Élimination des métaux ferreux

Des clous, des bouchons de bouteilles et des câbles sont des exemples de contaminants de métaux ferreux qui peuvent se retrouver dans les matières premières de compostage. Ces matières peuvent obstruer ou endommager l'équipement de traitement et d'application, ou leurs bords tranchants peuvent causer des blessures aux personnes utilisant le compost fini. Les systèmes d'aimant installés sur les convoyeurs de l'équipement de tamisage, de mélange ou de broyage sont souvent utilisés pour éliminer les métaux ferreux pendant l'étape de préparation.

5.1.4 Ajout d'eau ou de lixiviat

Si la teneur en eau des matières compostées est inférieure à 55 %, le processus de décomposition est entravé. La teneur en eau



Photo 5-1 : Les déchiqueteuses par cisaillement sont couramment utilisées pour réduire la taille des particules et mélanger davantage les matières premières des matières organiques séparées à la source avant le compostage. © CH2M HILL



Photo 5-2 : Mélangeur vertical utilisé dans une installation de compostage © Scott Gamble



Photo 5-3 : De l'eau est ajoutée aux andains lorsqu'ils sont retournés. © CH2M HILL

de certaines matières premières dans le flux de déchets solides municipaux, comme les feuilles et l'herbe sèche, est généralement trop faible (c.-à-d. inférieure à 55 %) pour maintenir un compostage actif efficace; un supplément d'eau doit donc être ajouté. L'eau peut également s'évaporer en raison de la production de chaleur pendant le processus de compostage actif. Il est donc nécessaire d'augmenter la teneur en eau pendant l'étape de préparation pour compenser ces pertes, même avec les matières premières les plus humides, comme les résidus alimentaires.

L'ajout d'eau au cours du compostage actif a été aménagé dans de nombreux systèmes de compostage. De l'eau peut également être ajoutée pendant l'étape de préparation. Des systèmes fixes peuvent également être établis pour pouvoir répandre de l'eau ou du lixiviat sur les matières qui sortent des convoyeurs de décharge de l'équipement de broyage et de déchiquetage. De l'eau ou du lixiviat peuvent également être pompés directement dans l'équipement de mélange en exploitation.

Il est important d'irriguer les surfaces des piles avec précaution, car l'ajout d'eau peut boucher l'espace lacunaire disponible dans la couche humide de la pile et cette eau peut rapidement migrer vers la couche du fond le long des petits chemins préférentiels. Lorsque l'eau migre, la base de la pile peut être trop mouillée, ce qui peut produire du lixiviat, mais aussi laisser des parties sèches dans la pile. Il est de bonne pratique de retourner les andains dès que possible après de fortes chutes de pluie ou après avoir irrigué la surface de la pile.

5.1.5 Facteurs à prendre en considération concernant la préparation des matières premières

Plutôt que d'utiliser un seul système de préparation qui gère l'ensemble des matières livrées, l'utilisation de deux systèmes plus petits en parallèle devrait être prise en considération. Bien que cette approche soit plus coûteuse, elle fournit une solution de rechange en cas d'entretien prévu ou lorsqu'un équipement tombe en panne. Diviser les systèmes de traitement en systèmes parallèles plus petits permet également d'exploiter une ligne de traitement unique lorsque les volumes de livraison des matières premières sont inférieurs aux valeurs de pointe, ou d'exploiter une ligne au cours d'un quart de soir ou de fin de semaine pour traiter de nouveau les matières, au besoin.

5.2 Systèmes de compostage passivement aéré et retourné

Les cinq étapes des systèmes de compostage passivement aéré et retourné abordées dans cette section sont :

1. Piles statiques
2. Enceintes
3. Andains
4. Larges piles retournées
5. Andains aérés passivement



Photo 5-4 : De l'eau peut être ajoutée aux andains et aux piles entreposées à l'aide de gicleurs. © CH2M HILL



Comme l'indique le chapitre 3, le maintien des concentrations adéquates en oxygène pendant le processus de compostage est essentiel afin que les microorganismes aérobies puissent dégrader les matières premières organiques. L'oxygène est présent et s'infiltre dans les espaces lacunaires entre les particules individuelles au sein de la pile de compostage. Dans ces cinq systèmes de compostage, de l'oxygène se diffuse dans la pile de compost par l'intermédiaire d'une aération passive. Dans certains cas, une agitation mécanique est utilisée pour rétablir l'espace lacunaire au sein des piles de compostage et pour accélérer le processus de dégradation.

5.2.1 Compostage en piles statiques

Par le passé, le compostage en piles statiques a été utilisé pour traiter des résidus de feuilles, de broussailles et de bois. Cette méthode n'est pas bien adaptée au traitement des matières premières ayant de faibles ratios carbone-azote (C:N), telles que les matières premières séparées à la source avec une portion élevée de résidus alimentaires ou d'herbe verte. De même, le compostage en piles statiques ne convient pas particulièrement pour des utilisations en régions urbaines, puisque des odeurs peuvent constamment émaner des piles et que le fait d'agiter un compost longtemps non retourné relâche des odeurs, tandis que le processus aérobie est réactivé.



Photo 5-5 : Méthode typique de compostage en piles statiques utilisée pour traiter les résidus verts © CH2M HILL

Cette méthode de compostage s'avère l'option la plus simple et la moins coûteuse. De façon générale, elle convient uniquement aux matières premières ayant des ratios C:N élevés (p. ex., supérieurs à 40:1), telles que les feuilles et les branches, et lorsqu'il y a suffisamment d'espace et de temps disponibles.

La méthode de compostage en piles statiques comprend la formation d'andains ou de piles de grande taille et en plein air avec les matières premières organiques, qui peuvent se décomposer pendant deux à trois ans avec peu ou pas de mélange ou de retournement. Les piles statiques sont, en général, bâties avec des chargeuses frontales, des chargeurs à direction différentielle, des tracteurs agricoles ou des excavatrices.

Une fois formés, les andains ou les piles sont passivement aérés par convection et diffusion. Il est donc très important que les matières soient d'abord mélangées à des agents structurants afin de fournir suffisamment d'espace lacunaire pour ainsi permettre une bonne diffusion de l'air dans la pile.

Bien que les piles statiques de plus grande taille soient utilisées dans certaines installations, elles devraient idéalement être limitées à une hauteur de 5 mètres (m), comme l'indique la figure 5-1.

Le potentiel que des conditions anaérobies et qu'une combustion spontanée se produisent est plus important dans le cas des piles de plus grande taille. Le poids des matières dans les piles plus hautes peut également compresser les matières à la base de la pile, ce qui peut conduire à d'autres problèmes liés à la circulation de l'air et aux odeurs.

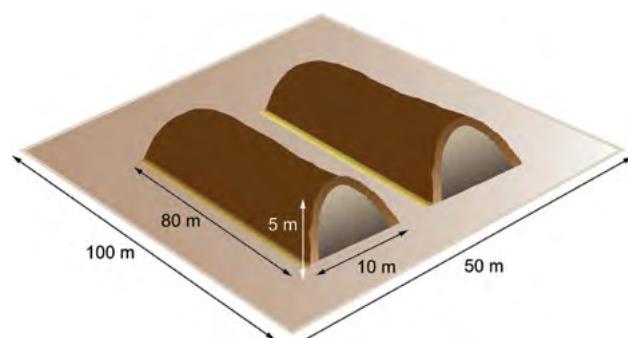


Figure 5-1 : Plateforme typique d'une installation de compostage en piles statiques de petites échelles (c.-à-d. moins de 1 000 tonnes par an)



Les retournements occasionnels de la pile sont utiles pour rétablir la porosité perdue au fur et à mesure de la dégradation des matières. Sans mélange périodique, certaines parties au sein de la pile n'atteindront pas les températures requises pour le compostage; ainsi, une portion des matières ne sera pas convenablement compostée et la couche extérieure ne subira pas de compostage du tout.

Pendant le nouveau retournement et la reformation de la pile, les zones sèches de la pile devraient être de nouveau humidifiées pour aider à accélérer le processus de compostage et à réduire la probabilité de combustion spontanée.

Lorsque les piles sont trop grandes ou que l'aération passive n'est pas suffisante, des conditions anaérobies peuvent se développer au sein des piles statiques; des odeurs peuvent alors être produites et avoir une incidence sur la collectivité avoisinante. Des odeurs sont souvent diffusées lorsque les piles sont mélangées ou déplacées. Le potentiel plus élevé d'odeurs accentue le besoin d'avoir des zones tampons entre les sites de compostage en piles statiques et les propriétés adjacentes, ce qui, en retour, accroît les exigences en matière de terrain requis.

Méthode de compostage en piles statiques

- Convient aux résidus verts ayant des ratios C:N élevés
- Ne convient pas aux résidus alimentaires et aux résidus verts avec de grandes quantités d'herbe verte
- Durée de compostage actif de deux à trois ans
- Adapté pour une quantité allant jusqu'à 10 000 tonnes par an
- La méthode repose sur l'aération passive, l'espace lacunaire est donc essentiel

Le compostage en piles statiques est plus long que d'autres méthodes en raison du manque d'agitation et du taux d'aération plus faible qui en résulte. Il est généralement utilisé à des installations plus petites qui traitent moins de 1 000 tonnes par an. Il est possible de traiter des quantités plus importantes (p. ex., jusqu'à 10 000 tonnes par an), mais les exigences en matière de terrain requis pour une telle opération sont souvent un facteur limitant, car la durée de compostage plus longue signifie qu'un espace plus important est requis par rapport à d'autres méthodes qui compostent les matières plus rapidement.

Le lixiviat issu des installations de compostage en piles statiques est un mélange de lixiviat plus concentré provenant des piles elles-mêmes et d'eaux de ruissellement provenant de l'aire de traitement. En raison de l'empreinte au sol plus importante de l'aire de traitement, les quantités globales de lixiviat d'une installation de compostage en piles statiques sont plus élevées que celles d'une installation de taille semblable utilisant une méthode de compostage différente. Toutefois, les piles statiques ont une surface plus petite par rapport à leur ratio de volume, ce qui signifie qu'une moins grande quantité de pluie et de neige fondues s'infiltrent dans la pile.

Puisque les piles statiques sont formées et déplacées à l'aide d'un équipement mobile, il n'y a aucune exigence relativement à l'électricité ou aucune autre exigence en matière de services publics.

Le tableau 5-4 énumère les avantages et les inconvénients d'une pile statique.



Tableau 5-4 : Avantages et inconvénients d'une pile statique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Faibles coûts en capital et d'exploitation • Les piles n'exigent pas de retournements fréquents (moins d'exigences en matière d'équipement et de dotation en personnel) • Meilleur fonctionnement lorsque les matières premières comportent de grandes quantités de copeaux de bois • Pas d'électricité requise 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande étendue de terrain requise • Ne convient pas aux résidus alimentaires • Aucun moyen de contrôler les odeurs, ce qui peut exiger des zones tampons plus grandes autour du site • Capacité réduite pour gérer la teneur en eau de la pile • Une combustion spontanée et des conditions anaérobies sont plus probables • De faibles taux de décomposition exigent une durée de compostage plus longue.

5.2.2 Enceintes

Des piles statiques bâties dans de petites enceintes en béton sont une méthode de compostage simple bien adaptée aux quantités plus petites de matières premières (c.-à-d. moins de 500 tonnes par an). Les enceintes en béton peuvent être construits à partir de béton coulé sur place, de blocs en béton, de barrières modulaires en béton (p. ex., barrières de type Jersey) et même à partir de bois. Selon le lieu de l'installation et le climat, les enceintes peuvent être situés en plein air, recouvertes par une simple toiture ou contenues dans un bâtiment.



Photo 5-6 : Système de compostage en petites enceintes © Scott Gamble

Une installation typique est composée de trois enceintes distinctes. La première enceinte est utilisée pour recevoir des matières fraîches quotidiennement. Lorsque cette première enceinte est pleine (en général après une à deux semaines), la troisième est vidée puis remplie de nouveau avec la matière de la deuxième enceinte. La matière provenant de la première enceinte est ensuite déplacée dans la deuxième pour faire de la place aux matières fraîches. Le compostage actif se déroule dans les deuxième et troisième enceintes. Le processus visant à déplacer les matières d'une enceinte à l'autre aide à mélanger et à rétablir la porosité perdue au fur et à mesure que les matières se dégradent.

En fonction de la taille de l'opération de compostage, les matières peuvent être déplacées d'une enceinte à l'autre à l'aide d'un chargeur à direction différentielle ou d'une chargeuse frontale.

En raison de leur simplicité, la conception des systèmes d'enceintes peut être personnalisée pour respecter une application et un taux de production de matières premières précis. La taille des enceintes peut varier de deux à trois mètres cubes (m^3) et peut aller jusqu'à 20 m^3 . Les enceintes de plus grande taille peuvent également être équipées de systèmes d'aération, comme l'explique ultérieurement ce chapitre, afin de fournir un meilleur contrôle du processus et des odeurs. Le tableau 5-5 énumère les avantages et les inconvénients des enceintes.

Méthode de compostage en tunnel en béton

- Convient aux résidus verts ayant des ratios C:N élevés
- Ne convient pas aux résidus alimentaires et aux résidus verts avec de grandes quantités d'herbe verte
- Durée de compostage actif de trois à six semaines
- Adapté pour une quantité allant jusqu'à 500 tonnes par an

Tableau 5-5 : Avantages et inconvénients des enceintes

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Faibles coûts en capital et d'exploitation • Bien adaptés à de petites quantités de matières premières • Peuvent être bâties à partir de diverses matières • Méthode simple dont la taille peut être adaptée à une opération particulière • Pas d'électricité requise 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne conviennent pas aux résidus alimentaires • Équipement nécessaire pour déplacer les matières • Aucun moyen de contrôler les odeurs s'ils sont en plein air, ce qui peut exiger des zones tampons plus grandes autour du site • Ne conviennent pas pour des quantités plus importantes de matières à moins de fournir une aération active

5.2.3 Andains

Le compostage en andains est la méthode de compostage la plus courante utilisée en Amérique du Nord, car elle convient à une grande variété de matières premières et de capacités dans les installations, et parce que les exigences en matière d'infrastructure sont plus faibles. Par ailleurs, les coûts associés au compostage en andains sont relativement bas comparés à d'autres méthodes de compostage.

Cette méthode comprend la formation de piles longues et basses avec les matières premières, que l'on appelle alors des andains. Les andains sont régulièrement déplacés ou retournés pour rétablir la porosité, ainsi que dégrader et mélanger les matières. Le processus de retournement permet également de réintroduire de l'oxygène dans l'andain. Cependant, puisque l'oxygène peut être rapidement consommé, l'aération des andains est toujours très passive et le maintien d'un bon espace lacunaire au sein des matières est très important.

Méthode de compostage en andains

- Convient aux résidus verts et aux résidus alimentaires
- Durée de compostage actif entre trois et douze mois
- Adapté pour une quantité allant jusqu'à 50 000 tonnes par an
- Aération possible en mélangeant ou en retournant le compost avec une chargeuse frontale ou un équipement spécialisé

La durée requise pour le compostage actif à l'aide de cette approche peut être de trois à quatre mois seulement s'il est effectué au cours de l'été et si la gestion du site est intense; cependant, une durée de six à douze mois est plus courante dans les climats plus froids. Retourner les andains régulièrement (p. ex., une à trois fois par semaine pendant la période de compostage actif), maintenir des tailles de piles appropriées (c.-à-d. moins de trois mètres de haut) et assurer un espace lacunaire suffisant sont des variables importantes qui doivent être contrôlées pour accélérer les durées de traitement et réduire le potentiel de production d'odeurs.

Les durées de compostage étant réduites, la même quantité de matières peut être traitée avec une empreinte au sol plus petite à l'aide de la méthode de compostage en andains plutôt qu'avec des piles statiques.

La surface requise pour le compostage en andains est déterminée par la taille et l'espacement des andains et ces exigences sont déterminées par le type d'équipement utilisé pour retourner les andains. Les andains ont généralement une hauteur de 1,5 à 3,5 m et une largeur de 3 à 6 m. L'espacement entre les andains varie de 1 à 5 m. Les andains sont habituellement situés sur une surface de travail ferme, ou



sur un plateau de travail, qui est construite pour soutenir le poids des véhicules de livraison et de l'équipement de retournement sans orniérage. Le plateau de travail est généralement en pente (entre 0,5 et 2 %) pour drainer directement les eaux de ruissellement vers un fossé de collecte ou un bassin de rétention. Les surfaces des aires de traitement du compost sont généralement faites de béton, d'asphalte, de base traitée au ciment ou de gravier compacté.

Les sites qui utilisent de grands retourneurs d'andains enjambeurs autopropulsés peuvent gérer plus de matières que les sites qui utilisent des chargeuses frontales ou des épandeurs de fumier. De même, les andains créés et retournés avec des chargeuses frontales sont plus grands que ceux qui sont retournés avec des vire-andains tractés.

Le compostage en andains est presque toujours effectué en plein air où la pile est exposée aux précipitations, ce qui peut mener à des problèmes de gestion des eaux de ruissellement. Les eaux de ruissellement occasionnées doivent être collectées et traitées, ou ajoutées à un lot de matières premières entrantes, augmentant ainsi la teneur en eau. Afin d'éviter des problèmes avec les eaux de ruissellement, les piles peuvent être placées sous un toit ou dans un bâtiment, bien que cela vienne s'ajouter aux coûts en capital de l'installation.

Chaque fois qu'un andain est retourné, de la chaleur, de la vapeur d'eau et des gaz enfermés dans les espaces poreux sont libérés dans l'atmosphère. Si l'installation est en plein air, il n'y a pas grand-chose à faire pour capter la vapeur d'eau et les gaz; par conséquent, cette méthode de compostage peut avoir une incidence sur les propriétés avoisinantes adjacentes. Il est donc important de toujours retourner les andains lorsque les odeurs auront le moins d'impact sur les voisins (p. ex., le matin ou lorsque le vent souffle dans la direction opposée des voisins).

Le lixiviat provenant des installations de compostage en andains est semblable à celui des installations de compostage en piles statiques : un mélange de lixiviat plus concentré provenant des andains et d'eaux de ruissellement moins chargées provenant de l'aire de traitement. La quantité de lixiviat issu d'une installation de compostage en andains est inférieure à celle d'une installation de compostage en piles statiques de capacité identique, et ce, en raison d'une empreinte au sol réduite.

Le compostage en andains est couramment utilisé pour traiter les résidus verts ainsi que les résidus de broussailles et de bois. Les résidus alimentaires et les biosolides peuvent également être traités de cette manière, mais à cause du contrôle des odeurs, cette méthode n'est pas recommandée. Le compostage en andains convient aux installations qui traitent des quantités variant de 500 à 50 000 tonnes par an.

Équipement permettant de retourner les andains

- Chargeuses frontales
- Épandeurs de fumier
- Vire-andains tractés
- Vire-andains autopropulsés



Photo 5-7 : Retourneur d'andains enjambeur © CH2M HILL



Photo 5-8 : Opération typique concernant le compostage en andains avec un vire-andains tracté © CH2M HILL

Tout comme le compostage en piles statiques, il n'existe aucune exigence en matière d'électricité ou de services publics pour le compostage en andains, ce qui n'occasionne que de faibles coûts en capital. L'infrastructure comporte généralement une aire de traitement extérieure, des routes d'accès ainsi que des fossés de drainage et un bassin de rétention. Le tableau 5-6 énumère les avantages et les inconvénients du compostage en andains.

Tableau 5-6 : Avantages et inconvénients du compostage en andains

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Peut gérer des matières premières ayant des ratios C:N ou une porosité plus faible que les piles statiques. Coûts en capital et exigences en matière de technologies relativement faibles Coûts d'exploitation relativement faibles Pas d'électricité requise Grande expérience pratique dans l'industrie 	<ul style="list-style-type: none"> Grande étendue de terrain requise Plus contraignant en matière de main-d'œuvre que les piles statiques, en particulier pour les matières premières ayant un ratio C:N ou une porosité faible Aucun contrôle des odeurs, ce qui peut exiger des zones tampons plus grandes entre le site et les voisins Plus de difficultés à surmonter si les résidus alimentaires sont inclus Exposition à la pluie, au vent et au froid pouvant être problématique

5.2.4 Compostage en larges piles retournées

Le compostage en larges piles retournées est une variante de la méthode de compostage en andains traditionnelle. Il s'agit d'un système à écoulement continu qui repose sur un vire-andains spécialisé et sur l'utilisation d'andains dont la largeur se situe entre 15 et 40 m.

Afin de créer une large pile, le vire-andains typique est modifié en ajoutant un convoyeur transversal horizontal derrière le convoyeur incliné. Pendant que l'unité modifiée se déplace dans le sens de la longueur de l'andain, la matière continue d'être ramassée et rejetée vers l'arrière par le convoyeur incliné. Toutefois, plutôt que de retomber sur le sol directement derrière le vire-andains, le transporteur horizontal attrape la matière et la jette sur le côté du vire-andains opposé au convoyeur incliné.

En raison de l'investissement dans le vire-andains spécialisé, le compostage en larges piles est généralement adapté aux installations traitant entre 15 000 et 50 000 tonnes par an.

Le compostage en larges piles peut se faire à l'intérieur ou en plein air. Il peut être amélioré davantage en le combinant à un système d'aération forcée intégré au sol, tel qu'édicte ultérieurement dans ce chapitre. La durée requise pour le compostage actif effectué à l'aide d'un système de compostage en larges piles non aérées est semblable à la durée de compostage en andains.



Photo 5-9 : Vire-andains autopropulsé utilisé pour le compostage en larges piles retournées © CH2M HILL

Méthode de compostage en larges piles retournées

- Convient aux résidus verts mélangés à de petites quantités de résidus alimentaires.
- Durée de compostage actif entre trois et douze mois en général.
- Convient pour les quantités allant de 15 000 à 50 000 tonnes par an.
- Peut être combiné à une aération active pour diminuer la durée de compostage actif et permettre un meilleur contrôle du processus.

L'avantage principal d'une approche de compostage en larges piles est qu'elle permet de traiter une plus grande quantité de matières avec une empreinte au sol réduite par rapport au compostage en andains. Par conséquent, même si le coût d'un équipement de retournement est plus élevé que les grands retourneurs d'andains enjambeurs, l'aire de traitement plus petite et les coûts de construction réduits peuvent rendre cette approche très efficiente. Une empreinte au sol réduite signifie également une plus petite quantité de lixiviat et d'eaux de ruissellement produite par rapport à une installation de compostage en andains de capacité identique.

L'inconvénient lorsque l'on utilise de larges piles, c'est que la surface est réduite et que le niveau d'aération passive est plus faible; il est donc nécessaire de les retourner plus fréquemment (p. ex., tous les deux à quatre jours) et d'effectuer une plus grande surveillance. En raison d'une aération passive réduite, cette approche est également moins adaptée aux matières exerçant une forte demande en oxygène, telles que les résidus alimentaires et les biosolides.

Le tableau 5-7 énumère les avantages et les inconvénients du compostage en larges piles retournées.

Tableau 5-7 : Avantages et inconvénients du compostage en larges piles retournées

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> La surface plus petite de la pile par rapport au volume améliore la rétention de la chaleur. Utilisation efficace de l'espace disponible Gestion efficace des matières L'aération forcée peut être utilisée pour accroître les concentrations en oxygène dans la pile et réduire les durées de compostage actif. 	<ul style="list-style-type: none"> Le vire-andains spécialisé a un coût en capital plus élevé que les retourneurs d'andains enjambeurs tractés et plus petits. Le coût en capital augmente si le système d'aération forcée est utilisé. La combinaison d'une aération trop importante et des retournements trop fréquents peut provoquer une perte excessive d'humidité des piles.

5.2.5 Andains passivement aérés

Cette méthode de compostage est un intermédiaire entre les méthodes de compostage en piles statiques et en piles statiques aérées dont il est question dans la section suivante. Le mélange des matières à composter est placé dans des andains longs et bas, qui sont construits sur un réseau de tuyaux perforés de 100 millimètres (mm) de diamètre, comme l'indique la figure 5-2. Les tuyaux sont placés dans le sens de la largeur, espacés de 30 à 45 cm sur toute la longueur de l'andain, et sont recouverts d'une couche de compost ou de mousse de tourbe de 15 à 25 cm. Les tuyaux s'étendent



Photo 5-10 : Système de compostage en larges piles sur le point d'être retournées; il est important de constater l'emplacement du vire-andains en bas à gauche de la pile et l'allée créée derrière le vire-andains. © Lenz Enterprise Inc.

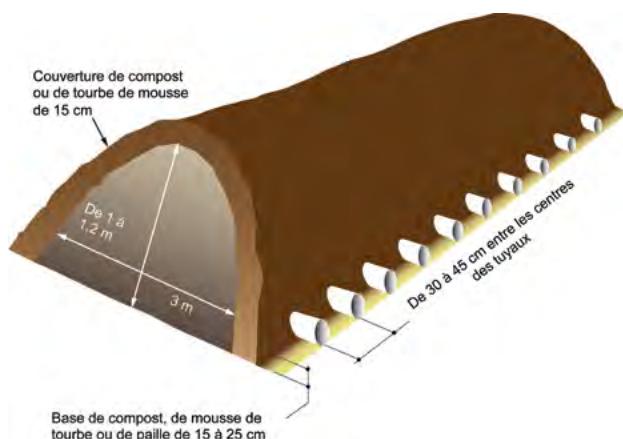


Figure 5-2 : Système typique de compostage en andains passivement aérés



latéralement vers l'extérieur de l'andain et sont ouverts aux extrémités pour que l'air puisse entrer et circuler naturellement à travers l'andain sans utiliser de ventilateurs. Une couche de compost ou de mousse de tourbe est placée sur la surface de l'andain pour éviter d'attirer les insectes, à retenir l'humidité et à gérer les odeurs.

Le niveau accru d'aération passive par rapport à la méthode traditionnelle de compostage en piles statiques devrait théoriquement permettre des durées de compostage plus courtes, qui sont généralement estimées entre un à deux ans.

Méthode de compostage en andains passivement aérés

- Convient aux résidus verts ayant des ratios C:N élevés
- Ne convient pas aux résidus alimentaires et aux résidus verts avec de grandes quantités d'herbe verte
- Durée de compostage actif de un à deux ans
- Adapté pour une quantité allant jusqu'à 10 000 tonnes par an

Comme pour les systèmes de compostage en piles statiques et en piles statiques aérées, une attention particulière doit être accordée à la teneur en eau et à la porosité de la matière lors de la formation de l'andain afin qu'une aération adéquate puisse être maintenue. Le tableau 5-8 énumère les avantages et les inconvénients du compostage en andains passivement aérés.

Tableau 5-8 : Avantages et inconvénients des andains passivement aérés

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Faibles coûts en capital et d'exploitation • Bien adapté à de petites quantités de matières premières • Pas d'électricité requise 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne convient pas aux résidus alimentaires • Aucun moyen de contrôler les odeurs • Ne convient pas pour de grandes quantités de matières • La construction de piles sur les tuyaux prend du temps

5.3 Systèmes de compostage actif aéré

Les sept types de sous-catégories de systèmes de compostage présentés dans cette section sont les suivants :

1. Piles statiques aérées (aération positive, aération négative et recouvertes)
2. Piles statiques aérées en système fermé (tunnels)
3. Conteneurs statiques
4. Conteneurs agités
5. Silos-couloirs
6. Lits agités
7. Tambours rotatifs

L'aération active est une caractéristique courante dans toutes ces technologies. Il existe de nombreuses variations subtiles dans les systèmes d'aération du compostage et de nombreux concepteurs et fournisseurs de systèmes utilisent ces variations pour fournir un équilibre entre l'efficacité de traitement et les coûts en capital.



Photo 5-11 : Piles de compostage en plein air avec un système de tuyaux au-dessus du sol © CH2M HILL

Dans un système de compostage actif aéré, l'air est diffusé à travers la pile de compost par un réseau de tuyaux d'air situés sous la pile de compost. La méthode la plus simple est un système de tuyaux situés au-dessus du sol établi à l'aide d'un ensemble de tuyaux perforés placés sur le sol avec une pile de compost bâtie au-dessus de ce système. Le tuyau perforé est souvent recouvert d'une couche poreuse de copeaux de bois ou de paille avant de bâtir la pile de compost afin d'améliorer la distribution de l'air. Les tuyaux perforés et la couche de base poreuse doivent généralement être situés à 2 m des bords de la pile pour empêcher le court-circuitage de l'air aux extrémités et sur les côtés de la pile, et pour forcer le passage de l'air à travers la matière compostée, comme l'indique la figure 5-3.

Les tuyaux d'aération peuvent être installés dans ou sous le sol du système fermé ou de l'aire de compostage. Il existe plusieurs variations concernant les systèmes intégrés au sol, notamment des tranchées recouvertes, des agencements de tuyaux et d'embouts et des plenums élevés. Ces systèmes sont plus coûteux à construire, mais ils permettent un montage et un démontage de la pile plus rapides, puisqu'aucun tuyau n'est exposé. Ils éliminent également le risque d'endommager les tuyaux d'aération et le besoin de les remplacer. Souvent, les systèmes installés au-dessous du niveau du sol permettent une distribution de l'air plus efficace, ce qui se traduit par une réduction de la consommation d'électricité par les ventilateurs.

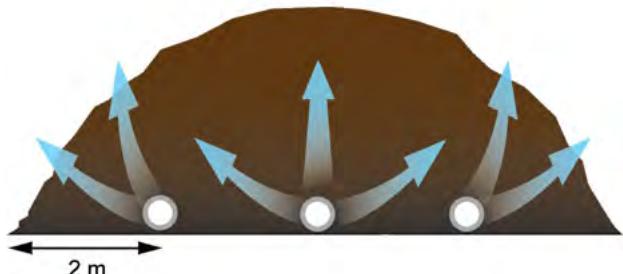


Figure 5-3 : Les tuyaux d'aération doivent être installés loin des bords de la pile de compost afin d'éviter un court-circuitage de l'air.

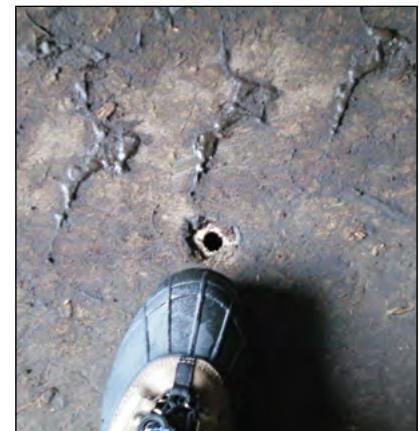


Photo 5-12 : Aération intégrée au sol avec un système de tuyaux et d'embouts; la photo intérieure montre un système avant le versement du plancher en béton. © CH2M HILL

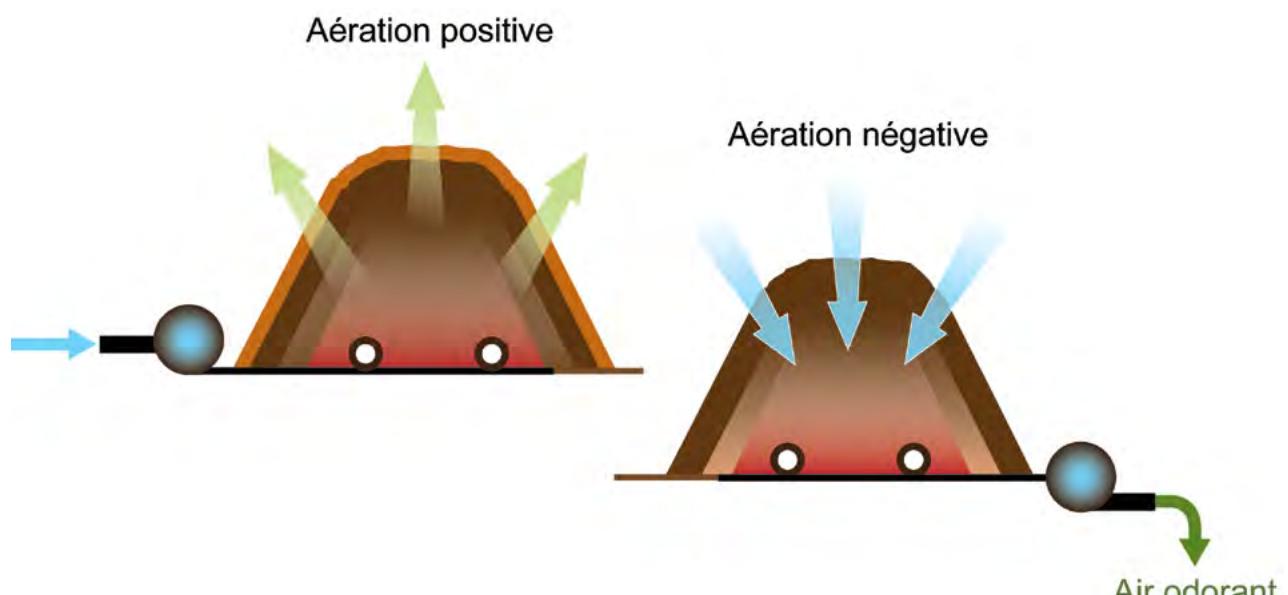


Figure 5-4 : Les systèmes d'aération sont conçus pour fonctionner selon des modes d'aération positive ou négative et peuvent être conçus pour passer d'un mode à l'autre



De façon générale, les systèmes d'aération sont répartis en trois catégories : positive, négative et bidirectionnelle. Dans un **système d'aération positive**, le flux d'air est introduit à la base de la pile de compost et remonte vers l'extérieur de la surface de la pile, comme l'indique la figure 5-4. Les côtés et le haut des piles de compost à aération positive sont parfois recouverts d'une couche de compost grossier ou de refus de tamisage pour aider à mitiger les odeurs et à retenir la chaleur et l'humidité dans la pile.

Un **système d'aération négative** est conçu pour aspirer l'air à travers la pile de compostage et le faire passer dans les tuyaux d'aération. Cela permet de capter les composants odorants présents dans l'air et de les diriger vers un système de traitement des odeurs.

Un **système d'aération bidirectionnelle** requiert un degré plus élevé d'ingénierie et de matériel, mais il permet de passer d'une aération positive à une aération négative grâce à l'utilisation de conduits d'air supplémentaires et de registres manuels ou automatisés, ce qui permet de mieux contrôler les températures de la pile de compost.

Avec ces systèmes d'aération, l'air peut être forcé à travers la pile de compostage de façon continue ou par intermittence. Une exploitation continue permet d'avoir des taux de débit d'air plus bas, mais un refroidissement excessif peut se produire si le système n'est pas soigneusement conçu et géré. Un refroidissement excessif des piles ne permettra pas d'atteindre les températures nécessaires pour détruire les organismes pathogènes et pourra accroître le temps requis pour stabiliser les matières.

Une exploitation des ventilateurs par intermittence est plus courante. Les ventilateurs sont généralement contrôlés par un système de chronomètre ou par un système qui mesure les températures dans les piles et met en marche ou arrête les ventilateurs, comme le ferait un thermostat dans les maisons.

Les ventilateurs utilisés sont habituellement de type axial/centrifuge/à palles. La taille des ventilateurs dépend d'un certain nombre de facteurs, notamment : le type et la porosité de la matière dans la pile, la taille de la pile et les caractéristiques relatives au flux d'air du système de distribution de l'air. Il est recommandé qu'un concepteur expérimenté établisse la taille et le choix du ventilateur.

5.3.1 Piles statiques aérées

Cette méthode de compostage a été créée au début des années 1970 et depuis, elle est utilisée avec succès pour les résidus verts, les résidus alimentaires, les animaux morts, le fumier, les biosolides et le compostage industriel. Le compostage en piles statiques aérées permet à la surface de la pile d'être moins exposée, requiert moins d'agitation et permet généralement un meilleur contrôle des odeurs que le compostage en piles statiques et en andains, en particulier si l'on utilise une aération négative.

Méthode de compostage en piles statiques aérées

- Convient aux résidus alimentaires et aux résidus verts.
- Durée de compostage actif entre deux et huit semaines en général.
- Adapté pour une quantité allant jusqu'à 100 000 tonnes par an.

Les systèmes de compostage en piles statiques aérées sont très polyvalents, car ils peuvent être utilisés dans de petites installations traitant moins de 1 000 tonnes par an et dans de grandes installations traitant plus de 100 000 tonnes par an.



Les matières premières sont mélangées et empilées jusqu'à des profondeurs situées entre 1,5 et 3,5 m, tout dépend des caractéristiques de la matière première et de la conception du site. Dans les systèmes plus sophistiqués, la hauteur des piles peut atteindre 8 m. Il n'existe pas de largeur ou de longueur standard pour les piles statiques aérées, car la taille dépend souvent des exigences propres au site et de la disponibilité des terres.

Les installations de compostage en piles statiques aérées sont normalement conçues en fonction d'une durée de compostage de deux à six semaines. Après avoir été retirées du système de compostage en piles statiques aérées, les matières subissent généralement une maturation supplémentaire dans des andains en plein air. Dans certaines installations, les piles de compostage sont de nouveau mélangées à mi-chemin pendant la période de compostage actif afin de rétablir la porosité des matières ou pour veiller à ce que toutes les matières soient exposées aux plus fortes températures nécessaires pour détruire les organismes pathogènes et les graines de mauvaises herbes dans le centre de la pile. Au besoin, les matières sont également de nouveau humidifiées lorsque les matières sont mélangées une nouvelle fois.

Puisque les piles statiques aérées ne sont pas retournées régulièrement, il faut faire attention lorsque l'on mélange des matières premières avec des agents structurants afin qu'une porosité adéquate soit maintenue tout au long de la période de compostage. Il est important de parvenir à un mélange homogène et de ne pas compacter la matière avec des machines pendant la formation de la pile afin que la distribution de l'air soit régulière et que des zones anaérobies ne se développent pas, ce qui créerait des sections de matières non compostées.

Le tableau 5-9 énumère les avantages et les inconvénients du compostage en piles statiques aérées.

Tableau 5-9 : Avantages et inconvénients du compostage en piles statiques aérées

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Les configurations et la hauteur de la pile entraînent des exigences réduites en matière d'espace. L'utilisation de l'aération négative peut aider à éviter des problèmes liés aux odeurs. Une surface plus petite par rapport aux andains réduit les répercussions d'un climat froid et de l'infiltration de la pluie. Les durées de compostage actif sont considérablement plus courtes par rapport aux systèmes de compostage passivement aéré. 	<ul style="list-style-type: none"> Le coût en capital est légèrement plus élevé pour un équipement d'aération forcée. Une aération excessive entraîne un assèchement. Le prétraitement des matières premières requiert une attention plus importante; les matières premières doivent être bien mélangées et avoir une taille et une teneur en eau appropriées. L'exploitant doit avoir davantage de compétences pour gérer les systèmes d'aération. Les systèmes d'aération requièrent généralement un approvisionnement en électricité à trois phases.



Photo 5-13 : Système typique de compostage en piles statiques aérées avec un aménagement de tuyaux hors sol; des murs de pierre séparent les lots afin de mieux utiliser l'espace disponible. © CH2M HILL

Le concept lié à l'utilisation de couvertures au-dessus des systèmes de compostage en piles statiques aérées constituait une progression naturelle qui a évolué au cours des décennies passées. Il existe de nombreuses bâches différentes faites de textile tissé et non tissé. Les bâches recouvrent généralement la pile et la protègent de l'infiltration de la pluie, réduisent la perte d'eau qui s'évapore de la pile de compost, retiennent les déchets qui peuvent se trouver dans la pile de compost, réduisent l'attraction de vecteurs et, dans certains cas, aident à contrôler les odeurs et les émissions de composés organiques volatils. Les systèmes de compostage en piles statiques aérées recouvertes sont généralement conçus avec une durée de compostage actif de trois à huit semaines.

Un premier système de compostage en piles statiques aérées recouvertes utilisait des sacs qui sont faits d'un film de polyéthylène et dont la longueur peut aller jusqu'à 60 m. Les sacs ont un diamètre compris entre 1,5 et 3 m et sont perforés pour permettre à l'air de circuler et de drainer le lixiviat. Les matières sont injectées dans des tubes au fur et à mesure qu'ils sont déroulés à l'aide d'un équipement spécial, qui place également un ou deux tuyaux d'aération en plastique flexibles dans le fond des tubes. Lorsque les sacs sont remplis, les extrémités sont scellées et les tuyaux à la base sont reliés à un système d'aération positive. Lorsque le compostage est terminé, les tubes en plastique sont transpercés et les matières sont retirées.

Les systèmes de compostage en piles statiques aérées recouvertes qui utilisent des bâches contenant une membrane semi-perméable sont également disponibles. Ces systèmes utilisent généralement une aération positive et, en fonction de l'installation, des tranchées d'aération dans le sol ou des tuyaux d'aération hors sol. Les ventilateurs sont contrôlés par un capteur d'oxygène ou de température et par un ordinateur. La membrane au sein de la bâche aide à traiter l'air odorant provenant du processus lorsqu'il est diffusé dans la bâche.

Bien que les couvertures puissent être placées manuellement sur ces divers systèmes, des enrouleurs mécaniques sont disponibles. Des poids (p. ex., sacs de sable ou tuyaux remplis d'eau) sont généralement utilisés autour des piles pour sceller les bords de la bâche au sol et empêcher le court-circuitage de l'air provenant du processus. Des sangles sont souvent installées sur les bâches pour les protéger du vent.

5.3.2 Piles statiques aérées en système fermé (tunnel)

Le compostage en piles statiques aérées en système totalement fermé est une autre amélioration des systèmes de compostage en piles statiques aérées en enceintes. Ce système utilise un système de compostage positivement aéré avec une aération qui se fait au-dessous du sol. Le plancher d'aération et la



Photo 5-14 : Système de compostage utilisant des couvertures de polyéthylène
© Scott Gamble



Photo 5-15 : Système de compostage recouvert et positivement aéré
© CH2M HILL



Photo 5-16 : Unité mobile utilisée pour placer et retirer les couvertures
© CH2M HILL



pile de compostage sont totalement abrités par une enceinte longue et étroite faite de béton coulé sur place (à savoir le tunnel). En règle générale, ces enceintes ont une largeur comprise entre 3 et 6 m, une hauteur de 6 à 10 m et d'une longueur pouvant dépasser les 50 m. Les enceintes sont conçues pour permettre à de grandes chargeuses frontales d'aller et venir pour charger et retirer les matières.

Un système de porte sur mesure est utilisé pour sceller le devant de l'enceinte pendant le compostage actif. Ces portes coulissent manuellement sur des rails (comme la porte d'une grange) ou sont équipées de charnières en haut et ouvertes à l'aide d'un système hydraulique. Des mécanismes de fermeture et des joints de porte en caoutchouc sont utilisés pour maintenir une fermeture hermétique lorsque les portes sont closes.

La durée de compostage actif est de deux à quatre semaines et le système doit avoir une taille et une conception permettant aux matières d'être retirées et de nouveau mélangées à mi-chemin au cours de cette période.

Pendant l'opération, l'air provenant du processus est évacué de la zone d'espace vide du tunnel située au-dessus de la pile de compostage. Un système de porte scellé et un contrôle étroit de l'évacuation de l'air permettent un confinement efficace de l'air provenant du processus. En général, cela permet de mieux contrôler les odeurs et de réduire l'apparition de la corrosion par rapport aux systèmes de compostage qui ne se fait pas en système fermé. Toutefois, la conception du système d'aération dans les systèmes en tunnel est, en général, plus compliquée que pour un système typique de compostage en piles statiques aérées.

La quantité plus importante de béton nécessaire pour la construction des tunnels vient également s'ajouter aux coûts de construction. Toutefois, puisque le tunnel est complètement scellé, il n'est pas nécessaire qu'il soit situé à l'intérieur d'un bâtiment. Dans le cas d'une conception typique d'une installation de compostage en tunnel, seuls l'extrémité de chargement et de déchargement du tunnel ainsi que les ventilateurs se trouvant à l'extrémité opposée sont situés à l'intérieur; la partie principales des tunnels est souvent à l'extérieur.

Les exigences en matière d'espace pour le système de tunnel sont semblables aux systèmes de compostage en piles statiques aérées dans des enceintes. Tout comme les systèmes de compostage en enceintes, les parois des tunnels permettent aux côtés et à l'arrière de la pile de compostage d'être à la verticale, ce qui optimise l'espace :



Photo 5-17 : Système de compostage en système fermé (tunnel) © CH2M HILL



Photo 5-18 : Système de fermeture de la porte du tunnel © CH2M HILL



Photo 5-19 : Compostage en piles statiques aérées dans un tunnel en béton fermé © Scott Gamble

Méthode de compostage en piles statiques aérées en système fermé (tunnel)

- Convient aux résidus alimentaires et aux résidus verts
- Généralement conçu avec une durée de compostage actif de deux à quatre semaines
- Capacités allant jusqu'à 100 000 tonnes par an
- Les matières dans les tunnels sont souvent retournées à mi-chemin pendant la période de compostage actif.



un tunnel de 6 m de large sur 30 m de long peut soutenir environ 430 m³ de matières, ce qui correspond plus ou moins à 215 tonnes de matières premières issues des matières organiques et de matières structurantes.

D'après l'ampleur de l'investissement, les systèmes de compostage en tunnel sont habituellement plus appropriés pour les installations traitant plus de 25 000 tonnes par an; toutefois, ils peuvent être utilisés pour traiter de plus petites quantités (10 000 tonnes par an seulement) lorsqu'un contrôle plus important des odeurs est requis. Les installations plus grandes utilisant cette technologie traitent environ 100 000 tonnes par an.

Un problème rencontré avec les systèmes de compostage en tunnel est lié à la santé et à la sécurité des travailleurs et au respect des critères relatifs à un espace confiné en vertu des divers règlements provinciaux en matière de santé et de sécurité au travail. Si un espace est désigné comme étant un espace confiné, les exploitants de l'installation peuvent être tenus de mettre en œuvre des protocoles d'exploitation précis et d'utiliser un équipement de protection individuel et des systèmes d'alarme.

Le tableau 5-10 énumère les avantages et les inconvénients du compostage en piles statiques aérées en système fermé (tunnel).

Tableau 5-10 : Avantages et inconvénients du compostage en piles statiques aérées en système fermé (tunnel)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Une conception de système en tunnel permet un meilleur contrôle des odeurs. L'air corrosif issu du processus est contenu dans le tunnel, les dommages aux bâtiments sont donc réduits. 	<ul style="list-style-type: none"> L'utilisation accrue du béton coulé sur place accroît les coûts de construction. Les systèmes approvisionnés par le fournisseur ont, en règle générale, des systèmes d'aération et de contrôle complexes. Moins de possibilités d'automatisation, puisque le chargement et le déchargement du tunnel sont normalement effectués avec une chargeuse frontale. La désignation en tant qu'espace confiné peut nécessiter la mise en œuvre de protocoles d'exploitation précis et l'utilisation d'un équipement de protection individuelle et de systèmes d'alarme.

5.3.3 Conteneurs statiques

Les conteneurs fermés modulaires sont un type de système de compostage en système fermé qui repose sur un certain nombre d'unités de compostage distinctes. Ces conteneurs ressemblent beaucoup aux conteneurs amovibles de 40 verges cubes (v³) utilisés en Amérique du Nord pour gérer les matières résiduelles du secteur commercial. Grâce à leur taille, les conteneurs individuels sont portatifs et peuvent être déplacés dans l'installation. Ils sont également modulaires et des conteneurs supplémentaires peuvent être ajoutés lorsqu'une capacité plus importante est nécessaire.



Photo 5-20 : Système de compostage en conteneurs statiques © CH2M HILL



Les conteneurs sont remplis par les portes scellables à l'arrière du conteneur ou sur le toit. Une fois remplis, les conteneurs sont déplacés sur une aire extérieure en béton ou en asphalte et reliés à un système d'aération fixe capable de fournir de l'air à plusieurs conteneurs. De l'air est injecté dans la base du conteneur de compostage rempli et évacué par le haut du conteneur. L'air odorant évacué passe ensuite dans un biofiltre afin d'être traité.

Après deux à quatre semaines de compostage actif, les conteneurs sont vidés en les hissant sur un camion avec un système de levage spécialisé et la matière est retirée par les portes arrière, comme dans un camion-benne. Ce même camion est utilisé pour déplacer les conteneurs vides et pleins autour du site. Les matières déchargées doivent être soumises à une maturation supplémentaire avant d'être utilisées en tant qu'amendement organique.

Les exigences en matière d'empreinte au sol pour chaque conteneur de compostage sont relativement faibles, mais l'espace requis pour de multiples conteneurs peut augmenter rapidement.

La capacité de ces systèmes dépend de la durée de compostage, mais elle est généralement comprise entre 200 et 900 tonnes par an par conteneur. Les installations utilisant cette technologie sont généralement plus petites et ont moins de 15 conteneurs.

Le tableau 5-11 énumère les avantages et les inconvénients des conteneurs statiques.

Tableau 5-11 : Avantages et inconvénients des conteneurs statiques

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Contrôle élevé des odeurs Exigences faibles à modérées en matière d'espace La petite taille des conteneurs permet une expansion modulaire de l'installation de traitement. 	<ul style="list-style-type: none"> Avec des durées de traitement de moins de deux semaines, la matière est moins stable et plus odorante lorsqu'elle est retirée. La faible capacité limite la pertinence pour des opérations de grande échelle. Des camions spécialisés sont nécessaires pour déplacer et décharger les conteneurs.

Méthode de compostage en conteneurs statiques

- Convient aux résidus alimentaires et aux résidus verts.
- Durée de compostage actif entre deux et quatre semaines en général.
- Capable de traiter jusqu'à 30 000 tonnes par an, mais convient mieux à des quantités inférieures à 15 000 tonnes par an.



Photo 5-21 : Système de compostage en système fermé (tunnel) © CH2M HILL



Photo 5-22 : Chaque conteneur statique est relié à un système d'air central à l'aide de tuyaux flexibles © CH2M HILL

5.3.4 Conteneurs agités

Les systèmes de conteneurs agités sont généralement fixes et fonctionnent selon un flux continu. Tout comme les conteneurs statiques, les conteneurs agités et les systèmes fermés ont tendance à avoir de plus petites capacités et sont modulaires. Avec de telles caractéristiques, ils conviennent bien aux installations traitant de plus petites quantités de matières premières (p. ex., moins de 10 tonnes par jour) et aux installations qui seront développées et élargies avec le temps.

Ces systèmes de compostage tendent à avoir des systèmes de contrôle intégrés qui surveillent la température et d'autres paramètres de contrôle et qui gèrent l'ajout de l'eau. En général, une trémie de mélange et de charge ainsi qu'un biofiltre visant à traiter l'air évacué sont également inclus.

De même, la gestion des matières est généralement automatisée. Dans certaines unités, un système de plancher mobile déplace lentement les matières de l'entrée de l'unité à son point de décharge. Au moins un ensemble de disques pivotants peuvent également être situés sur la longueur de l'unité pour agiter les matières et briser les mottes. D'autres systèmes utilisent une tarière qui fonctionne sur la longueur du système fermé pour déplacer les matières vers le point de décharge de l'unité. La tarière est entraînée par un moteur et une boîte de vitesses situés à l'extérieur de la chambre de traitement afin d'être facilement accessible en cas d'entretien.

Les systèmes sont disponibles dans une grande variété de tailles (de 300 kilogrammes [kg] par jour à 12 tonnes par jour). Une capacité de traitement supplémentaire est possible en utilisant plusieurs unités en parallèle.

La taille de ces unités varie en fonction de leur capacité. Les unités plus petites logent dans un emplacement unique, tandis que les unités plus grandes mesurent en général entre 3 et 5 m de large et dépassent 7 m de long. Les installations sont couramment conçues avec une durée de compostage de deux semaines; toutefois, des durées de compostage de quatre semaines peuvent être nécessaires si l'unité est rallongée.

Le tableau 5-12 énumère les avantages et les inconvénients des conteneurs agités.



Photo 5-23 : Système de compostage en conteneur agité installé sur un campus universitaire © CH2M HILL

Méthode de compostage en conteneur agité

- Convient aux résidus alimentaires et aux résidus verts
- Durée de compostage actif entre deux et quatre semaines en général
- Plusieurs unités peuvent être utilisées pour traiter jusqu'à 15 000 tonnes par an



Photo 5-24 : Système de conteneur agité © CH2M HILL



Tableau 5-12 : Avantages et inconvénients des conteneurs agités

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Contrôle élevé des odeurs Exigences faibles à modérées en matière d'espace Très automatisé, ce qui se traduit par des coûts de main-d'œuvre réduits La petite taille permet une expansion modulaire de l'installation de traitement. Peut être situé à l'intérieur ou en plein air 	<ul style="list-style-type: none"> Durée de compostage généralement courte (environ deux semaines), ce qui signifie que la matière est moins stable et plus odorante lorsqu'elle est retirée. La faible capacité limite la pertinence pour des opérations de grande échelle.

5.3.5 Silos-couloirs

Les systèmes de silos-couloirs sont essentiellement des andains retournés placées à l'intérieur des bâtiments. Les andains sont situés entre deux longs murs parallèles en béton d'une hauteur comprise entre 1,8 et 2,4 m et espacés de 3 à 6 m.

Les matières premières sont chargées par l'une des extrémités du silo-couloir et déplacées dans le sens de sa longueur, sur une période de deux à quatre semaines, par une machine à tourner qui se déplace sur le dessus des murs en béton. Un convoyeur ou tambour rotatif pend au-dessous de la machine à retourner et il soulève et jette le compost vers l'arrière, en l'agitant en même temps. Pendant que le mécanisme de retournement effectue des passages répétés le long du silo-couloir, il déplace la masse de matières depuis l'extrémité de chargement du silo-couloir vers le point de décharge. Le contrôle de l'oxygène et de la température au sein de chaque silo-couloir est fourni par un système d'aération dans le plancher du silo-couloir.

Plusieurs silos-couloirs sont utilisés simultanément pour obtenir la capacité de traitement quotidienne ou hebdomadaire nécessaire. La durée pendant laquelle la matière reste dans les silos-couloirs dépend de la longueur du silo-couloir et de la fréquence à laquelle la matière est retournée. Les systèmes de silos-couloirs sont généralement conçus avec une durée de compostage de deux à quatre semaines. Avec une fréquence de retournements fixée tous les un à trois jours, les silos-couloirs ont généralement une longueur comprise entre 30 et 75 m. En règle générale, la longueur des bâtiments renfermant les silos-couloirs est de l'ordre de 15 à 30 m plus long que ces derniers pour permettre l'accès de l'équipement à chaque extrémité des silos-couloirs. La largeur des bâtiments dépend du nombre et de la largeur des silos-couloirs individuels.

Les matières premières ne peuvent être ajoutées au système de silos-couloirs que par l'extrémité d'alimentation; en conséquence, il n'y a qu'une seule possibilité de parvenir au mélange adéquat de



Photo 5-25 : Système de compostage en silos-couloirs © Scott Gamble

Méthode de compostage en silos-couloirs

- Convient aux résidus alimentaires et aux résidus verts
- Généralement conçu avec une durée de compostage actif de deux à quatre semaines
- Convient aux installations traitant entre 15 000 et 100 000 tonnes par an
- Fréquence typique de retournement tous les un à trois jours

matières premières et d'agents structurants, ce qui nécessite des opérateurs qualifiés pour travailler avec des charges et des types différents de déchets afin de créer le bon mélange.

Le système d'aération utilisé dans la plupart des systèmes de compostage en silos-couloirs est positif; de l'air est diffusé vers le haut à travers la pile et s'échappe par le haut de la surface. Cette approche entraîne de grandes quantités de vapeur et une mauvaise visibilité, en particulier dans les bâtiments qui ne sont pas isolés. Dans certains cas, il est possible de construire une structure secondaire au-dessus des silos-couloirs pour contenir et récupérer cet air, ce qui permettrait d'améliorer la qualité de l'air intérieur.

Les systèmes de silos-couloirs sont très efficaces du point de vue de la manutention des matières, car ces dernières sont déplacées au fur et à mesure qu'elles sont retournées. Cela permet de réduire les quantités de matière à déplacer à l'aide des chargeuses frontales. Une amélioration de l'efficacité est possible en installant un système de convoyeurs à l'extrémité des silos-couloirs afin de recueillir et de déplacer automatiquement des matières au fur et à mesure qu'elles sont déchargées du silo-couloir.

Le tableau 5-13 énumère les avantages et les inconvénients des silos-couloirs.

Tableau 5-13 : Avantage et inconvénients des silos-couloirs

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Habituellement enfermés dans des bâtiments, un meilleur contrôle des odeurs est donc possible Moins d'espace requis que le compostage en andains Les systèmes d'agitation mécanique sont élevés au-dessus des lits de compost et sont plus faciles à entretenir 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts en capital moyens à élevés Manque de flexibilité dans la gestion des pics de matières premières (la fréquence des retournements doit être accrue) Une aération positive entraîne une qualité de l'air intérieur plus faible. La préparation et le mélange adéquats des matières premières et des agents structurants sont essentiels. Les empreintes au sol du bâtiment et de l'installation sont longues et étroites et peuvent ne pas loger sur certaines propriétés

5.3.6 *Lits agités*

Un système de compostage en lit agité est semblable à un système de compostage en larges piles retournées, avec un degré d'automatisation bien plus important. Ces types de systèmes conviennent bien aux installations qui gèrent de grandes quantités de matières (p. ex., plus de 50 000 tonnes par an).

Méthode de compostage en lit agité

- Convient aux résidus alimentaires et aux résidus verts
- Durée de compostage actif de trois à quatre semaines en général
- Les capacités varient de 15 000 à 100 000 tonnes par an.
- Fréquence typique de retournement tous les un à trois jours

Le système est constitué de larges lits de matières en compostage, situés entre deux longs murs parallèles, à l'image de silos-couloirs élargis. Les murs autour de l'aire des lits agités permettent des profondeurs de matières comprises entre 2 et 3 m. Ces aires de compostage sont équipées d'un système d'aération dans le plancher, semblable à celui qui est utilisé avec les systèmes de compostage en piles statiques aérées et en tunnels. Une aération positive et négative peut être utilisée, mais l'aération négative est plus courante.



La matière dans chaque aire est retournée tous les un à trois jours à l'aide d'un système automatisé. La durée de compostage des matières dans les aires est généralement de l'ordre de trois à quatre semaines et est déterminée par la longueur du lit ainsi que la conception du vire-andains (c.-à-d. l'ampleur du déplacement de la matière à chaque passage). Le vire-andains est doté d'une tarière ou d'un fléau suspendu à partir d'un pont roulant qui balai le lit de compostage. Le déplacement du vire-andains le long du pont roulant, associé à la capacité du pont roulant d'aller et venir le long de l'aire de compostage, permet au dispositif de retournement d'accéder à toutes les zones de l'aire.

Sur le plan opérationnel, les matières sont placées le long du côté de réception de la baie à l'aide des chargeuses frontales ou des convoyeurs. Les matières sont ensuite déplacées à travers l'aire de compostage par le vire-andains, qui suit un chemin en serpentin depuis le point de déchargement de l'aire à son extrémité de réception. Lorsque le vire-andains effectue un passage latéral à travers l'aire, les tarières ou les fléaux soulèvent physiquement la matière et la déplacent vers le point de déchargement. Avec le temps, après des passages répétés du vire-andains dans l'aire, la matière fraîche se déplace entièrement à travers l'aire et elle est déchargée sur le plancher ou sur un convoyeur.

La capacité du lit dépend de la profondeur de la matière et de la largeur du lit. Les dimensions varient de 25 à 30 m de long et de 10 à 75 m de large. Des capacités plus élevées peuvent être atteintes en installant plusieurs lits agités en parallèle.

Les systèmes de lits agités sont bien adaptés au traitement des matières premières issues des matières organiques séparées à la source comportant de fortes proportions de résidus alimentaires. Les installations qui utilisent cette technologie ont généralement des capacités variant de 15 000 à plus de 100 000 tonnes par an.



Photo 5-26 : Système de lit agité vu du côté de déchargement de l'aire de compostage © CH2M HILL



Photo 5-27 : Mécanisme de retournement avec pont roulant et tarière suspendue vu du côté de décharge de l'aire de compostage © *Scott Gamble*

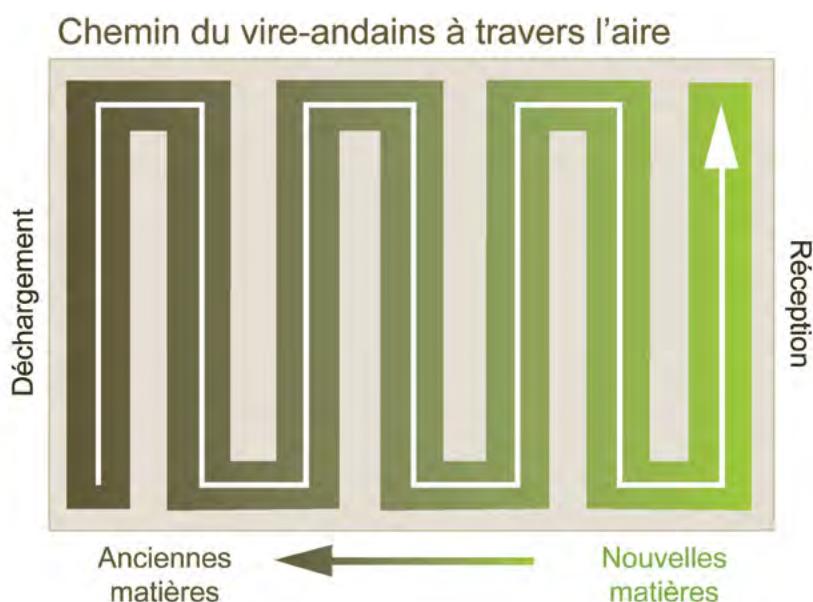


Figure 5-5 : Mouvement du vire-andains dans l'aire de compostage agitée et flux de matières

Le tableau 5-14 énumère les avantages et les inconvénients du système de lit agité.

Tableau 5-14 : Avantages et inconvénients du système de lit agité

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Habituellement enfermé dans des bâtiments, un meilleur contrôle des odeurs est donc possible • Les exigences en matière d'espace par tonne de capacité sont faibles. • Généralement installé avec un système d'aération négative, ce qui améliore la qualité de l'air intérieur • Le degré élevé d'automatisation réduit les exigences en matière de main-d'œuvre et de gestion de la matière. 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexité accrue en raison du degré d'automatisation • Manque de flexibilité dans la gestion des pics de matières premières (la fréquence des retournements doit être accrue) • La préparation et le mélange adéquats des matières premières et des agents structurants sont essentiels.

5.3.7 Tambours rotatifs

Plusieurs systèmes de tambours rotatifs horizontaux à petite échelle ont été mis au point ces dix dernières années, modélisés à partir de systèmes de tambours à grande échelle qui étaient populaires dans les années 1990 pour le compostage des déchets solides municipaux.

Les systèmes à tambour sont généralement équipés d'un tambour en acier dont le diamètre est compris entre 1,5 m et 5 m. Dans les systèmes à petite échelle, les tambours ont une longueur pouvant aller jusqu'à 10 m. En comparaison, les systèmes à grande échelle utilisent des tambours considérablement plus longs (de 30 à 80 m).

Les tambours sont positionnés sur un plan légèrement incliné (moins de 5 %) et tournent à un rythme allant de 0,5 à 5 rotations par minutes. La combinaison de la rotation du tambour et du plan incliné avec la gravité permet aux matières de culbuter dans le fond du tambour à la manière d'un tire-bouchon, depuis l'extrémité d'alimentation supérieure vers le point de déchargement inférieur.

De l'air est habituellement injecté dans les tambours, en général au point de déchargement, pour assurer un apport d'air adéquat requis par le processus.

Selon la taille des tambours, ils sont généralement entraînés par de grandes couronnes dentées, des tourbillons en caoutchouc ou des pignons et des chaînes. Les portes de chargement et de déchargement ainsi que les mécanismes d'entraînement occasionnent une complexité mécanique et d'exigences d'entretien plus importantes par rapport à d'autres systèmes fermés.



Photo 5-28 : Système de tambour rotatif à petite échelle © CH2M HILL

Méthode de compostage avec tambour rotatif

- Convient aux résidus alimentaires et aux résidus verts
- Durée de compostage actif entre un et sept jours en général
- Un tambour ou plus peuvent être utilisés pour fournir des capacités de traitement comprises entre 1 000 et 100 000 tonnes par an.
- Souvent combiné à une autre technologie de compostage

Les capacités des tambours des systèmes à petite échelle varient de 5 à 50 m³; en général, les tambours sont chargés de 65 à 80 % de leur volume total. Le fait de charger davantage de matières dans le tambour empêche le culbutage des matières à l'intérieur et réduit l'efficacité de traitement.

La capacité annuelle d'un tambour est déterminée par la quantité et la fréquence des matières déchargées. Par exemple, si 50 % du contenu du tambour est déchargé tous les jours, sa capacité annuelle sera doublée par rapport à un tambour de taille identique duquel on ne retire que 25 % de son contenu chaque jour.

Les tambours rotatifs sont habituellement conçus avec une durée de compostage de un à sept jours. Avec des durées de compostage aussi courtes, la matière est dégagée sans avoir terminé l'étape de compostage actif et doit être soumise à un traitement supplémentaire.

Le tableau 5-15 énumère les avantages et les inconvénients des tambours rotatifs.

Tableau 5-15 : Avantages et inconvénients des tambours rotatifs

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Le corps du tambour peut être situé en plein air; en général, seules les extrémités doivent être enfermées dans les bâtiments. Permet un mélange et une agitation très efficaces des matières premières et des agents structurants 	<ul style="list-style-type: none"> Complexité mécanique accrue en raison du système d'entraînement et des systèmes de chargement et de déchargement Les tambours et le système d'entraînement nécessitent un alignement périodique. Les systèmes d'injection de l'air peuvent se boucher. La durée typique de compostage est courte. Les matières traitées doivent être soumises à un autre traitement.



6. Technologies de traitement anaérobie



Le procédé de digestion anaérobie des matières organiques séparées à la source provenant du flux de déchets solides municipaux est relativement nouveau, mais il est utilisé à quelques sites en Europe depuis environ 20 ans. Il est désormais introduit en Amérique du Nord, tout en étant plus largement adopté en Europe. La plupart des technologies de digestion utilisées pour les matières organiques séparées à la source ont été établies à partir des premières technologies de digestion des biosolides provenant du fumier de vaches laitières et des eaux usées. Au cours des dernières années, des digesteurs spécialement conçus pour les matières organiques séparées à la source ont été proposés.

Le présent chapitre fournit un aperçu des types généraux de méthodes et de technologies de digestion anaérobie qui conviennent aux installations dont les capacités varient de 10 tonnes par jour à plusieurs centaines de tonnes par jour. La science et les principes de base liés à la digestion anaérobie ont été couverts dans le chapitre 4. Ce chapitre comprend les éléments suivants :

- Section 6.1 : Exigences générales de prétraitement
- Section 6.2 : Types de technologies de digestion anaérobie
- Section 6.3 : Systèmes de digestion de matières empilables à haute teneur en solides
- Section 6.4 : Systèmes de digestion de boue liquide à haute teneur en solides
- Section 6.5 : Systèmes de digestion humide (basse teneur en solides)
- Section 6.6 : Codigestion dans les digesteurs de biosolides des usines de traitement des eaux usées

6.1 Exigences générales de prétraitement

Une attention particulière doit être accordée au prétraitement et au mélange des déchets soumis à la digestion anaérobie. Les matières organiques séparées à la source devraient être livrées dans une aire de réception désignée et fermée afin de maintenir les vecteurs à l'extérieur et les odeurs à l'intérieur. Après réception, les charges devraient être inspectées afin de déceler les matières indésirables ou celles qui pourraient endommager l'équipement de traitement, comme l'explique le chapitre 4. En fonction des exigences des programmes de collecte et de la conception de l'installation de traitement, le processus d'inspection peut exiger une élimination mécanique des matières des conteneurs ou des sacs.

Facteurs à considérer en matière de prétraitement

- Déterminer les méthodes de gestion de la matière d'après la quantité de liquides dans les matières premières et la taille des particules des matières premières.
- Éliminer les matières qui peuvent :
 - Interférer avec le processus de digestion (p. ex., résidus alimentaires à très forte teneur en sel).
 - Interférer avec l'équipement (p. ex., les gros objets).
 - Altérer la qualité finale du compost (p. ex., verre et plastique).

Une fois que les matières premières ont été inspectées et que les matières indésirables ont été retirées, elles peuvent nécessiter une modification physique ou chimique (par l'intermédiaire d'un broyage ou d'un déchiquetage ou en modifiant le pH) afin de fournir des conditions



optimales pour le processus de digestion, car la taille des particules détermine la surface disponible pour l'action microbienne. Le niveau et le type de prétraitement et de préparation requis dépendent de la matière première et de la technologie spécifique de digestion anaérobie utilisée.

Le prétraitement des matières premières peut inclure l'élimination des déchets non dégradables qui ont une incidence sur l'équipement ou sur la qualité du digestat. Dans certains systèmes de digestion, les matières premières sont converties en une forme de boue liquide en y ajoutant de l'eau et en les remuant. Les matières légères qui flottent à la surface du réservoir de boue liquide (p. ex., pellicule plastique) peuvent ensuite être écumées ou raclées. Les matières plus lourdes (p. ex., verre, roches et bouchons de bouteilles) peuvent être retirées comme des impuretés au fond du réservoir de boue liquide.

L'étape de préparation peut comprendre une étape de mélange. Dans certains systèmes de digestion, les matières peuvent être mélangées avec de l'eau chauffée ou de la vapeur pour accroître la teneur en eau et la température des déchets à traiter. Le mélange avec de l'eau chaude ou de la vapeur permet également d'augmenter la température des matières premières et d'accroître le niveau de l'activité microbienne et l'ampleur de la dégradation des matières organiques au sein du réacteur de digestion anaérobie (la section 6.2.3 fournit des détails sur la température). Dans le cas des digesteurs secs, les matières premières peuvent être mélangées à des « agents structurants » ou à des matières organiques « structurantes », comme les résidus verts broyés ou des copeaux de bois, pour permettre la percolation de l'eau à travers la masse de déchets.

De l'inoculum de départ (p. ex., matière première recyclée qui a déjà été soumise au processus de digestion ou eaux usées produites pendant les étapes de déshydratation et de percolation du digestat) pourrait être ajouté pour amorcer l'activité microbienne à l'étape de mélange. La matière recyclée transporte de nombreux microorganismes déjà adaptés à

l'environnement de digestion; ils peuvent donc inoculer les déchets entrants et accélérer le début de la digestion.

6.2 Types de technologies de digestion anaérobie

Il existe deux grandes catégories de systèmes de digestion anaérobie utilisés pour traiter les matières organiques séparées à la source : les systèmes humides (basse teneur en solides; teneur en eau supérieure à 80 %) et les systèmes à haute teneur en solides (teneur en eau inférieure à 80 %). Ces catégories comportent des sous-catégories établies d'après des fourchettes précises de teneur en eau. D'autres sous-catégories incluent un arrangement d'étapes séquentielles du processus biologique en systèmes fermés distincts, l'exploitation à différentes plages de températures et une exploitation en discontinu par rapport à une exploitation continue, comme le décrivent les sous-sections suivantes.

Les exigences en matière de contrôle du processus pour des opérations optimales de digestion anaérobie des matières organiques séparées à la source comportent la surveillance des éléments suivants :

- Composition et contaminants de la matière première
- Taux de recirculation de l'eau
- Taux d'ajout de l'eau
- Température dans le digesteur
- Composition des gaz
- Taux de pression et de débit des gaz
- Durées de digestion et taux de chargement (taux de circulation/taux de chargement des solides) dans les digesteurs de deuxième étape
- pH du percolat, solides dissous, ammoniac, sulfure et température

Consulter le chapitre 4 pour avoir plus de renseignements.



6.2.1 Système de digestion anaérobie à haute teneur en solides et système de digestion anaérobie humide

Les catégories générales du système de digestion anaérobie sont basées sur la teneur en matières sèches (ou inversement, la teneur en eau) des matières digérées, puisqu'il s'agit du facteur le plus important déterminant la conception de l'équipement. On constate une certaine incohérence dans l'industrie concernant la signification exacte de « sec » par rapport à « humide » et de « basse teneur en solides » par rapport à « haute teneur en solides », principalement parce que la technologie de digesteur évolue avec le temps. Dans le présent document, et conformément à l'usage le plus récent dans l'application des technologies de digestion anaérobie aux matières organiques des déchets solides municipaux, nous utilisons « haute teneur en solides » et « humide » comme les catégories principales :

- **Haute teneur en solides** : Systèmes avec une teneur en eau généralement inférieure à 80 % (solides supérieurs à 20 %). À l'aide de chargeuses frontales, les matières premières sont habituellement empilées dans le digesteur en tant que matières solides ou pompées dans le digesteur en tant que boue liquide à haute teneur en solides.
- **Humide** : Systèmes avec une teneur en eau supérieure à 80 % (solides inférieurs à 20 %). Les matières premières sont dissoutes ou en suspension à l'état liquide et sont gérées en tant que liquide.

Le tableau 6-1 présente une comparaison des systèmes de digestion à haute teneur en solides (boue liquide et matières empilables) aux systèmes de digestion humide (basse teneur en solides) et propose un résumé des différences concernant les types de digesteurs de base établis d'après la teneur en eau.

Tableau 6-1 : Résumé des types de digesteurs établis d'après la teneur en eau

Type de digesteur	Teneur en eau du digesteur	Conistance de la matière première	Extrant énergétique net ^a	Traitement du digestat	Production de lixiviat
Matières empilables à haute teneur en solides	Moins de 60 %	Matières empilables	Très élevé	Déshydratation non requise	Très faible
Boue liquide à haute teneur en solides	Entre 60 et 80 %	Humide, mais non liquide	Intermédiaire	Une déshydratation peut être requise	Intermédiaire
Humide (basse teneur en solides)	Plus de 80 %	Liquide	Très faible	Déshydratation requise	Très élevée

Remarques :

^a Défini comme l'énergie produite moins l'énergie consommée par tonne de matières premières entrantes



6.2.2 Procédé en une seule étape et procédé en deux étapes

Une autre méthode visant à classer les technologies est fondée sur le fait que le processus de digestion se déroule dans un système fermé unique ou en deux étapes séquentielles. Dans les systèmes de digestion anaérobie en deux étapes, la première étape est généralement exécutée à un pH compris entre 5 et 6, ce qui constitue une valeur presqu'optimale pour les organismes qui dégradent les grosses molécules organiques; ce n'est toutefois pas le cas pour les bactéries formant du méthane qui produisent des biogaz. Au cours de la deuxième étape, le pH est élevé à la fourchette comprise entre 6,5 et 7,2 pour optimiser le système favorisant les bactéries méthanogènes. Un système en une seule étape permet aux deux étapes de se dérouler dans un système fermé, mais ce n'est pas optimal pour ni l'une ni l'autre des étapes. Le tableau 4-1 dans le chapitre 4 présente les avantages et les inconvénients des systèmes en une seule étape par rapport aux systèmes en deux étapes.

6.2.3 Procédés thermophiles et mésophiles

Les systèmes à haute teneur en solides et humide (basse teneur en solides) peuvent être configurés comme des digesteurs en une seule étape et en plusieurs étapes; ils peuvent également être conçus pour fonctionner à des plages de températures thermophiles ou mésophiles. Les digesteurs thermophiles fonctionnent généralement à des températures comprises entre 50 et 60 °C. Les digesteurs mésophiles sont habituellement exploités à une plage de températures située entre 30 et 38 °C.

La principale différence entre ces deux plages est la vitesse à laquelle les réactions se produisent. Les réactions de digestion se produisent plus rapidement dans la plage de températures thermophiles à forte énergie et fournissent donc un débit plus élevé et un taux de production de biogaz plus important que les températures mésophiles; une chaleur externe est cependant nécessaire pour maintenir des températures élevées. Des processus thermophiles et mésophiles peuvent être établis pour des digesteurs en une seule étape et à plusieurs étapes. Le tableau 4-1 au chapitre 4 résume les avantages et les inconvénients des digesteurs thermophiles par rapport aux digesteurs mésophiles.



6.2.4 Aperçu de la technologie

Le tableau 6-2 résume les types de technologies; des détails supplémentaires sont présentés dans les sous-sections suivantes.

Tableau 6-2 : Résumé des technologies de digestion anaérobie

Facteurs à considérer	Type de système de digestion		
	Matières empilables à haute teneur en solides	Boe liquide à haute teneur en solides	Humide (basse teneur en solides)
Prétraitement des déchets/préparation	<ul style="list-style-type: none"> Requiert un prétraitement limité : <ul style="list-style-type: none"> Désensachage, tamisage et mélange Pas de réduction radicale de la taille Nécessite des matières structurantes (p. ex., résidus verts déchiquetés ou broyés) pour fournir une porosité La taille des particules devrait être inférieure à 20 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiert un certain prétraitement : <ul style="list-style-type: none"> Désensachage, réduction radicale de la taille (p. ex., déchiqueteuse) Pas besoin de matières structurantes La taille maximale des particules doit être inférieure à 5 cm pour que la matière puisse être pompée. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiert un niveau élevé de prétraitement : <ul style="list-style-type: none"> Désensachage, réduction radicale de la taille (p. ex., déchiqueteuse) Retrait des matières flottantes et des sédiments Pas besoin de matières structurantes La taille des particules doit généralement être inférieure à 5 cm pour que la matière puisse être pompée.
Ajout d'eau	<ul style="list-style-type: none"> La plupart des déchets des matières organiques séparées à la source ne requièrent pas d'ajout d'eau. Requiert une teneur en eau inférieure à 60 % Requiert généralement une quantité d'eau de 0,05 m³ par tonne de déchets 	<ul style="list-style-type: none"> La plupart des déchets des matières organiques séparées à la source requièrent un ajout d'eau. Requiert une teneur en eau de 60 % ou plus Requiert généralement une quantité d'eau de 0,10 m³ par tonne de déchets 	<ul style="list-style-type: none"> Tous les déchets des matières organiques séparées à la source requièrent un ajout d'eau Requiert une teneur en eau de 80 % ou plus Requiert généralement une quantité d'eau de 0,5 m³ par tonne de déchets
Conception du digesteur	<ul style="list-style-type: none"> Conception typique : <ul style="list-style-type: none"> Configuration : tunnels en béton avec portes imperméables Capacité d'exploitation : de 10 000 à 100 000 tonnes de matières organiques séparées à la source par an Temps de rétention : de 14 à 30 jours Mode d'exploitation : en discontinu 	<ul style="list-style-type: none"> Conception typique : <ul style="list-style-type: none"> Configuration : débit régulier ou réacteur agité en continu Capacité d'exploitation : de 3 000 et 250 000 tonnes de matières organiques séparées à la source par an Temps de rétention : de 14 à 30 jours Mode d'exploitation : en continu ou en discontinu 	<ul style="list-style-type: none"> Conception typique : <ul style="list-style-type: none"> Configuration : réacteur agité en continu Capacité d'exploitation : de 3 000 et 250 000 tonnes de matières organiques séparées à la source par an Temps de rétention : de 14 à 40 jours Mode d'exploitation : en continu



Tableau 6-2 : Résumé des technologies de digestion anaérobiose (suite)

Facteurs à considérer	Type de système de digestion		
	Matières empilables à haute teneur en solides	Boue liquide à haute teneur en solides	Humide (basse teneur en solides)
Gestion et caractéristiques du digestat (quantité et qualité)	<ul style="list-style-type: none"> Digestat (matière solide) retiré par des chargeuses frontales Teneur en eau typique du digestat comprise entre 50 et 60 % en poids Ne nécessite pas de déshydratation avant le compostage Nécessite généralement d'être composté : <ul style="list-style-type: none"> Peut être ajouté à d'autres matières premières de compost, comme les résidus verts Peut être composté séparément Durées de compostage généralement réduites en raison de la décomposition partielle pendant la digestion Quantité : 0,85 tonnes par tonne de matières séparées à la source traitées 	<ul style="list-style-type: none"> Digestat pompé hors du digesteur Teneur en eau typique du digestat avant la déshydratation comprise entre 70 et 90 % Nécessite généralement une déshydratation pour parvenir à une teneur en eau d'environ 50 % à l'aide de filtres ou de presses à vis, ou à l'aide d'autres techniques couramment utilisées dans les usines de traitement des eaux usées pour déshydrater les biosolides Nécessite généralement d'être composté : <ul style="list-style-type: none"> Peut être composté pour parvenir à un état semblable à l'humus Durées de compostage généralement réduites en raison de la décomposition partielle pendant la digestion Peut être séché et utilisé en tant qu'engrais s'il contient les éléments nutritifs adéquats, qu'il ne contient pas de substances dangereuses pour les plantes provenant des matières premières et qu'il n'est pas détruit pendant le processus de digestion (voir le chapitre 16). Quantité : 0,85 tonne de digestat déshydraté par tonne de matières organiques séparées à la source traitées 	
Caractéristiques des effluents (quantité et qualité)	<p>Les effluents sont constitués d'un excès d'eau de percolation.</p> <p>Quantité : jusqu'à 0,1 m³ par tonne de matières organiques séparées à la source</p> <ul style="list-style-type: none"> La quasi-totalité du percolat provenant du digesteur est recirculée. Dans le cas de certaines matières plus humides, l'excès de percolat peut nécessiter d'être éliminé dans une installation de traitement. 	<p>Les effluents proviennent de la déshydratation du digestat.</p> <p>Quantité : de 0,1 à 0,3 m³ par tonne de matières organiques séparées à la source</p> <ul style="list-style-type: none"> Jusqu'à 30 % de l'eau injectée dans le digesteur peut être rejetée en tant qu'effluent 	<p>Les effluents proviennent de la déshydratation du digestat</p> <p>Quantité : de 0,4 à 0,7 m³ par tonne de matières organiques séparées à la source</p> <ul style="list-style-type: none"> Jusqu'à 45 % de l'eau injectée dans le digesteur peut être rejetée en tant qu'effluent
	<p>Qualité :</p> <ul style="list-style-type: none"> DBO₅ : de 2 000 à 5 000 mg/L SS : de 50 à 5 000 mg/L Ammoniac sous forme d'azote : de 1 000 à 3 000 mg/L 	<p>Qualité :</p> <ul style="list-style-type: none"> DBO₅ : de 1 500 à 15 000 mg/L SS : de 50 à 5 000 mg/L Ammoniac sous forme d'azote : de 1 000 à 3 000 mg/L 	<p>Qualité :</p> <ul style="list-style-type: none"> DBO₅ : de 1 500 à 15 000 mg/L SS : de 50 à 5 000 mg/L Ammoniac sous forme d'azote : de 1 000 à 3 000 mg/L

Tableau 6-2 : Résumé des technologies de digestion anaérobie (suite)

Facteurs à considérer	Type de système de digestion		
	Matières empilables à haute teneur en solides	Boue liquide à haute teneur en solides	Humide (basse teneur en solides)
Matières indésirables	Contaminants (comme le verre, les métaux et le plastique) présents dans les matières premières et retirés avant, pendant ou après la digestion Généralement enfouies		
Production nette d'énergie (électrique)	• de 170 à 250 kWh par tonne de matières organiques séparées à la source	• de 145 à 220 kWh par tonne de matières organiques séparées à la source	• de 110 à 160 kWh par tonne de matières organiques séparées à la source

Remarques :

* La production nette d'énergie est le débit d'électricité moins l'énergie électrique et thermique consommée par le digesteur.

DBO₅—Demande biochimique en oxygène de cinq jours
cm—centimètre
kWh/t—kilowattheure par tonne
L—litre
N—azote

m³—mètre cube
mg/L—milligrammes par litre
SS—solides en suspension
t—tonne

6.3 Systèmes de digestion de matières empilables à haute teneur en solides

Les systèmes de digestion anaérobie de matières empilables à haute teneur en solides qui ne plongent pas les déchets dans un réservoir, mais qui procèdent plutôt à une recirculation des eaux de percolation (effluent) constituent un développement relativement récent concernant la technologie de digestion anaérobie. Dans ces systèmes, les matières « empilables » ayant une teneur en eau inférieure à 60 % sont placées dans des tunnels à l'aide de chargeuses frontales. Après le chargement, une porte étanche au gaz du tunnel est fermée et l'eau qui s'écoule de la matière est recirculée vers des pulvérisateurs à eau au-dessus des déchets pour faire passer les microorganismes et les éléments nutritifs à travers la masse de déchets. La digestion de la matière dans le tunnel dure généralement 14 à 30 jours, selon les caractéristiques précises du processus (décrivées dans les sous-sections suivantes), puis le digestat résiduel solide est retiré et traité.

Ce processus de digestion anaérobie peut être mis en œuvre en tant que processus thermophile ou mésophile et en tant que processus en une seule étape ou en deux étapes.

Comme l'indique la figure 6-1, le percolat dans un système en une seule étape est recirculé directement vers les déchets en digestion plutôt que de passer dans un digesteur de seconde étape. Le biogaz est recueilli directement dans le tunnel qui abrite les matières premières. Le biogaz dans ce système est utilisé en tant que combustible dans une unité de production de chaleur et d'électricité, qui génère de l'électricité en brûlant le gaz par le biais d'un groupe électrogène. La chaleur issue de l'enveloppe d'eau de refroidissement du moteur est utilisée pour chauffer le digesteur plutôt que d'être émise dans l'air.



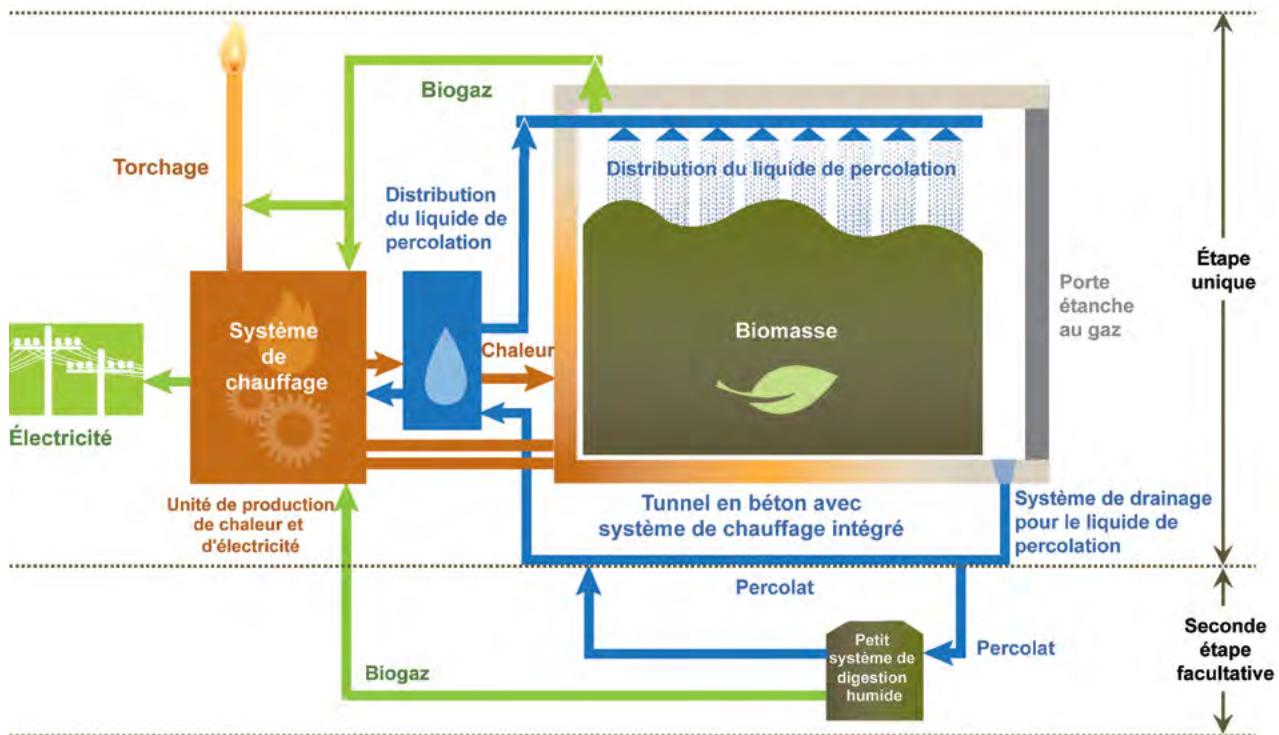


Figure 6-1 : Diagramme d'un système de digestion anaérobio de matières empilables à haute teneur en solides en une seule étape (avec seconde étape facultative)

Ce type de digesteur peut être conçu en tant que système en une seule étape ou en deux étapes. Dans un processus en deux étapes de digestion anaérobio de matières empilables à haute teneur en solides, la première étape se déroule dans le tunnel, qui est exploité pour maintenir le pH à une fourchette comprise entre 5 et 6, en dessous de la plage méthanogène. Les organismes hydrolytiques dégradent les grosses molécules organiques en sucres et acides gras solubles, qui sont ensuite pompées avec le percolat dans le petit digesteur humide de seconde étape avant d'être recirculées dans le tunnel. Dans les systèmes en deux étapes, le biogaz est recueilli principalement à partir du digesteur de deuxième étape.

Les systèmes de digestion anaérobio à haute teneur en solides dotés de tunnels en béton peuvent gérer des flux de déchets issus des matières organiques séparées à la source d'environ 10 000 tonnes par an et plus. Une installation typique comprend des tunnels en béton ainsi que des réservoirs de stockage des liquides, des installations de réception et de traitement, des routes d'accès, des aires destinées au personnel et à l'administration et peut également inclure une aire de compostage du digestat.

Les systèmes de digestion anaérobio modulaires à haute teneur en solides pour les déchets empilables, y compris les tunnels bâtis à partir de matériaux autres que le béton, sont moins coûteux et peuvent être efficaces à des capacités de 10 000 tonnes par an de déchets entrants et même moins, en fonction des caractéristiques du projet.

Digesteur de matières empilables à haute teneur en solides

- Tous sont des systèmes en discontinu
- Temps de rétention typiques :
 - Thermophile : 14 jours
 - Mésophile : de 14 à 30 jours
- Systèmes en deux étapes :
 - La seconde étape se déroule plus rapidement que la première en raison de la dégradation des molécules organiques au cours de la première étape.
 - La première étape établit la durée de traitement pour chaque lot.
 - Les capacités varient de 10 000 à 100 000 de tonnes de matières organiques séparées à la source par an.

Le processus de digestion anaérobie de matières empilables à haute teneur en solides convient particulièrement aux résidus alimentaires du secteur commercial et résidentiel provenant des matières organiques séparées à la source. Si les matières arrivent dans des sacs, elles doivent être désensachées et plusieurs techniques ont été élaborées à cette fin. Des couteaux de désensachage peuvent être placés dans un trommel cribleur rotatif, qui sépare également les matières trop grosses pour être digérées. Les tailles maximales des matières organiques devraient être comprises entre 13 et 20 cm. Une réduction radicale de la taille devrait être évitée, car elle peut créer une boue liquide.

Percolation uniforme dans les systèmes de matières empilables à haute teneur en solides

Un mélange suffisamment imperméable pour permettre une percolation uniforme nécessite des quantités relativement égales de résidus alimentaires et de résidus verts par masse.

Le tamisage et le mélange sont les principales techniques de prétraitement des matières premières appropriées pour les systèmes de digestion anaérobie à haute teneur en solides. Les résidus alimentaires doivent être mélangés aux matières « structurantes », telles que des résidus verts déchiquetés ou broyés, afin que le mélange soit suffisamment perméable pour permettre une percolation uniforme. Des matières grasses, des huiles et des graisses peuvent être ajoutées en petites quantités pour accroître la production de biogaz.

Le tableau 6-3 fournit un aperçu des systèmes de digestion anaérobie de matières empilables à haute teneur en solides.

Tableau 6-3 : Avantages et inconvénients des systèmes de digestion anaérobie de matières empilables à haute teneur en solides

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Peut traiter des déchets contenant des matières contaminantes (plastique, métaux, roches). Gère les déchets empilables solides avec peu de prétraitement. Produit des effluents négligeables. Efficacité énergétique plus importante par rapport à d'autres systèmes de digestion anaérobie. Peut ne pas nécessiter d'ajout d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiert un mélange avec des résidus verts déchiquetés ou d'autres matières structurantes. Doit fonctionner en tant que système en continu, ce qui nécessite de vider et d'ouvrir le digesteur entre les lots. Potentiel d'odeur lorsque la porte est ouverte.

6.4 Systèmes de digestion de boue liquide à haute teneur en solides

Ce type de digesteur convient à une plus grande variété de matières que la digestion de matières empilables à haute teneur en solides. Il peut gérer de grands volumes de matières humides, de nombreux types de déchets issus de la transformation des aliments ainsi que des résidus alimentaires des secteurs résidentiel et commercial. Certaines conceptions intègrent des méthodes au sein du réservoir de digestion permettant de retirer les gros morceaux de plastique et de métaux qui coulent ou flottent. La qualité de la matière première peut exiger un équipement complexe de prétraitement et de transport, notamment une réduction de la taille, un mélange ou un pompage de la boue liquide afin de gérer la matière première.

Les aires de réception et de séparation ou de tri des matières premières doivent être fermées dans un bâtiment équipé de systèmes de contrôle de la qualité de l'air et des odeurs. Le niveau de séparation et de nettoyage des matières premières dépend des processus et des exigences de gestion des produits en aval,



mais elle doit être réduite en une boue liquide pompage en réduisant la taille et en ajoutant de l'eau (teneur en eau de 60 % ou plus).

Après avoir désensaché la matière, elle est généralement placée dans une machine pour réduire sa taille. Une réduction de la taille à 5 cm ou moins est généralement considérée comme étant nécessaire pour ce type de digesteur afin de pouvoir pomper la matière. De nombreux systèmes préconçus comportent un équipement spécifique de réduction de la taille recommandé pour le digesteur particulier.

Les digesteurs de boue liquide à haute teneur en solides sont généralement exploités avec une teneur en eau de 60 à 80 % en poids. Bien que l'équipement d'alimentation et de transport des solides soit généralement plus cher que celui utilisé dans les systèmes humides (basse teneur en solides), les systèmes de digestion de boue liquide à haute teneur en solides sont plus robustes et plus permis aux matières non biodégradables dans le digesteur, telles que les roches, le verre, les métaux et le plastique (CIWMB, 2008).

Ce type de digesteur peut être en alimentation discontinue ou continue. Les digesteurs en mode discontinue sont conçus pour être relativement simples, mais parce que ces systèmes n'ont pas d'alimentation continue, la production de gaz s'élève fortement à un certain moment et diminue au fur et à mesure que la digestion progresse. Les processus en discontinue en une seule étape sont généralement utilisés dans de très petites applications (moins de 5 000 tonnes par jour) où la récupération de l'énergie n'est pas l'objectif premier. Les digesteurs en alimentation continue conviennent habituellement mieux aux systèmes de digestion anaérobio plus grands qui visent une récupération de l'énergie.

En raison de la haute teneur en solides, les matières dans les réacteurs de boue liquide à haute teneur en solides se déplacent selon un débit régulier sans utiliser de mélangeurs mécaniques. L'injection de biogaz est parfois utilisée pour aider à mélanger les contenus du réacteur (Lunning *et al.*, 2003). Toutefois, l'injection de biogaz ne permet pas un mélange complet, ce qui réduit le contact idéal entre les microorganismes et le substrat, diminuant alors le rendement général du système. Les systèmes de digestion de boue liquide à haute teneur en solides en alimentation continue sont normalement conçus avec un cycle d'ajout d'inoculum qui recycle une fraction du digestat depuis l'extrémité du digesteur à débit régulier jusqu'à l'extrémité avant afin de répartir les microorganismes rapidement dans les déchets bruts entrants.

La plupart des digesteurs de boue liquide à haute teneur en solides sont conçus pour fonctionner dans la plage thermophile. Consultez la figure 6-2 pour une représentation schématique d'un digesteur typique de boue liquide à haute teneur en solides.

Au sein de cette catégorie, les systèmes de digestion de boue liquide de type silo vertical utilisent efficacement l'empreinte au sol disponible, mais ils peuvent être limités par les ordonnances locales en matière de hauteur. Les aires de réception et de séparation ou de tri des matières premières injectées

Types de digesteur de boue liquide à haute teneur en solides

- Silo vertical (petite empreinte au sol)
- Horizontal
- Systèmes principalement thermophiles
- Systèmes en une ou deux étapes ou plus

Digesteurs de boue liquide à haute teneur en solides

- En alimentation discontinue ou continue
- Capacités de 3 000 à 250 000 tonnes de matières organiques séparées à la source par an
- Temps de rétention : de 14 à 30 jours
- Thermophile et mésophile
- Presque toujours en une seule étape



doivent être fermées dans un bâtiment équipé de systèmes de contrôle de la qualité de l'air et des odeurs. Le système est continuellement alimenté avec une production et une récupération continues des biogaz. Le biogaz produit est acheminé afin d'être stocké; il est ensuite transmis au système de gestion du biogaz.

Les systèmes de digestion de boue liquide de type réacteur horizontal sont également alimentés en continu. En règle générale, le digesteur horizontal est un cylindre avec des pales ou des rotors qui déplacent la matière en digestion dans le système. Le biogaz produit est acheminé afin d'être stocké avant d'être transmis au système d'utilisation du biogaz. Il est important de noter que ces processus comportent généralement un cycle d'ajout d'innoculum aux fins de recirculation d'une partie de la matière digérée.

Les capacités de traitement pour les digesteurs de boue liquide à haute teneur en solides opérationnels varient de 3 000 à plus de 250 000 tonnes par an. L'empreinte au sol typique pour une grande installation de matières organiques séparées à la source comporte des installations de réception et de prétraitement, des digesteurs, une installation de déshydratation, des routes d'accès et des installations destinées au personnel et à l'administration; elle peut également inclure une aire de compostage afin de pouvoir traiter davantage le digestat. Des digesteurs en silo vertical peuvent être utilisés pour réduire l'empreinte au sol de l'installation (par rapport aux digesteurs horizontaux).

Les temps de rétention typiques sont de 14 à 30 jours dans le digesteur (CIWMB, 2008). La durée supplémentaire de traitement et de compostage du digestat varie fortement en fonction du système particulier utilisé, des matières premières et des produits finaux. Très peu de systèmes de digestion de boue liquide à haute teneur en solides sont configurés comme étant des systèmes en deux étapes.

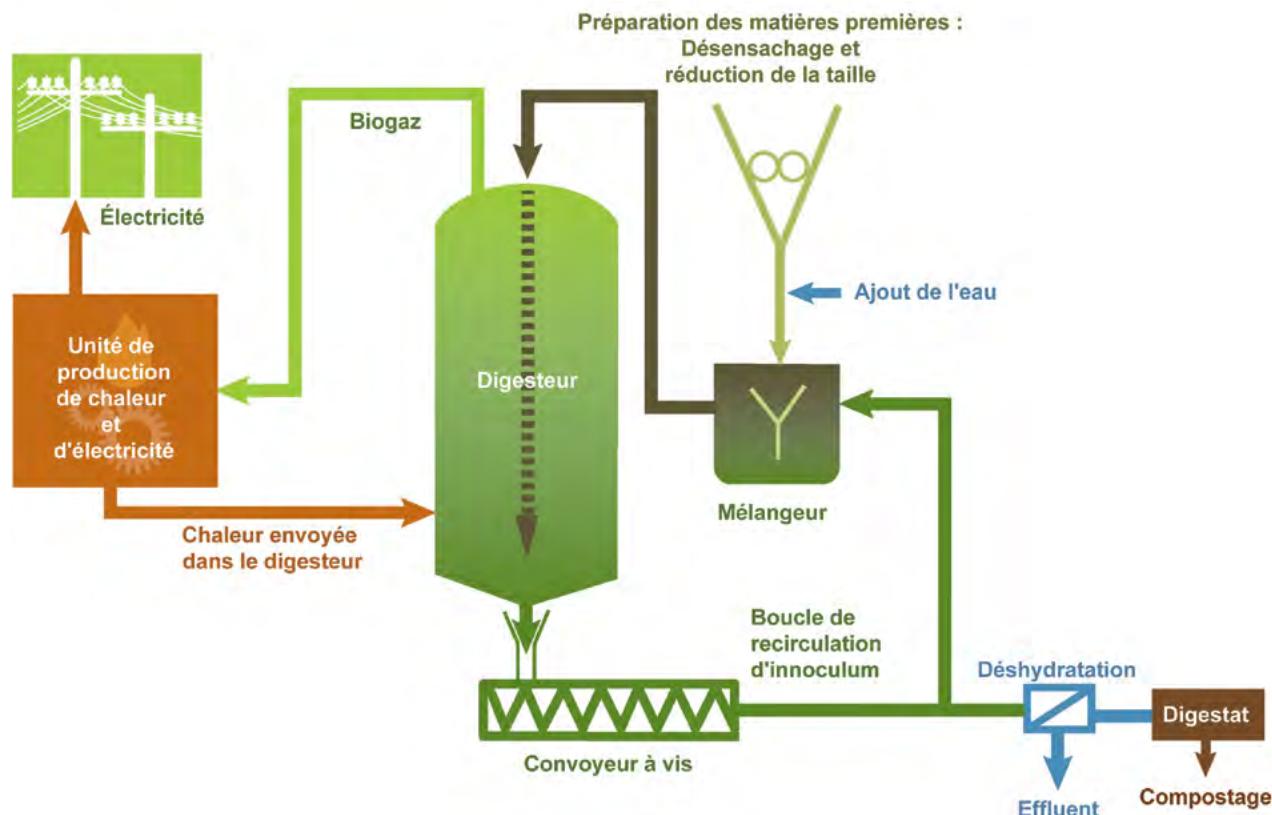


Figure 6-2 : Écoulement du procédé de digestion anaérobio de boue liquide à haute teneur en solides en une seule étape et en silo vertical (Adapté avec permission : *Organic Waste Systems Inc.*)

Le tableau 6-4 fournit un aperçu des systèmes de digestion anaérobiose de boue liquide à haute teneur en solides.

Tableau 6-4 : Avantages et inconvénients des systèmes de digestion anaérobiose de boue liquide à haute teneur en solides

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Peut traiter des déchets contenant des contaminants (p. ex., plastique, métaux, roches). Gère des déchets qui sont à l'état de liquide ou de boue liquide à leur arrivée. Produit moins d'effluents que les systèmes de digestion humide (basse teneur en solides). Plus éconergétique que les systèmes de digestion humide (basse teneur en solides). Système entièrement fermé (niveau élevé de contrôle des odeurs). 	<ul style="list-style-type: none"> En général, la boue liquide n'est pas complètement mélangée, la digestion peut donc ne pas être uniforme si cette boue n'est pas soigneusement gérée. Produit plus d'effluents que les systèmes de digestion de matières empilables à haute teneur en solides. Moins éconergétique que les systèmes de digestion de matières empilables à haute teneur en solides. Peut nécessiter un ajout d'eau pour pouvoir pomper les matières premières.

6.5 Systèmes de digestion humide (basse teneur en solides)

Dans les systèmes de gestion humide (basse teneur en solides), les matières solides organiques sont diluées à une teneur en eau de 80 % ou plus pour permettre une agitation continue et un mélange complet. Les conceptions de ces systèmes sont semblables aux digesteurs de biosolides des usines de traitement des eaux usées et représentaient quelques-unes des premières conceptions utilisées dans le traitement des matières organiques des déchets solides municipaux. Les systèmes de digestion humide (basse teneur en solides) reposent davantage sur un prétraitement par rapport à ses homologues à haute teneur en solides et exigent diverses étapes, selon de la matière première. Les systèmes humides (basse teneur en solides) peuvent également être exploités à des températures mésophiles ou thermophiles et peuvent être réglés en tant que digesteurs en une seule, deux ou plusieurs étapes.

Les capacités de traitement pour les digesteurs humides (basse teneur en solides) opérationnels varient de 3 000 à plus de 250 000 tonnes par an. Une installation typique de digestion anaérobiose humide est semblable à une installation de digestion de boue liquide à haute teneur en solides, car elle comporte des installations de réception et de prétraitement, des digesteurs, une installation de déshydratation, des routes d'accès et des installations destinées au personnel et à l'administration; elle peut également inclure une aire de compostage afin de pouvoir traiter davantage le digestat.

Digesteurs humides (basse teneur en solides)

- Alimentation continue
- Capacités de 3 000 à 250 000 tonnes de matières organiques séparées à la source par an
- Temps de rétention : de 14 à 40 jours
- Thermophile et mésophile
- Presque toujours en une seule étape (lorsqu'il est utilisé pour les matières organiques séparées à la source)

L'empreinte au sol pour une grande installation (entre 150 000 et 200 000 tonnes par an) est d'environ quatre hectares, incluant les installations de traitement, les routes d'accès et les installations destinées à l'administration.

Les systèmes de digestion anaérobiose humide (basse teneur en solides) sont plus appropriés aux matières premières ayant une très basse teneur en solides, comme le fumier de vache laitière et certaines matières provenant de la transformation alimentaire (p. ex., jus, lactosérum du fromage et lait périmé). Ces matières



peuvent être mélangées à des matières à basse teneur en solides et à haute teneur en solides tant que la teneur en eau ne chute pas en dessous de la teneur exigée pour permettre une bonne exploitation (de 80 à 85 % en général).

Les matières premières pour les systèmes à agitation continue doivent généralement être traitées pour éliminer les grandes matières fibreuses qui peuvent s'envelopper autour des mécanismes de mélange et d'agitation ou interférer avec ces derniers.

Les temps de rétention typiques sont de 14 à 40 jours. Le tableau 6-5 fournit un aperçu des systèmes de digestion anaérobiose humide (basse teneur en solides).

Tableau 6-5 : Avantages et inconvénients des systèmes de digestion anaérobiose humide (basse teneur en solides)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Gère des déchets qui sont à l'état liquide ou de boue liquide à leur arrivée. Système entièrement fermé (niveau élevé de contrôle des odeurs). 	<ul style="list-style-type: none"> Ne peut habituellement pas gérer des déchets contenant des matières contaminantes (p. ex., plastique, métaux, roches). Requiert un prétraitement efficace et une attention opérationnelle pour éviter de dépasser la capacité ou de perturber la digestion des biosolides. Produit plus d'effluents que les deux autres types de digesteurs. Requiert une consommation d'énergie plus importante que les digesteurs à haute teneur en solides.

La configuration la plus courante des digesteurs humides (basse teneur en solides) utilisés pour traiter les résidus alimentaires est la configuration du réacteur agité en continu permettant un mélange complet, comme l'indique la figure 6-3.

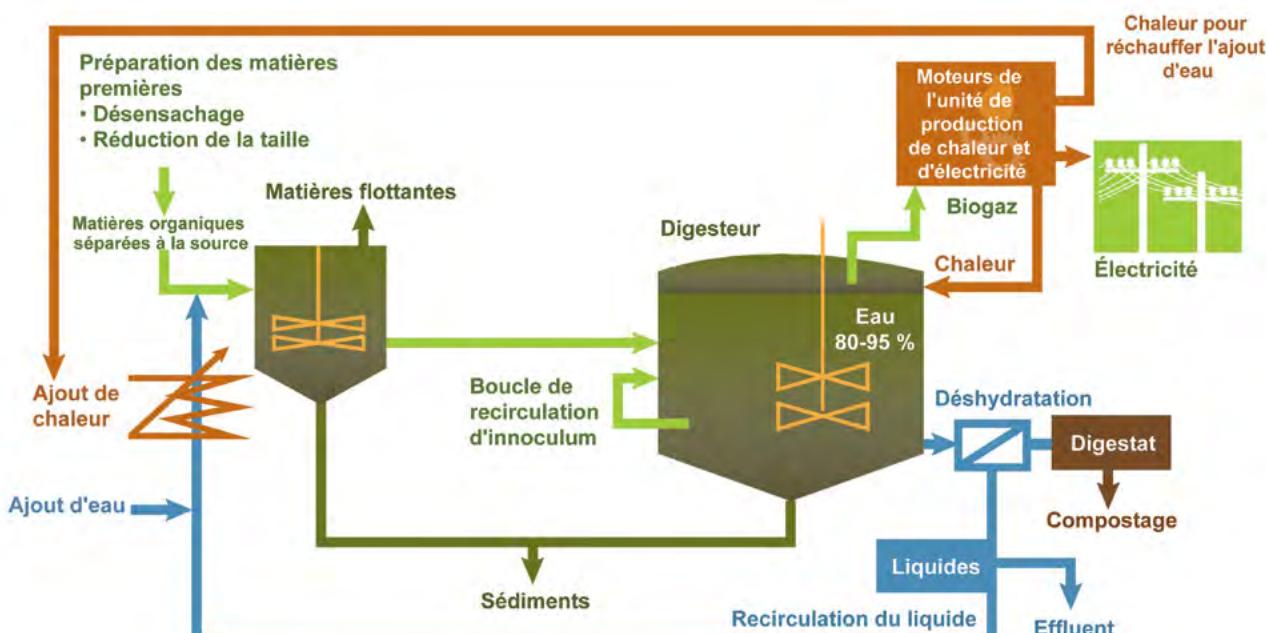


Figure 6-3 : Écoulement typique du procédé de digestion anaérobiose humide (basse teneur en solides) avec réacteur à cuve agitée en continu permettant un mélange complet (Adapté avec permission : *Waste Science & Technology*)



6.6 Codigestion dans les digesteurs de biosolides des usines de traitement des eaux usées

La codigestion des résidus alimentaires dans les digesteurs de boues dans les usines de traitement des eaux usées peut être une option intéressante lorsque la capacité existe dans ces usines. Les principales modifications apportées aux usines de traitement des eaux usées ne sont généralement pas nécessaires, à l'exception de l'ajout d'un équipement de réception, de prétraitement et d'alimentation pour les résidus alimentaires.

La capacité excédentaire dans les installations de digestion des biosolides est une condition préalable dans le cadre de la codigestion dans les usines de traitement des eaux usées. La teneur en matières solides totales de l'apport, le ratio carbone-azote et les conditions d'exploitation devraient être clairement déterminés pour estimer quelle quantité de matières premières peut être ajoutée au digesteur et pour éviter de perturber le processus. Sans la capacité excédentaire, il peut y avoir un manque de facteurs suffisants pour la codigestion.

La codigestion aux usines de traitement des eaux usées nécessite que les exploitants des usines de traitement des eaux usées soient formés pour gérer l'équipement de prétraitement des matières organiques séparées à la source. Les objectifs du prétraitement sont les suivants :

- Séparer les impuretés et les matières inorganiques indésirables (p. ex., impuretés, sable et verre) qui ne contribuent pas à la production de biogaz
- Fournir des matières premières plus uniformes et homogènes aux digesteurs
- Ajuster la teneur en matières solides totales de l'apport
- Protéger les processus en aval des dommages

Les matières délivrées doivent être triées pour retirer les gros objets dangereux, déchiquetées ou broyées pour réduire leur taille, puis transportées vers le digesteur existant. La figure 6-4 présente un schéma de prétraitement typique.

Problèmes avec la codigestion des matières organiques séparées à la source avec des biosolides des usines de traitement des eaux usées

- Prétraitement strict requis
- Des substances toxiques peuvent perturber l'exploitation normale.
- Les résidus alimentaires peuvent former une croûte qui résiste à la digestion.
- La capacité excédentaire peut diminuer avec le temps en raison de l'augmentation des eaux usées acceptées.

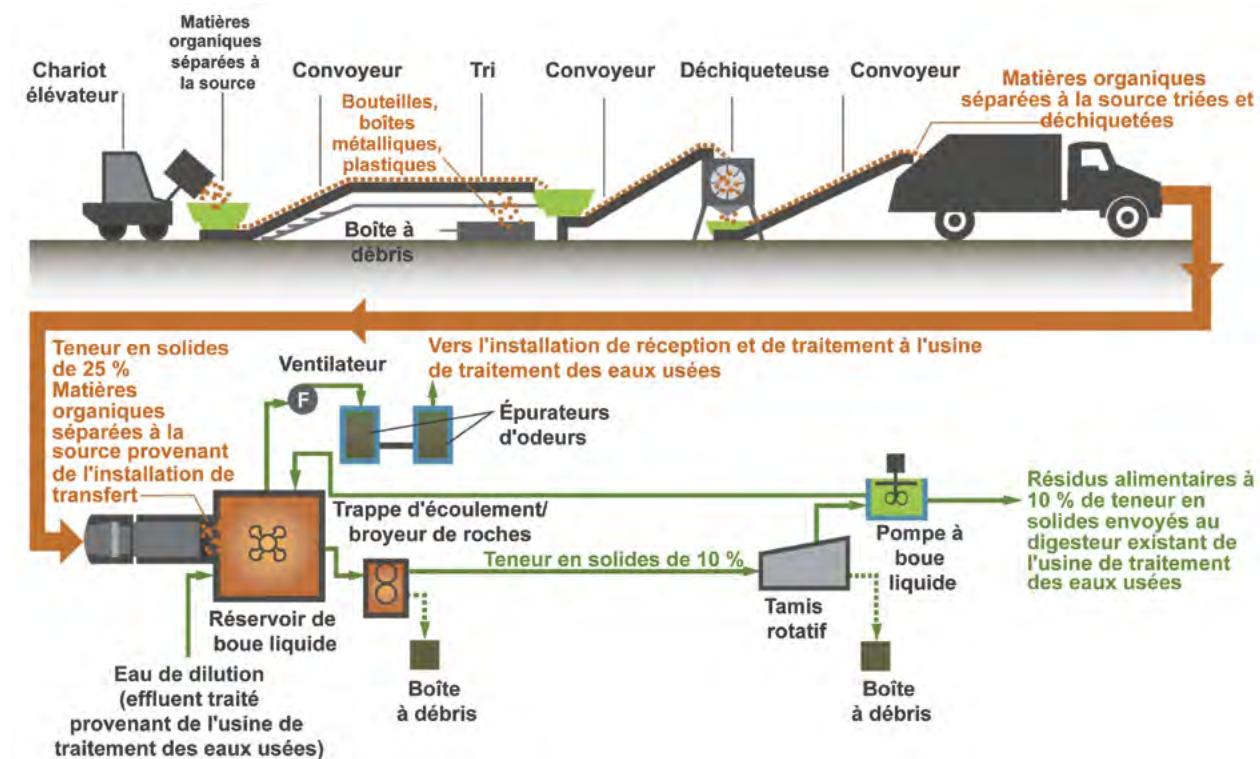


Figure 6-4 : Schéma de prétraitement des résidus alimentaires envoyés aux digesteurs de l'usine de traitement des eaux usées
(Adapté avec l'autorisation de Kennedy/Jenks Consultants)

7. Options de conversion et d'utilisation du biogaz



Comme nous l'avons indiqué au chapitre 4, les principaux composants du biogaz produit par les systèmes de digestion anaérobie sont le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4). Le biogaz produit à partir des matières premières des déchets solides municipaux peut également contenir du sulfure d'hydrogène (H_2S) et d'autres composés sulfurés, des composés organiques chlorés et des composés organiques volatils. On trouve couramment des siloxanes dans le biogaz provenant des systèmes de collecte des gaz d'enfouissement et de la digestion des biosolides des eaux usées. Toutefois, peu de données publiées sont disponibles sur les siloxanes dans la digestion des déchets solides municipaux, en particulier sur ceux qui proviennent des déchets issus des matières organiques séparées à la source.

Du point de vue de la conversion et de l'utilisation, la teneur en méthane du biogaz est ce qui détermine le potentiel d'énergie et de réutilisation. Le méthane fournit environ 37 200 kilojoules par mètre cube (kJ/m^3) (1 000 unités thermiques britanniques par pied cube [BTU/pi^3]). Par conséquent, la valeur énergétique du biogaz produit par les systèmes de digestion anaérobie varie entre 22 300 kJ/m^3 (à une teneur en méthane de 60 %) et 26 000 kJ/m^3 (à une teneur en méthane de 70 %) (600 et 700 BTU/pi^3 respectivement). Comme le présente le chapitre 4, une tonne de matières organiques séparées à la source produit en général entre 100 et 150 mètres cubes (m^3) de biogaz.

Les options d'utilisation du biogaz peuvent être réparties en trois catégories principales, en fonction du niveau de traitement et de valorisation du biogaz requis. Ces catégories d'utilisation sont résumées dans le tableau 7-1 et sont expliquées plus en détail dans les sections suivantes :

- Section 7.1 : Utilisations avec combustible inférieur
- Section 7.2 : Utilisations avec combustible moyen
- Section 7.3 : Utilisations avec combustible supérieur
- Section 7.4 : Sécurité en matière de biogaz



Tableau 7-1 : Résumé des options d'utilisation du biogaz

	Trois catégories principales		
	Combustible inférieur	Combustible moyen	Combustible supérieur
• Étendue des utilisations	<ul style="list-style-type: none"> • Source de chaleur pour le processus de digestion anaérobio • Chauffage de l'eau de traitement • Chauffage de l'espace • Carburants de chaudières et de chauffage • Allumage des fours à briques et des fours à ciment 	<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage du digesteur • Chauffage des bâtiments situés à l'installation de digestion anaérobio ou à proximité de cette dernière • Chauffage centralisé • Eau chaude pour d'autres procédés industriels à proximité • Préchauffage de l'eau des chaudières ou de l'eau de nettoyage à la vapeur • Production de chaleur et d'électricité 	<ul style="list-style-type: none"> • Injection dans le système de distribution du gaz naturel • Carburant pour les véhicules • Gaz naturel comprimé ou gaz naturel liquéfié
Équipement typique d'utilisation	Chaudière à gaz	Groupe électrogène avec récupération de chaleur	Station de compression et de remplissage de gaz naturel comprimé

Un traitement progressivement plus élaboré du biogaz est requis pour passer d'une utilisation avec combustible inférieur à une utilisation avec combustible supérieur. La figure 7-1 présente le degré typique de traitement pour chaque niveau d'utilisation et les différentes technologies de traitement qui ont été utilisées avec succès. Les exigences de traitement sont cumulatives au fur et à mesure que le niveau d'utilisation des biogaz augmente. Par conséquent, les utilisations de haut niveau requièrent tous les niveaux de traitement énumérés et les utilisations de niveau modéré nécessitent une élimination des gaz traces, des particules et de l'eau.

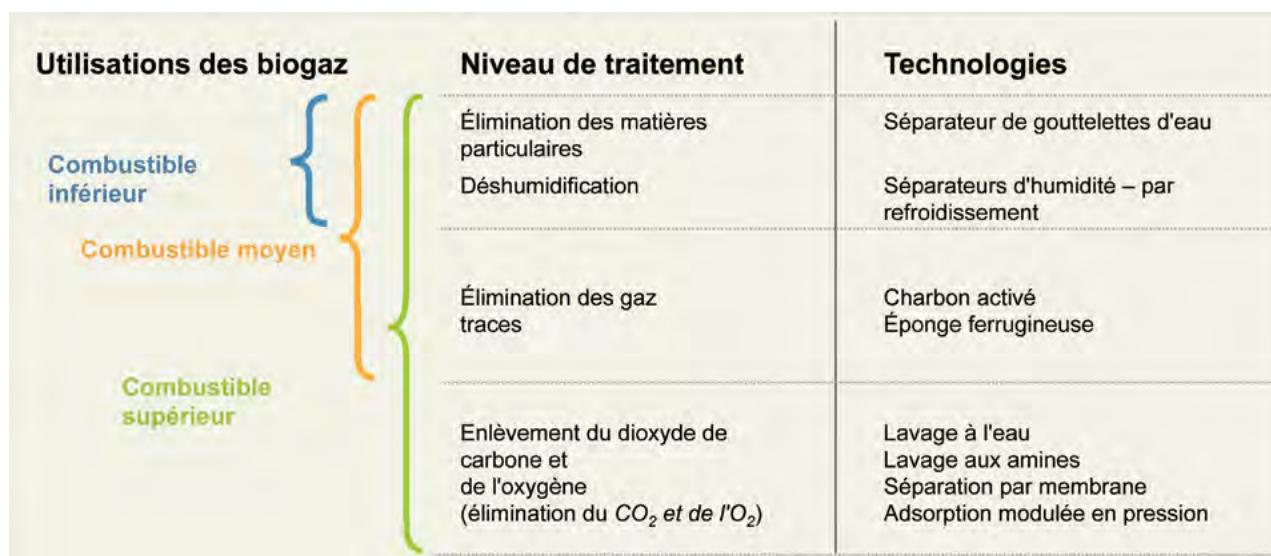


Figure 7-1 : Résumé du traitement du biogaz et des technologies

La figure 7-2 propose une représentation schématique de traitement typique du biogaz. La figure indique les points dans la représentation schématique où les biogaz inférieur, moyen et supérieur peuvent être recueillis aux fins d'utilisation (ainsi que le reste du niveau de traitement retiré à partir de ce point-là).

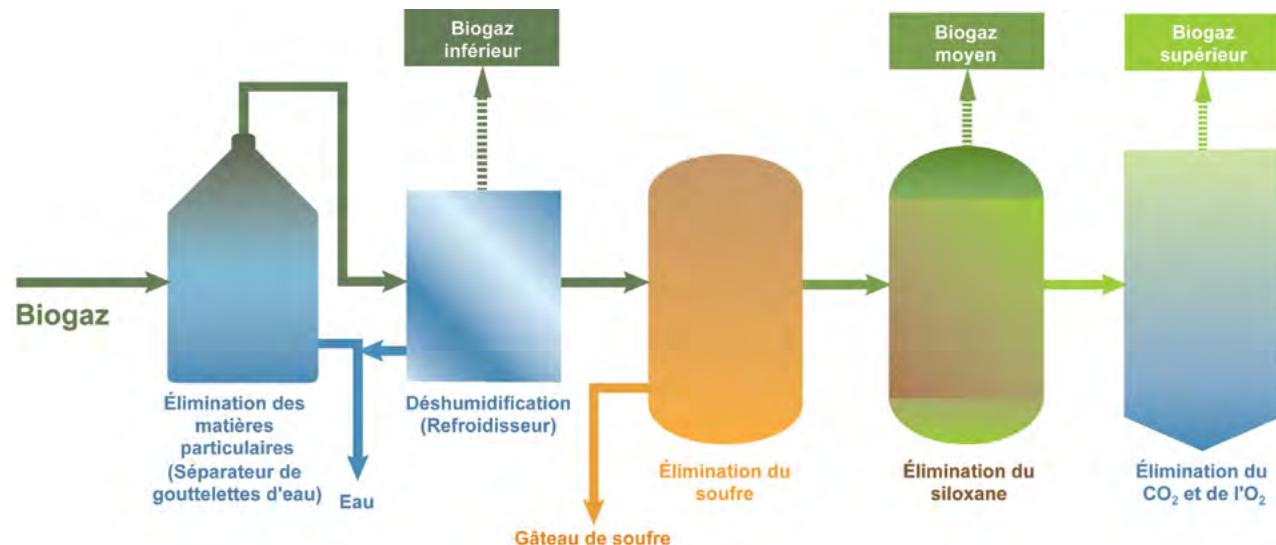


Figure 7-2 : Séquence typique de traitement du biogaz

7.1 Utilisations avec combustible inférieur

Le biogaz peut être mélangé à du gaz naturel ou utilisé seul en tant que substitut direct au gaz naturel dans les procédés industriels, pour chauffer l'eau ou les bâtiments. Habituellement, l'élimination des matières particulières et la diminution de la teneur en eau des biogaz sont les seules étapes de traitement requises avant l'utilisation. Puisque le biogaz ne contient que 60 à 70 % du pouvoir calorifique du gaz naturel, les brûleurs à gaz doivent généralement être modifiés pour pouvoir gérer des taux de débit plus élevés nécessaires pour parvenir à la même quantité de chauffage. Les cheminées et les systèmes de distribution de la chaleur peuvent également nécessiter une modification pour gérer des volumes plus importants de gaz d'échappement.

Le biogaz est aussi couramment réutilisé au sein de l'installation de digestion anaérobique elle-même pour chauffer les matières dans les digesteurs et pour maintenir la plage de températures optimales. On y parvient généralement en utilisant des échangeurs de chaleur. Dans les digesteurs humides (basse teneur en solides), le liquide dans le digesteur peut être chauffé lorsqu'il est recirculé, tandis que dans les digesteurs à haute teneur en solides, le percolat de recirculation est habituellement chauffé. Entre 10 et 20 % du biogaz issu des digesteurs mésophiles et entre 20 et 40 % du biogaz provenant des digesteurs thermophiles peuvent être consommés de cette manière.

7.1.1 *Exigences de traitement du biogaz pour les utilisations avec combustible inférieur*

Le biogaz est généralement saturé à 100 % avec de l'eau et doit être déshydraté avant de pouvoir être utilisé dans une quelconque application. Les différentes applications requièrent des degrés d'élimination de l'eau, à laquelle on parvient en refroidissant le gaz au point de rosée qui correspond à la teneur en eau maximale permise pour l'application. Une fois que le biogaz est séché, il peut être géré presque de la même manière que le gaz naturel.

Le biogaz provenant des matières organiques séparées à la source, et en particulier des résidus alimentaires, peut contenir du soufre à des concentrations pouvant aller jusqu'à plusieurs milliers de parties par million (ppm), ce qui peut être trop élevé pour certaines utilisations; une élimination du soufre peut donc être nécessaire. Les méthodes couramment utilisées pour éliminer le soufre du biogaz sont abordées dans la section 7.2.1.

Dans le cas de certaines applications d'utilisation directe, le gaz doit être pressurisé et acheminé dans des tuyaux désignés ou dans un autre équipement à l'utilisateur final. En règle générale, le biogaz peut être acheminé aux utilisateurs finaux jusqu'à une distance de dix kilomètres (km). Les exigences en matière de pression approximative de l'équipement qui brûle le gaz devraient être déterminées au cours de l'étape de planification, car ces exigences peuvent avoir une incidence considérable sur les coûts. Divers types de compresseurs s'appliquent à différentes fourchettes de pressions et de débits du gaz. De même, des modifications apportées aux brûleurs pour les chaudières existantes et d'autres équipements utilisant le gaz naturel peuvent varier sur le plan des exigences en matière de sophistication, de prix et d'installation.

En résumé, les variables les plus importantes pour planifier les projets qui brûleront directement le biogaz inférieur sont les suivantes :

- La pression requise par l'équipement d'utilisation (p. ex., chaudière, brûleur et four);
- La distance du digesteur au point d'utilisation;
- Le brûleur requiert ou ne requiert pas une élimination du soufre.

Ces variables déterminent en grande partie les coûts du projet et peuvent considérablement varier d'un projet à l'autre; elles doivent être estimées séparément pour chaque projet.

7.2 Utilisations avec combustible moyen

La digestion anaérobiose des matières organiques provenant du flux de déchets solides municipaux est bien plus courante et a des antécédents plus importants en Europe qu'en Amérique du Nord. Il s'agit d'une tendance intéressante en Europe qui consiste à utiliser les biogaz dans la plupart des projets de digestion anaérobiose pour produire de l'électricité, qui est ensuite vendue au réseau électrique local dans le cadre de programmes de tarifs de rachat.

Les usines de digestion anaérobiose utilisent des groupes électrogènes standards alimentés au gaz pour produire de l'électricité. Par conséquent, les fabricants ont acquis de l'expérience concernant le



dimensionnement et la modification de leur équipement pour fonctionner au biogaz provenant de digesteurs. Les fabricants sont également souvent capables d'estimer les émissions de leurs moteurs d'après des analyses réelles du biogaz à utiliser en tant que combustible, ou d'après ses concentrations constituantes estimées.

Les groupes électrogènes standards alimentés au gaz sont devenus bien plus efficaces pour la conversion de l'énergie chimique dans le méthane en électricité. Les fabricants indiquent généralement un rendement de conversion électrique de 35 à 45 % (ou plus) pour des unités comprises dans la fourchette de 300 kilowatts (kW) et plus.

Les groupes électrogènes à microturbine ont été utilisés avec succès pour de plus petits projets avec le gaz d'enfouissement et la conversion du biogaz en énergie. L'échelle de ces systèmes les rend appropriés et plus économiques pour des projets situés dans la fourchette de 60 à 300 kW. Toutefois, le rendement de conversion de la technologie à microturbine actuellement disponible est compris entre 25 et 35 %, ce qui est moins efficace que les groupes électrogènes plus grands.

Le tableau 7-2 indique la production d'électricité prévue à partir du biogaz produit par les matières organiques séparées à la source.

Tableau 7-2 : Production d'électricité à partir des matières organiques séparées à la source

	Matières organiques séparées à la source (tonne par an)	Fourchette d'efficacité électrique (%)	Fourchette d'efficacité en matière de récupération de l'électricité et de la chaleur (%)	Fourchette typique du projet (kW)	Production d'électricité (watts par tonne de matières organiques séparées à la source par an)
Moteurs	Plus de 6 000	De 35 à 45	De 60 à 90	Plus de 300	53
Microturbines	De 1 200 à 6 000	De 25 à 35	De 35 à 72	De 60 à 300	40

L'utilisation de moteurs et de microturbines alimentés au gaz pour produire de l'électricité génère de la chaleur. Par conséquent, les moteurs et les microturbines sont souvent entourés par des enveloppes d'eau de refroidissement. Comme pour un moteur de voiture, des pompes sont utilisées pour transférer la chaleur de l'unité du moteur ou de la microturbine vers les radiateurs. Cette chaleur peut également être recueillie et utilisée, ce qui augmente l'efficacité générale du projet. Dans un système de récupération de la production de chaleur et d'électricité, l'eau de refroidissement devenue chaude est dirigée dans un secteur où la chaleur peut être utilisée.



Photo 7-1 : Système compact de production de chaleur et d'électricité © CH2M HILL

Chaleur du digesteur nécessaire provenant des systèmes de production de chaleur et d'électricité

- Digesteurs mésophiles : de 10 % à 20 % du biogaz produit
- Digesteurs thermophiles : de 20 à 40 % du biogaz produit

Lorsque les systèmes de production de chaleur et d'électricité sont utilisés, une partie de cette chaleur est généralement utilisée pour chauffer le digesteur. En général, le digesteur requiert uniquement une partie de la chaleur disponible à cette fin. Dans le cas des digesteurs mésophiles, cela peut être de l'ordre de 10 à 20 % du biogaz produit, selon la configuration du système, la taille et le climat local. Pour les digesteurs thermophiles, une fourchette de 20 à 40 % du biogaz produit est suggérée (Kocar et Eryasar, 2007).

La température de l'eau de refroidissement d'un système de production de chaleur et d'électricité est généralement de 90 à 115 °C et cette eau peut être utilisée pour ce qui suit :

- Chauffage du digesteur
- Chauffage des bâtiments situés à l'installation de digestion anaérobiose ou à proximité de cette dernière
- Chauffage centralisé
- Eau chaude pour d'autres procédés industriels à proximité
- Préchauffage de l'eau des chaudières ou de l'eau de nettoyage à la vapeur

La quantité d'énergie totale qui peut être récupérée à l'aide de la chaleur provenant des systèmes de refroidissement de l'eau est deux fois supérieure à celle atteinte par la production d'électricité seule.

7.2.1 *Exigences de traitement du biogaz pour les utilisations avec combustible moyen*

Pour une utilisation dans les moteurs et les turbines visant à produire de l'électricité, le biogaz doit généralement être traité pour éliminer les matières particulières et l'eau et pour réduire les hauts niveaux de soufre qui peuvent être présents. Comme il a été indiqué précédemment, l'élimination des matières particulières est possible grâce à des séparateurs de gouttelettes d'eau; par ailleurs, le retrait de l'eau se fait en refroidissant le gaz au point de rosée qui dépend de l'équipement de traitement du gaz précis utilisé. Un raffinage plus important du biogaz peut se faire par l'intermédiaire de diverses méthodes, comme le décrivent les sous-sections suivantes.

Sulfure d'hydrogène

Les moteurs à combustion interne alimentés au gaz peuvent, en général, tolérer des concentrations de sulfure d'hydrogène de 1 000 ppm et plus (Heguy et Bogner, 2011). Cependant, des fabricants de moteurs et de microturbines établissent et mettent à jour régulièrement des recommandations de prétraitement pour leurs produits; des niveaux plus élevés de traitement peuvent donc être requis. Les planificateurs de projet devraient consulter les niveaux actuels publiés des fabricants de moteurs et de turbines pour connaître les concentrations de H₂S permises. Dans un moteur, le sulfure d'hydrogène peut être transformé en acides pouvant entraîner une corrosion du moteur. Le facteur limitant pour les composés sulfurés dans les combustibles peut également être régi par la concentration de soufre autorisée dans les émissions d'échappement des moteurs ou des microturbines, par le territoire particulier et le bassin atmosphérique où l'équipement est situé. Les règlements locaux sur l'air devraient être consultés pendant la phase de planification du projet.

Concernant le traitement du sulfure d'hydrogène, les méthodes d'élimination les plus couramment utilisées sont les systèmes de « purification » des liquides à base d'amines, les systèmes de « purification »

en milieu solide à base d'oxyde de fer et les systèmes de réduction du fer, comme les « éponges ferrugineuses ». Pour les systèmes de biogaz qui gèrent moins de 25 kilogrammes (kg) par jour de soufre, les systèmes d'épuration des liquides sont généralement utilisés (Graubard *et al.*, 2011). Ce procédé de traitement génère un produit de soufre biodégradable soluble dans l'eau qui peut être traité pour produire un résidu de soufre solide (gâteau).

Siloxanes

Un traitement visant à éliminer les siloxanes peut être requis. La présence de siloxanes dans le biogaz soulève une préoccupation lorsque l'on envisage d'utiliser le biogaz pour exploiter les moteurs à combustion interne et les turbines. Les siloxanes sont des composés de silicium utilisés dans divers produits de consommation qui finissent dans les matières organiques séparées à la source. Lorsqu'ils sont brûlés, ces composés issus des silicates peuvent envelopper des pièces de moteur et créer une friction. Les effets néfastes du dioxyde de silicium (SiO_2) sur les moteurs à combustion interne et les turbines ont obligé les fabricants à imposer des restrictions quant à l'utilisation des carburants contenant des siloxanes, notamment le biogaz, pour assurer une garantie du rendement et de l'équipement. Les planificateurs de projet devraient consulter les niveaux actuels publiés des fabricants de moteurs et de turbines pour connaître les concentrations de siloxanes autorisées. Bien que les moteurs à combustion interne puissent fonctionner à diverses concentrations de siloxanes dans le gaz de combustion, les coûts d'entretien augmentent généralement en même temps que l'augmentation des concentrations de siloxanes (Wheless et Pierce, 2004).

Pour éliminer les siloxanes, la méthode de traitement standard est le charbon activé. En fonction de la concentration de siloxanes dans le biogaz, le coût prévu de l'élimination des siloxanes peut excéder l'entretien accru du moteur provoqué par les dépôts de SiO_2 , qui peuvent être éliminés en effectuant une remise en état du moteur et en éliminant physiquement les dépôts présents sur les pièces internes du moteur durant les intervalles. Il a été démontré que le fait de refroidir le flux de gaz à 4 °C peut éliminer entre un tiers et la moitié des siloxanes présents (Wheless et Pierce, 2004).

Composés chlorés

Les composés chlorés dans le biogaz peuvent être un problème pour les moteurs (p. ex., corrosion provoquée par la formation d'acide chlorhydrique qui attaque les pièces du moteur) s'ils sont présents en concentrations élevées. Toutefois, le biogaz (contrairement au gaz d'enfouissement) ne comporte généralement pas de composés chlorés à des niveaux qui seraient néfastes pour les moteurs ou les microturbines.

7.3 Utilisations avec combustible supérieur

Les biogaz peuvent être purifiés pour créer un carburant supérieur dont le pouvoir calorifique est comparable à celui du gaz naturel. Cela nécessite l'élimination du dioxyde de carbone et de tout oxygène, ainsi que de tout composé trace qui peut être corrosif. Le biogaz traité à ce niveau est appelé biométhane.

Deux utilisations principales du biogaz supérieur

1. Injection dans les pipelines de gaz naturel
2. Utilisation en tant que gaz naturel comprimé ou gaz naturel liquéfié pour les carburants de véhicules



L'Association canadienne du gaz (ACG), qui représente des services de gaz à l'échelle du Canada, a publié un ensemble de lignes directrices visant à valoriser le biogaz afin qu'il soit approprié pour être injecté dans les systèmes de distribution du gaz naturel (ACG, 2012). En fonction de ces lignes directrices, le pouvoir calorifique du gaz doit être élevé à au moins 36 mégajoules par mètre cube normal (MJ/m³) par rapport à la fourchette typique de 22 à 26 MJ/m³ dans le biogaz. Ces critères exigent des producteurs de biogaz qu'ils extraient presque tous les constituants non méthaniques des biogaz afin d'avoir une concentration en méthane d'au moins 96 % (par volume). La concentration en oxygène du biogaz doit également être inférieure à 0,4 % (par volume), puisque l'oxygène peut entraîner la corrosion de certains composants du système de distribution.

Les systèmes de surveillance doivent également être inclus dans tout projet qui comprend l'injection de biogaz dans un système de distribution. En règle générale, le service de distribution du gaz nécessite également que le système d'injection ait des contrôles automatiques pour le fermer si les seuils de qualité requis (p. ex., concentrations de méthane ou d'oxygène) ne sont pas respectés.

La conversion du biogaz en carburant pour véhicule entraîne la création du produit final avec la plus grande valeur en ce qui a trait aux kilojoules; en fonction de cette base, le biogaz peut se mesurer aux carburants liquides raffinés à partir du pétrole. Toutefois, les coûts de valorisation, de pressurisation et d'acheminement du biogaz ainsi que le besoin potentiel de mettre à niveau les moteurs de véhicules et les réservoirs de carburant pour pouvoir utiliser du gaz naturel comprimé ou du gaz naturel liquéfié peuvent surpasser les avantages de la valeur combustible pour un projet donné; par conséquent, ces coûts doivent être soigneusement évalués pendant la planification du projet.

7.3.1 Exigences de traitement du gaz pour les utilisations avec combustible supérieur

Une fois que les matières particulières et l'eau ont été retirées, l'élimination du soufre (tel qu'il est décrit dans la section précédente) est généralement l'étape suivante utilisée pour traiter le gaz afin qu'il réponde aux normes de qualité des pipelines de l'ACG. Cette étape est suivie de l'élimination du dioxyde de carbone et de l'excès d'oxygène. Il existe plusieurs procédés disponibles sur le marché qui peuvent éliminer le dioxyde de carbone et l'oxygène.

Parmi les technologies pouvant être utilisées pour le nettoyage du biogaz aux fins d'utilisation d'un combustible supérieur, les techniques d'adsorption modulée en pression et de lavage à l'eau sont habituellement les plus économiques pour un projet typique (dans la fourchette de 2 000 mn³ par heure ou moins). Cependant, les méthodes de traitement dans ce domaine continuent de s'améliorer et de nouvelles méthodes continuent d'être élaborées. Le choix de la technologie de nettoyage du gaz dépend de la composition et du débit de gaz entrant, des exigences relatives au produit fini du gaz, de la disponibilité des approvisionnements et de l'équipement et des exigences opérationnelles propres au site.

Technologies de traitement typique pour le biogaz supérieur

- Lavage à l'eau
- Lavage aux amines
- Séparation par membrane
- Adsorption modulée en pression

Règle pratique

Le biogaz provenant d'une tonne de matières organiques séparées à la source produit l'équivalent d'environ 60 L de carburant diesel.

Les étapes de traitement et l'équipement de conversion du biogaz en gaz naturel comprimé sont semblables à ceux décrits pour la conversion du biogaz en gaz pour pipeline : les matières particulières, la vapeur d'eau et le soufre sont éliminés en premier, suivis du dioxyde de carbone et d'autres constituants. Cependant, les spécifications relatives au gaz naturel comprimé pour les moteurs typiques à combustion interne sont moins strictes que celles de l'ACG concernant l'injection du gaz dans les pipelines de gaz naturel.

Il est plus coûteux de convertir le biogaz en gaz naturel liquéfié que de le convertir en gaz naturel comprimé. Cependant, l'énergie dans le gaz naturel liquéfié est plus importante que dans le gaz naturel comprimé pour un volume équivalent. On y trouve des avantages, en ce sens qu'une quantité d'énergie plus importante peut être stockée à bord d'un véhicule en volume plus réduit lorsque l'on utilise du gaz naturel liquéfié.

Pour produire du gaz naturel liquéfié, le biogaz est purifié et condensé en liquide en le refroidissant à une température de -162 °C. La production de gaz naturel liquéfié à partir de biogaz se prête à la méthode de traitement cryogénique permettant d'éliminer le dioxyde de carbone, qui, au départ, réfrigère le gaz tout en le purifiant.

7.4 Sécurité en matière de biogaz

Le biogaz est un gaz inflammable et asphyxiant. Le méthane, qui constitue généralement 60 à 70 % du biogaz, est explosif à des concentrations comprises entre 5 et 15 % par volume dans l'air, comme l'illustre la figure 7-3.

En raison de ces dangers, l'équipement et les installations de digestion anaérobiose devraient être équipés de détecteurs de gaz explosifs fixes permettant une surveillance en continu. Le personnel exploitant les digesteurs devrait être formé relativement aux dangers potentiels que représente le biogaz et relativement à la surveillance personnelle et aux pratiques de sécurité.

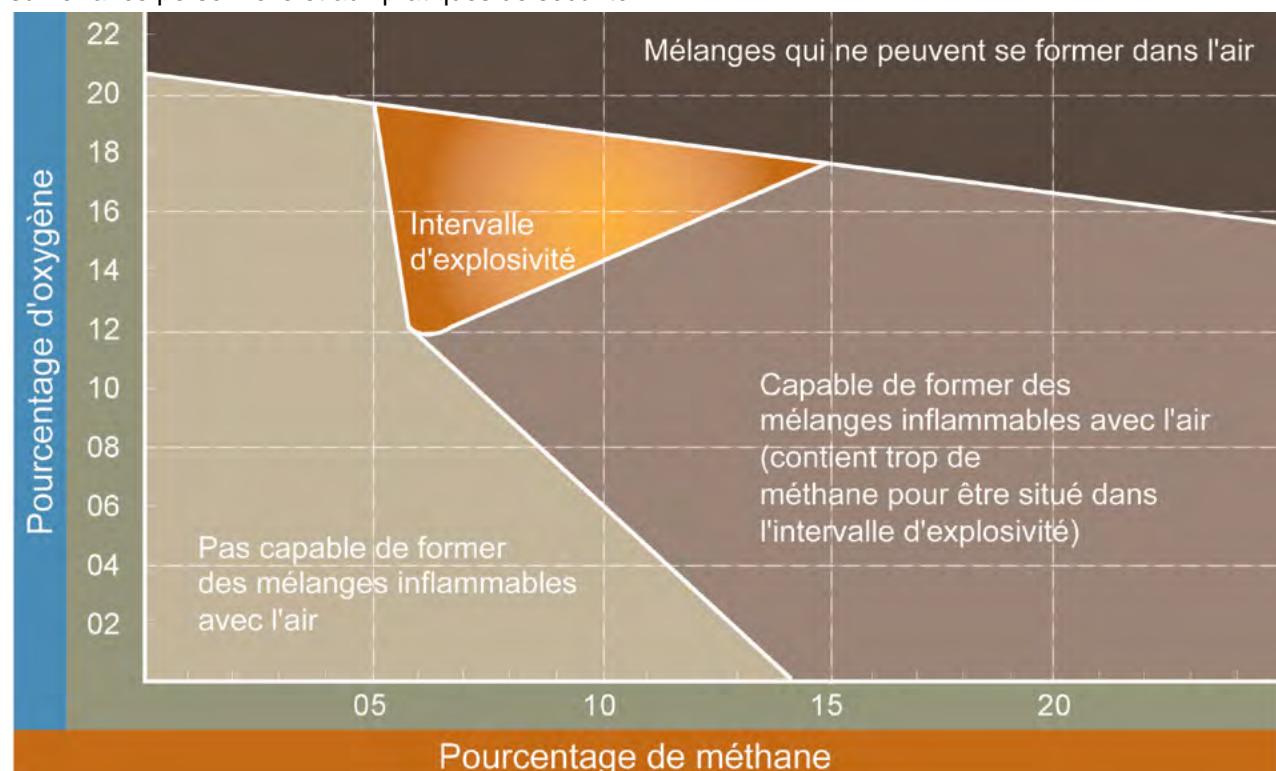


Figure 7-3 : Graphique d'inflammabilité relativement à la concentration de méthane dans l'air (adapté du domaine public [United States of the Interior, 1952])



8. Choix du site de l'installation



Une installation de traitement de matières organiques convenablement située, conçue et exploitée peut aider à prévenir les nuisances aux voisins et les répercussions sur leur santé ou leur qualité de vie ainsi que les impacts environnementaux sur les eaux souterraines, l'eau de surface et le sol. Le respect des principes de conception rationnels et la mise en œuvre des meilleures pratiques de gestion pendant l'étape opérationnelle de l'installation sont des méthodes éprouvées visant à réduire ces risques potentiels. Toutefois, le choix réfléchi du lieu de l'installation est tout aussi important. Le présent chapitre offre un aperçu des questions qui devraient être prises en compte pendant la sélection du site, notamment :

- Section 8.1 : Approches liées au choix du site de l'installation
- Section 8.2 : Considérations environnementales
- Section 8.3 : Considérations relatives à la proximité et à l'accès
- Section 8.4 : Considérations relatives à l'utilisation des terres

L'espace requis pour l'installation est un critère clé de sélection du site. Une installation de traitement des matières organiques requiert généralement un espace pour recevoir les matières premières, pour stocker les agents structurants, pour mélanger et traiter les matières et entreposer les produits finis. Un espace supplémentaire peut être requis pour abriter les systèmes de traitement des odeurs, du lixiviat et des eaux de ruissellement.

Les distances de séparation entre l'installation et les habitats sensibles ou les sources d'eau potable peuvent aider à prévenir de graves impacts environnementaux. De même, des zones tampons entre l'installation et les propriétés avoisinantes peuvent aider à atténuer temporairement les répercussions nuisibles jusqu'à ce que d'autres contrôles soient mis en œuvre. Par conséquent, la plupart des provinces et certaines municipalités ont établi des exigences pour le choix du site des installations de compostage, de digestion anaérobiose et autres gestions des déchets. Le tableau 8-1 propose des exemples de distances de séparation typiques figurant dans les règlements provinciaux.

Facteurs déterminant l'empreinte au sol générale de l'installation

- Capacité
- Technologie
- Exigences relatives au cycle de ventes et à l'entreposage des produits
- Distances de séparation
- Exigences réglementaires

Les caractéristiques du site, telles que la topographie et la disponibilité des services publics, peuvent influer sur les coûts en capital et d'exploitation de l'installation de traitement et, par conséquent, sur sa durabilité financière. Le risque financier peut obliger les gestionnaires et les exploitants à réduire les pratiques et les coûts relatifs aux opérations et à l'entretien, augmentant ainsi la possibilité de nuisances et de répercussions. À terme, les décisions liées à la sélection de l'emplacement d'une installation peuvent avoir des incidences dans l'avenir.



8.1 Approches liées au choix du site de l'installation

Il existe deux approches différentes pour choisir le site de l'installation. Une méthode consiste à **d'abord définir la technologie appropriée** (p. ex., compostage en système fermé, digestion anaérobiose ou compostage en andains à l'air libre) puis à déterminer l'emplacement. Dans ce cas, les critères de sélection du site sont déterminés en fonction des exigences précises relatives à la technologie. À titre d'exemple, si une installation de digestion anaérobiose et un procédé humide sont les méthodes privilégiées, l'utilisation de l'eau et le traitement des eaux usées ainsi que l'utilisation du biogaz constitueront des facteurs importants dans la détermination de l'emplacement du site. Un autre exemple est le compostage à grande échelle en plein air, qui requiert généralement une grande superficie et qui présente des difficultés plus importantes en matière de contrôle des odeurs, ce qui nécessite des distances de séparation plus importantes des zones résidentielles sensibles.

La seconde approche vise à **déterminer d'abord un emplacement pour lequel on a le plus de chance d'obtenir l'acceptation de la collectivité et qui permette le respect des exigences réglementaires** puis à déterminer la configuration

la plus appropriée de l'installation (p. ex., agencement du processus et de la technologie) pour le contexte local. Une préférence en matière de technologie, le cas échéant, peut ensuite aider à guider le choix du site et n'est pas le principal facteur à considérer. Cette approche convient mieux lorsque le choix du site ne constitue pas un défi majeur (p. ex., faible acceptation sociale en raison des antécédents négatifs avec les installations de traitement des déchets déjà mises en œuvre dans la région ou emplacements potentiels disponibles limités). On peut également donner l'exemple des opérations à petite échelle où le compostage en andains à l'air libre est privilégié en raison des faibles coûts; il s'agit cependant d'une méthode pour laquelle le choix du site est plus difficile (en général, des distances de séparation de plus de 300 m sont requises).

Il n'y a pas de fondement affirmant qu'une approche est mieux que l'autre. Dans de nombreux cas, l'approche est déterminée en fonction des enjeux propres au projet, comme le calendrier de développement du projet, la disponibilité du financement du projet et si le promoteur essaie de situer l'installation à une opération de gestion des déchets existante.

Tableau 8-1 : Distances de séparation typiques

Type de séparation (distance à partir d'un point donné)	Distance
Limite de propriété	De 15 à 50 m
Fossés/tuyaux de drainage menant à des plans d'eau de surface naturels	30 m
Plans d'eau de surface naturels et terres humides	100 m
Puits privés ou toute autre source d'eau potable	150 m
Résidence permanente	300 m
Hôtel, restaurant, installation de transformation des aliments, école, église ou parc public	300 m
Établissements commerciaux/industriels	300 m
Point d'approvisionnement en eau	300 m
Aéroports	8 km

Remarques :

Des règlements municipaux ou provinciaux comportant des exigences de séparation précises peuvent exister. Ces exigences devraient être déterminées et examinées au cours du processus de planification de l'installation.

km—kilomètre

m—mètre

Approches liées au choix du site d'une installation de traitement des matières organiques

- Définir la technologie puis choisir le site le plus approprié
- Déterminer un site puis définir la technologie et l'agencement de l'installation les plus appropriés



Comme l'indique la figure 8-1, il existe un certain nombre d'enjeux et de critères à prendre en compte lorsque l'on choisit le site d'une installation de traitement des matières organiques. Ces éléments sont répartis en trois catégories générales :

1. Considérations environnementales
2. Considérations relatives à la proximité et à l'accès
3. Considérations relatives à l'utilisation des terres

Les facteurs précis au sein de chacune de ces catégories générales sont abordés plus en détail dans les sections suivantes.

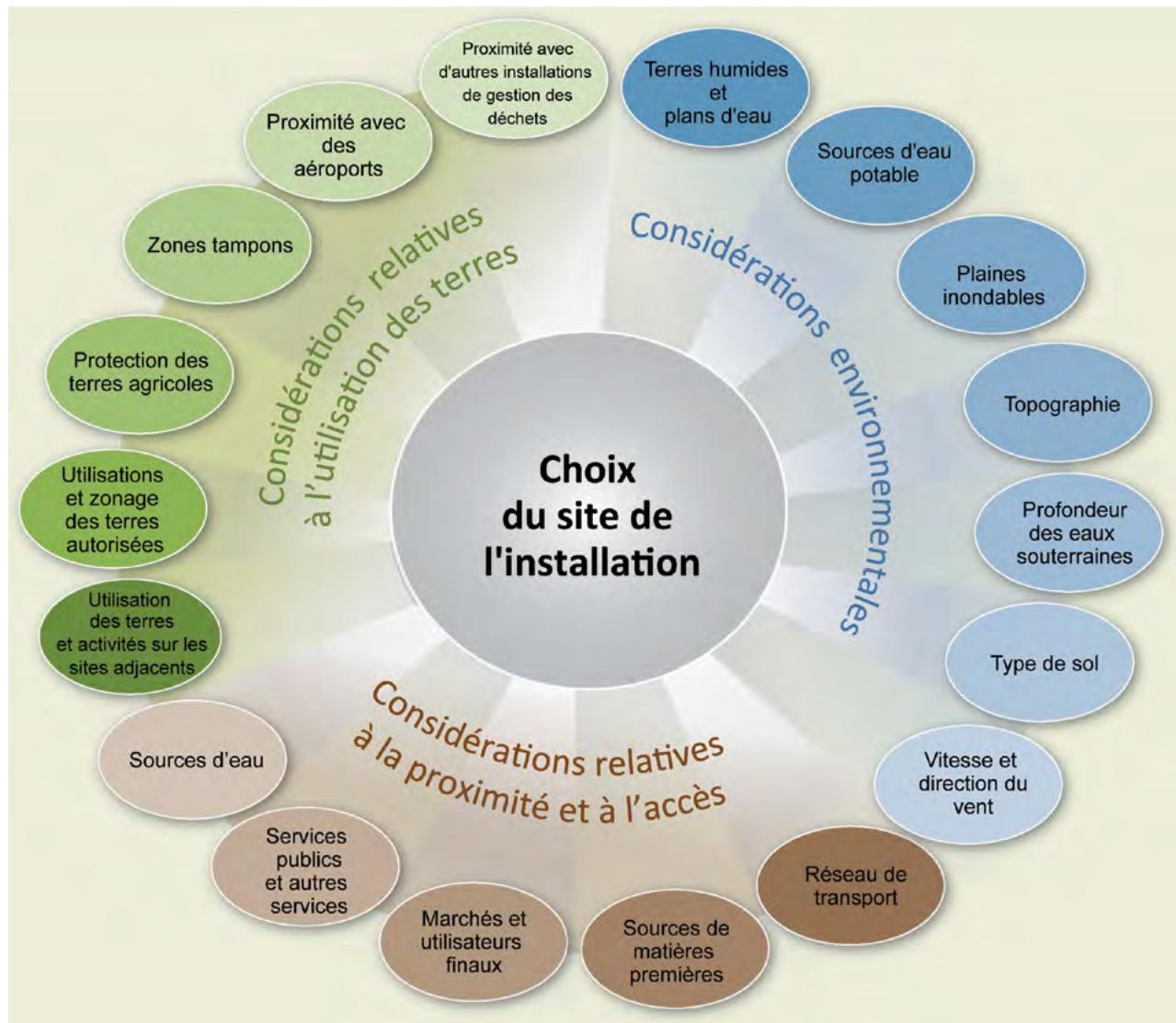


Figure 8-1 : Enjeux à prendre en compte dans le choix du site d'une installation de traitement des matières organiques (Adapté avec permission : Solinov)



8.2 Considérations environnementales

8.2.1 *Terres humides et plans d'eau*

Dans la plupart des provinces et des territoires, les terres humides sont reconnues comme des habitats sensibles; le développement autour de ces derniers est donc contrôlé. Il est généralement recommandé de ne pas situer les installations de traitement des matières organiques près des terres humides ou de mettre en place des techniques de protection et des contrôles, car il est possible que les eaux de ruissellement de l'installation aient des répercussions sur ces habitats sensibles.

De même, le potentiel de rejets incontrôlés a incité de nombreuses provinces à établir des distances minimales de séparation (p. ex., 100 m) entre les installations de gestion des déchets et les cours d'eau, les rivières, les lacs et les océans. Outre les exigences provinciales, des articles de la *Loi sur les pêches* du gouvernement fédéral et des règlements associés s'appliquent au développement dans les cours d'eau poissonneux et autour de ces derniers.

8.2.2 *Sources d'eau potable*

Qu'il s'agisse de puits desservant des habitations privées ou de plans d'eau de surface qui desservent des agglomérations, les sources d'eau potable devraient être protégées contre la contamination potentielle (p. ex., éléments nutritifs et organismes pathogènes) provenant des installations de traitement des matières organiques. Les règlements provinciaux et locaux définissent souvent les distances de séparation requises à partir des sources d'eau potable (p. ex., 150 m ou plus).

8.2.3 *Plaines inondables*

Les installations de traitement des matières organiques ne devraient pas être situées dans des zones susceptibles d'être inondées, et ce, en raison de la probabilité élevée de rejets de matières premières, de lixiviat ou d'autres contaminants dans l'environnement pendant une inondation. L'établissement d'installations de traitement des déchets solides dans des zones susceptibles d'être inondées pendant un événement de tempête d'un en 100 ans est souvent interdit par les autorités municipales et provinciales. Même les événements d'inondation plus petits (p. ex., événement d'un en 25 ans ou d'un en 50 ans) peuvent conduire à l'accumulation d'eau ou à des conditions de saturation dans les aires de compostage en plein air et dans les piles d'entreposage de matières premières et d'agents structurants; l'accumulation d'eau est une source potentielle d'odeurs et de contamination. Les inondations peuvent également entraîner de sérieuses difficultés opérationnelles, notamment des dommages à l'équipement et une obstruction d'accès au site.

8.2.4 *Topographie*

Les aires de travail à l'intérieur et à l'extérieur aux installations de traitement des matières organiques sont normalement conçues avec des pentes de 0,5 à 2 % pour favoriser le drainage et réduire l'accumulation des eaux de ruissellement, comme l'indique la figure 8-2. Il est généralement plus simple de situer une installation de traitement sur un site relativement plat. Les pentes abruptes et la topographie ondulante peuvent accroître les coûts associés aux travaux de terrassement initial et à la préparation du site pendant



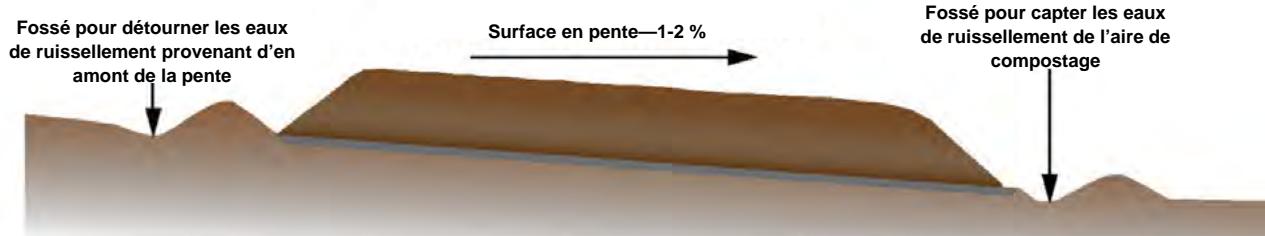


Figure 8-2 : Topographie typique du site d'une installation de traitement des matières organiques

la construction. Toutefois, situer une installation sur des terrains légèrement en pente donne la possibilité au concepteur d'aménager les diverses aires de travail et leur nivellation d'une manière qui permet de réduire les exigences en matière de terrassement et les coûts de construction. Dans la mesure du possible, les zones comportant des pentes abruptes devraient être évitées. Non seulement ces zones présentent un potentiel d'érosion plus grand, mais elles peuvent également entraîner des difficultés pour ce qui est de l'aménagement et de la conception des routes et des aires de travail.

8.2.5 Profondeur des eaux souterraines

Des bâtiments et des aires de travail avec des planchers ou des systèmes d'étanchéité convenablement conçus et construits qui servent de barrière à la migration des contaminants constituent la première ligne de défense contre les répercussions sur les eaux souterraines. Le maintien d'un tampon vertical entre les activités de traitement et les sources d'eau de surface ou souterraine offre une seconde ligne de défense contre la contamination potentielle (p. ex., contamination provenant des éléments nutritifs ou des organismes pathogènes présents dans les eaux de ruissellement et le lixiviat). Les sols situés au-dessus de la nappe phréatique peuvent aussi fournir une protection supplémentaire en filtrant les particules solides et en réduisant la migration des éléments nutritifs.

Considérations relatives à la protection des eaux souterraines

- Maintenir une élévation verticale d'au moins 1 m entre la nappe phréatique haute saisonnière et la partie inférieure des systèmes d'étanchéité des aires de travail, des puisards et des tuyaux souterrains
- D'autres caractéristiques techniques, comme les systèmes de pompage et de déshydratation des eaux souterraines, peuvent être utilisées dans des zones où les eaux souterraines sont plus proches de la surface et qu'une séparation d'un mètre ne peut être maintenue.

8.2.6 Type de sol

Dans le cas des installations de traitement des matières organiques qui comportent quelques opérations à l'extérieur, des surfaces imperméables devraient être construites dans le but de capter, de confiner et de traiter les eaux de ruissellement et le lixiviat. Dans certains cas, les sites situés au-dessus de sols argileux naturellement imperméables peuvent offrir des avantages considérables en matière de coûts si les organismes de réglementation provinciaux conviennent que l'argile naturelle fournit un niveau de protection comparable à celui de l'argile artificielle ou des revêtements synthétiques. Ce critère présente un intérêt particulier pour les projets de compostage en andains à l'air libre où le coût est une contrainte importante et où l'emplacement du site est prévu dans un milieu éloigné ou agricole.

D'un autre côté, la présence de formations rocheuses à la surface du site ou juste au-dessous de cette dernière peut se traduire par des coûts de construction supplémentaires (p. ex., dynamitage) et présente



souvent des conditions d'eau souterraine plus sensibles. D'autres caractéristiques géotechniques et hydrogéologiques peuvent également avoir des répercussions importantes sur les coûts de l'installation.

8.2.7 *Vitesse et direction du vent*

La vitesse du vent et la direction des vents dominants ont une incidence sur la rapidité et le lieu de dispersion des odeurs d'une installation de traitement.

Dans les zones urbaines, les données historiques sur la vitesse et la direction du vent peuvent être disponibles auprès des aéroports ou des stations météorologiques d'Environnement Canada. L'obtention de renseignements fiables dans les régions éloignées ou rurales peut être plus compliquée, puisque les stations météorologiques ont tendance à être regroupées près des agglomérations.

D'autres paramètres qui jouent un rôle important dans la dispersion des odeurs incluent la topographie (voir la section 8.2.4, Topographie), la présence de couverture forestière et la fréquence des inversions de température. Ces caractéristiques ainsi que celles précises relatives à l'émission des odeurs provenant de l'installation peuvent être intégrées à des modèles informatiques pouvant être utilisés pour prédire à quelle distance et dans quelle direction seront dispersées les odeurs occasionnées par l'installation. Ces modèles de dispersion fournissent un outil utile pour valider l'emplacement du site et les technologies ou pour comparer les différentes options d'aménagement pour un site précis. De telles études de modélisation deviennent plus courantes dans le cadre du processus de conception de plus grandes installations et peuvent être intégrées à des autorisations d'exploitation délivrées par les organismes de réglementation environnementale.

8.3 Considérations relatives à la proximité et à l'accès

8.3.1 *Réseau de transport*

Le fait de pouvoir accéder à l'installation de traitement des matières organiques par le biais d'un réseau de routes d'accès appropriées est important pour minimiser le trafic, le bruit et les incidences de la poussière sur les voisins et pour accroître la sécurité en matière de trafic.

Les routes destinées aux véhicules de collecte devraient être convenablement conçues et construites pour gérer les types de véhicules prévus. Cela inclut les largeurs de voie, les rayons de braquage et les niveaux de sol appropriés. Les routes devraient avoir un revêtement pour empêcher l'apparition de quantités excessives de poussière.

Une attention particulière est nécessaire pour déterminer si les routes d'accès sont assujetties aux restrictions de poids ou aux interdictions de routes saisonnières. Ces restrictions peuvent réduire la quantité



Photo 8-1 : Si les routes ne sont pas revêtues, la poussière peut avoir des répercussions importantes sur les voisins.
© CH2M HILL

de matières premières que les véhicules de livraison sont autorisés à transporter et peuvent entraîner l'augmentation des coûts de collecte et de transport.

L'accès au site à partir des artères et des routes collectrices est généralement un avantage, car il réduit la probabilité de faire passer le trafic par des zones résidentielles. Toutefois, un accès direct à partir des routes à forte circulation peut créer le besoin d'élargir ces routes pour aménager des voies de virage ou pour installer des contrôles du trafic afin de permettre aux véhicules de couper la circulation pour accéder à l'installation.

Les embouteillages existants sur les routes d'accès devraient être pris en compte. Les embouteillages augmentent le temps nécessaire pour transférer les matières premières de l'emplacement du générateur à l'installation de traitement, ce qui accroît les coûts de collecte.

8.3.2 Sources de matières premières

Les coûts de collecte et de transport des matières premières vers l'installation de traitement peuvent fortement influer sur la viabilité financière d'un site particulier. Si l'installation est trop éloignée du lieu de production des matières organiques ou si le site n'est pas facilement accessible, il peut être plus économique de transporter la matière vers un autre site de traitement ou un site d'enfouissement. Des distances de transport réduites diminuent également la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre associées.

Bien évidemment, la rentabilité de la proximité des matières premières doit être pondérée par rapport à d'autres facteurs relatifs au choix du site, notamment la difficulté de situer une installation plus près des zones urbaines (p. ex., trafic, distance par rapport aux voisins et planification de l'utilisation des terres).

Les stations de transfert peuvent fournir un moyen d'équilibrer les avantages et les défis liés au choix du site d'une installation de traitement près des sources de matières premières. Les stations de transfert permettent de transborder des matières premières sur des véhicules plus grands qui sont plus efficaces pour le transport de matières sur de plus longues distances.



Photo 8-2 : L'utilisation de stations de transfert et de grandes remorques peut rendre le remorquage des matières organiques vers des installations éloignées plus économique. © CH2M HILL

8.3.3 Marchés et utilisateurs finaux

Même s'il est possible que cela ne soit pas aussi important que la proximité par rapport aux matières premières, un emplacement convenable concernant les marchés finaux déterminés dans le chapitre 17 peut aider à réduire les coûts de transport et les répercussions. À titre d'exemple, lorsque des marchés agricoles sont ciblés en tant qu'utilisateurs finaux du compost, un emplacement rural peut être privilégié.



Les aspects relatifs à l'utilisation du biogaz des projets de digestion anaérobiose présentés dans le chapitre 7 peuvent aussi être un facteur important dans le choix du site de l'installation, puisque la vente des produits issus de la conversion du biogaz peut être essentielle à la viabilité financière globale du projet. Par exemple, la purification du biogaz aux fins d'injection dans les réseaux régionaux de gaz naturel n'est efficace que si le site est situé près des conduites de branchement. De la même manière, la proximité du site par rapport à d'autres installations pouvant utiliser la chaleur issue de la conversion du biogaz pour le chauffage ou les procédés industriels peut être un facteur important à considérer.



Photo 8-3 : Les ventilateurs utilisés aux installations de compostage requièrent généralement un approvisionnement en électricité en trois phases. © CH2M HILL

8.3.4 Services publics et autres services

La capacité et le coût pour fournir des services électriques, du gaz naturel, de l'eau potable et des services d'égouts sanitaires à un site peuvent être des facteurs essentiels dans le processus de sélection du site. Selon la nature de l'équipement et de la technologie utilisés, un service électrique peut être nécessaire pour les ventilateurs, l'équipement de mélange et les convoyeurs ainsi que pour l'éclairage à l'intérieur et à l'extérieur. Même aux petites installations de traitement, un service électrique à trois phases est souvent requis, mais peut ne pas être disponible ou trop cher pour être fourni.

Les bâtiments plus petits peuvent souvent être chauffés à l'électricité ou à partir du gaz naturel stocké dans les réservoirs sur le site. Toutefois, les exigences en matière de chauffage des grands bâtiments exigeront souvent un raccordement à un réseau régional de gaz ou à une autre source d'énergie.

L'accès à un réseau d'égouts sanitaires peut être utile si l'installation produit d'importants volumes excédentaires d'effluents et de lixiviat de concentration faible à modérée. Le transport de ces liquides par camion-citerne vers une usine de traitement des eaux usées peut être coûteux.

8.3.5 Sources d'eau

Une installation de traitement des matières organiques devrait comporter une source d'eau potable pour les toilettes du personnel et possiblement des salles de douche. De l'eau potable peut être obtenue à partir des puits ou des réseaux d'eau municipaux; ils peuvent également être fournis grâce à l'utilisation de réservoirs.

Les installations de traitement qui gèrent des matières premières plus sèches (p. ex., feuilles ou broussailles) ou qui sont situées dans des zones à faibles précipitations peuvent nécessiter que de l'eau d'appoint soit ajoutée aux matières pendant le traitement afin de maintenir des conditions optimales. L'accès à une source d'eau non potable peut donc être un facteur dans le choix du site. Une pratique courante consiste à réutiliser les eaux de ruissellement du site collectées dans les bassins d'eau de surface; le fait d'essayer de répondre aux exigences en matière d'eau de procédé d'une installation en utilisant l'eau d'un puits n'est généralement pas faisable.



La proximité par rapport à des quantités suffisantes d'eau ou à d'autres moyens de suppression d'un incendie devrait être un autre facteur à considérer dans le choix du site, puisque les autorités municipales peuvent refuser de délivrer des permis d'aménagement si les mesures de protection contre les incendies sont insuffisantes. Les autorités peuvent également définir des allées plus larges autour des aires de travail et des piles entreposées de matières, ou autour de ces dernières, et peuvent limiter la hauteur ou la taille des piles entreposées. Ces deux limites peuvent accroître l'espace requis pour les aires de travail de l'installation.

Le risque que les incendies des installations de traitement se propagent aux propriétés adjacentes, ou vice versa, peut également faire partie des facteurs à considérer. La végétation sur le site et autour de ce dernier, les distances de séparation et la capacité à créer des coupe-feux dans les zones tampons sont des facteurs à considérer.

8.4 Considérations relatives à l'utilisation des terres

8.4.1 *Utilisation des terres et activités sur les sites adjacents*

La nature de l'utilisation des terres et des activités sur les propriétés adjacentes à l'installation de traitement ou à proximité de cette dernière est un important facteur à considérer. Le choix d'un emplacement proche d'un aménagement résidentiel existant ou proposé peut être plus controversé qu'un emplacement entouré d'aménagements industriels.

Outre les activités existantes sur les terres adjacentes, les utilisations futures des terres doivent également être prises en compte. Malgré des politiques et des plans d'utilisation proactive des terres, l'aménagement commercial et résidentiel peut empiéter sur les installations de gestion de déchets avec le temps. Les attitudes de la collectivité, au départ positives envers l'installation, peuvent alors devenir négatives.

Considérations relatives à l'utilisation d'un site adjacent

- Déterminer les récepteurs sensibles :
 - Écoles et garderies
 - Hôpitaux et cliniques médicales
 - Installations d'entreposage, de traitement et de préparation des aliments
- Déterminer les distances de séparation obligatoires entre les installations de gestion des déchets et les récepteurs sensibles dans les règlements provinciaux et municipaux

8.4.2 *Utilisations et zonage des terres autorisées*

Les plans et les arrêtés locaux d'utilisation des terres devraient être étudiés et compris suffisamment tôt dans le processus de sélection et d'évaluation du site. Il est courant que le traitement des demandes de permis de rezonage et d'aménagement soit plus long que le traitement des demandes d'approbation environnementale à l'échelle provinciale. Les politiques provinciales peuvent également empêcher le traitement des demandes d'approbation jusqu'à ce que toutes les demandes de permis de zonage et d'aménagement aient été reçues des autorités municipales.

8.4.3 *Protection des terres agricoles*

Les règlements provinciaux liés à la protection des terres agricoles et à l'utilisation des terres dans les zones agricoles devraient également être pris en compte. Dans certaines provinces, une autorisation spécifique est requise pour mettre en œuvre des activités non agricoles sur les terres incluses dans les zones agricoles définies.



8.4.4 Zones tampons

Même si cela ne devrait pas être l'unique moyen d'atténuer les répercussions, et qu'elles ne devraient jamais remplacer de bonnes pratiques de conception et d'exploitation en matière d'installation, l'établissement de zones tampons entre une installation de traitement des matières organiques et la collectivité avoisinante est une pratique courante. La taille de la zone tampon peut être déterminée par les distances minimales de séparation précisées dans les règlements, les arrêtés et les lignes directrices à l'échelle provinciale ou municipale (voir le tableau 8-1). La capacité de l'installation, le risque de créer des conditions de nuisance, la topographie et l'état des vents, ainsi que les contrôles précis de conception de l'installation jouent un rôle dans la détermination des tailles des zones tampons.

En règle générale, plus la distance entre une installation et une zone sensible est grande, plus la chance de réduire les conflits entre le site et les utilisations des terres adjacentes et les voisins gênés par les odeurs, le trafic, le bruit et la poussière est importante. La végétation, les broussailles, les arbres et les bermes peuvent être intégrés aux zones tampons pour servir de barrières visuelles et pour réduire les niveaux de bruit. Clôturer les zones tampons peut également aider à contrôler les déchets sauvages.

8.4.5 Proximité avec des aéroports

Transports Canada a élaboré des lignes directrices générales liées à l'utilisation des terres autour des aéroports. Elles ont été élaborées principalement pour empêcher la construction de structures (p. ex., bâtiments, antennes sur pylône, cheminées) qui pourraient perturber la navigation aérienne et les lignes de visibilité.

Transports Canada a également fourni des directives sur les installations de traitement des déchets, notamment les installations de compostage et de digestion anaérobiose qui gèrent les résidus alimentaires, qui peuvent attirer les oiseaux et accroître le risque d'impact d'oiseau. Puisque les oiseaux peuvent également être attirés par la chaleur diffusée par le processus de compostage pendant l'hiver, les installations en plein air qui traitent les résidus verts doivent également tenir compte des exigences de Transports Canada ou prendre des précautions précises pour contrôler les oiseaux.

Les limites propres au site liées à l'utilisation et à l'aménagement des terres autour des aéroports figurent dans des règlements précis promulgués en vertu de la *Loi fédérale sur l'aéronautique* (1985) et dans les arrêtés municipaux portant sur l'utilisation des terres.

Zones tampons

L'établissement de zones tampons entre l'installation de traitement des matières organiques et la collectivité avoisinante est une pratique courante, mais ces zones ne devraient jamais remplacer de bonnes pratiques de conception et d'exploitation en matière d'installation.

Proximité avec des aéroports

- Transports Canada fournit des lignes directrices pour choisir le site des installations des déchets solides qui gèrent les résidus alimentaires et d'autres résidus putrescibles.
- Les installations ne devraient pas être situées dans un rayon de 8 km par rapport à un aéroport.



8.4.6 Proximité avec d'autres installations de gestion des déchets

Les activités historiques et les problèmes passés subis à cause d'autres installations de traitement des matières organiques à proximité peuvent contribuer à l'acceptation, ou non, de la part de la collectivité. Plus particulièrement, les odeurs et les nuisances provoquées par d'autres installations peuvent sérieusement nuire à la confiance d'une collectivité par rapport à une nouvelle installation, malgré les différences en matière de technologies, de conception et de pratiques opérationnelles. Changer les attitudes et les préjugés d'une collectivité est une tâche difficile et peut nécessiter des mois ou des années pour y parvenir.



9. Autres facteurs à prendre en considération dans la conception d'une installation



Concevoir une installation de traitement des matières organiques est une tâche compliquée, car de nombreux facteurs doivent être pris en compte tout en veillant à ce que les procédés biologiques fonctionnent efficacement. Le présent chapitre met en évidence certaines des caractéristiques et des exigences fonctionnelles supplémentaires qui devraient être prises en compte par les concepteurs et les propriétaires. Les points suivants, en particulier, sont abordés :

- Section 9.1 : Santé et sécurité
- Section 9.2 : Prévention, détection et contrôle des incendies
- Section 9.3 : Sécurité du site
- Section 9.4 : Flexibilité opérationnelle et entretien
- Section 9.5 : Système de ventilation du bâtiment
- Section 9.6 : Spécifications relatives aux produits de compost
- Section 9.7 : Opérations pendant l'hiver
- Section 9.8 : Variations saisonnières dans les quantités de déchets
- Section 9.9 : Livraisons des matières premières par les résidents eux-mêmes
- Section 9.10 : Panneaux
- Section 9.11 : Protection contre la corrosion
- Section 9.12 : Exigences provinciales et municipales

9.1 Santé et sécurité

Des mesures en matière de santé et de sécurité devraient être intégrées à la conception de l'installation pour atténuer la fatigue des travailleurs et le risque de blessure ainsi que les temps d'arrêt dus à des incidents liés à une erreur humaine. Dans les installations de traitement des matières organiques, il existe des conditions quelque peu uniques qui devraient être prises en compte.

Un facteur essentiel à considérer est la **qualité de l'air** au sein de l'installation et le risque que le personnel soit exposé à des niveaux élevés de contaminants atmosphériques (p. ex., ammoniac, méthane, monoxyde de carbone, poussières et bioaérosols). En règle générale, les zones occupées au sein des installations de traitement des matières organiques sont conçues avec six changements d'air par heure ou plus. Les systèmes de ventilation sont souvent complétés par des systèmes de capture à la source situés autour des opérations, comme les activités de mélange et de tamisage, et des systèmes de traitement ouverts ou les piles en plein air.

Facteurs à considérer en matière de santé et de sécurité

- Permettre au moins six changements d'air par heure dans des zones occupées des installations
- Utiliser des systèmes de ventilation avec capture à la source autour des mélangeurs, des tamiseurs et de tout autre équipement de traitement en plein air
- Installer des couvertures le long des convoyeurs
- Contrôler les niveaux d'humidité pour prévenir la formation de brume
- Fournir des appareils d'éclairage facilement accessibles pour permettre un entretien régulier



Dans la mesure du possible, les technologies de traitement et les systèmes de gestion des matières devraient être conçus d'une manière qui **contrôle la température et l'humidité** au sein des bâtiments. Cette conception est nécessaire pour prévenir la formation de brume au sein du bâtiment, qui peut réduire la visibilité et conduire à des accidents. Contrôler l'humidité aide également à prévenir les dommages aux composants et à l'équipement des bâtiments dus à la corrosion, comme l'explique la section 9.11. La brume peut être contrôlée grâce à des systèmes de ventilation avec capture à la source et à des hottes installées sur les convoyeurs. Le préchauffage de l'air d'appoint et l'utilisation de l'aération négative dans les systèmes de compostage sont d'autres manières de réduire la brume.



Photo 9-1 : La poussière et la brume au sein des installations de traitement peuvent entraîner des répercussions sur la santé des travailleurs et une visibilité réduite. © CH2M HILL

De l'équipement portatif d'échantillonnage de l'air devrait être disponible pour déceler les contaminants atmosphériques communs, comme le monoxyde de carbone, le sulfure d'hydrogène et le méthane, ainsi que les problèmes liés aux niveaux d'oxygène. Accroître les taux de ventilation ou ajouter des exigences en matière de respirateur pour des zones de traitement précises sont des solutions courantes pour résoudre les problèmes de qualité de l'air.

L'accessibilité des appareils d'éclairage est un autre facteur clé à prendre en compte. Les appareils d'éclairage se salissent très rapidement ou les ampoules tombent en panne prématûrement. Si les appareils ne sont pas facilement accessibles, ils ne seront pas nettoyés régulièrement; les conditions d'éclairage seraient alors faibles et pourraient causer des problèmes pour la santé et la sécurité du personnel (p. ex., blessures occasionnées lorsque le personnel dérape, trébuche et tombe).

Espaces confinés

Les réservoirs souterrains et hors-sol, les puisards et les conduits de ventilation sont des espaces confinés et des procédures appropriées concernant l'entrée dans des espaces confinés doivent être suivies. Les gaz pouvant se former dans des espaces confinés dans les installations de compostage et de digestion anaérobiose peuvent être toxiques dans certaines conditions ou ils peuvent déplacer l'oxygène et créer une atmosphère pauvre en oxygène qui ne convient pas à une présence humaine.

9.2 Prévention, détection et contrôle des incendies

Les installations de traitement des matières organiques contiennent de nombreuses sources de carburants, notamment les piles d'entreposage de matières qui sont devenues trop sèches (p. ex.,

Pratiques opérationnelles pour prévenir et contrôler les incendies

- Inspecter régulièrement les systèmes d'alarme incendie et les extincteurs pour veiller à ce qu'ils soient en bon état de marche et non corrodés.
- Désigner des parties de l'installation en tant que zones où il est interdit de fumer.
- Fournir une séparation suffisante entre les matières premières, les agents structurants et les piles entreposées de produits en plein air pour permettre à l'équipement d'accéder aux piles en cas d'incendie et pour les protéger contre la propagation du feu.
- Dépoussiérer régulièrement l'équipement fixe et mobile à l'aide d'air comprimé pour éviter l'accumulation de poussière et d'autres débris dans les pièces de moteur et les systèmes d'échappement, et autour de ces derniers.
- Surveiller régulièrement les conditions dans les agents structurants et les piles entreposées de produits, ainsi que dans les andains de compostage et de maturation, pour déceler les conditions qui pourraient mener à une combustion spontanée.
- Limiter la hauteur des piles d'entreposage des agents structurants secs à 5 m.
- Stocker et entretenir des pompes portatives, des tuyaux et d'autres pièces d'équipement pour combattre le feu.



résidus verts, les refus de tamisage et les produits finis), les déchets sauvages occasionnés lors de la réception des matières premières et poussière provoquée par les opérations de broyage et de tamisage.

Les gaz dégagés par le processus de compostage ne comportent pas de grandes quantités de gaz explosifs (p. ex., méthane) et ne sont pas une préoccupation d'un point de vue de la prévention et du contrôle des incendies. Toutefois, le biogaz récolté à partir des systèmes de digestion anaérobie contient de fortes concentrations de méthane (jusqu'à 70 %) et présente un risque d'explosion dans la fourchette de concentration de 5 à 15 % (voir le chapitre 7).



Photo 9-2 : Des incendies se sont déclenchés aux installations de compostage. © Sevier Solid Waste, Inc.

Sources potentielles d'allumage

- Foudre
- Étincelles provoquées par un équipement électrique qui fonctionne mal
- Tuyaux d'échappement chauds des moteurs
- Cigarettes
- Combustion spontanée au sein des piles de matières entreposées



Photo 9-3 : Les systèmes de détection et d'alarme incendie à l'intérieur des installations de traitement des matières organiques sont particulièrement sensibles à la corrosion. © CH2M HILL

Étant donné les nombreuses sources de carburant et les sources potentielles d'allumage, les concepteurs des installations devraient accorder une attention particulière à la prévention et à la détection des incendies.

Lors de la conception et de la planification d'une nouvelle installation, il convient d'envisager d'inclure un système de gicleurs dans les aires de réception et d'entreposage temporaire et d'installer des prises d'eau d'incendie supplémentaires aux endroits stratégiques de l'installation plutôt que de se reposer sur les prises d'eau d'incendie municipales situées dans le périmètre du site. Un espace suffisant (p. ex., de 5 à 10 m) devrait également être prévu dans les aires de travail en plein air entre les piles d'entreposage des agents structurants et des produits pour créer des allées permettant de faire passer l'équipement et les camions incendies.

Les caractéristiques de conception devraient toujours être accompagnées par de bonnes pratiques opérationnelles pour aider à minimiser le risque de début et de propagation d'incendies.

9.3 Sécurité du site

Le site devrait être muni d'un contrôle de l'accès et de sécurité pour empêcher le déversement illégal de déchets et le vandalisme. En règle générale, les installations de gestion des déchets sont fermées à

Facteurs à considérer en matière de sécurité du site

- Sécuriser les installations à l'aide de maillons de chaîne ou d'autres types de clôture
- Utiliser des caractéristiques naturelles (p. ex., ravins, arbres) pour empêcher un accès non autorisé



l'intérieur par des clôtures de type fils barbelés ou maillons de chaîne. L'installation de systèmes de sécurité (p. ex., alarmes dans le bâtiment, caméra vidéo) peut également être nécessaire pour augmenter les précautions de base en matière de sécurité, selon le degré de vandalisme dans la région.

9.4 Flexibilité opérationnelle et entretien

L'environnement de travail dans les installations de traitement des matières organiques entraîne généralement un niveau plus élevé d'usure ou de panne de l'équipement mobile et fixe par rapport aux stations de transbordement et aux installations de récupération des matières. Une flexibilité et une redondance devraient donc être intégrées à l'aménagement et la conception de l'installation pour permettre aux exploitants de s'adapter en cas d'entretien prévu et non prévu. La flexibilité est également requise pour répondre aux pics non prévus dans les quantités de matières premières qui peuvent se produire d'une semaine à l'autre ou qui sont provoqués par des événements isolés, comme les journées fériées, les événements spéciaux et les tempêtes de vent.

Par exemple, l'installation de deux lignes de traitement plus petites et parallèles plutôt qu'une seule ligne plus grande permet une opération en continu (malgré une capacité réduite) si une machine tombe en panne. Cela permet également de n'exploiter qu'un système lorsque les quantités de matières premières sont faibles, ce qui réduit la consommation d'énergie.

Dissocier les systèmes de traitement en incluant des silos amortisseurs ou des aires d'entreposage temporaires est une façon de permettre de fonctionner de manière indépendante et de donner la possibilité de mettre un système hors de service aux fins d'entretien.

Les concepteurs devraient également s'assurer que des rampes d'accès, des escaliers d'accès et des échelles appropriés ainsi que des plateformes d'accès soient intégrés aux aménagements de l'équipement afin que les systèmes soient facilement accessibles en cas d'inspection, d'entretien ou de remplacement.

La gestion efficace des matières et le flux de matières dans l'installation de traitement devraient également être pris en compte par les concepteurs. Des choix prudents lors de l'aménagement d'une installation ou de la spécification de l'équipement réduisent les coûts opérationnels et les congestions.



Photo 9-4 : Une aire d'entreposage temporaire peut dissocier les systèmes dans l'installation et fournir aux exploitants une certaine flexibilité pour programmer des tâches quotidiennes.

© CH2M HILL



Photo 9-5 : Les concepteurs devraient fournir des échelles et des passerelles appropriées afin de pouvoir facilement accéder à l'équipement pour l'inspection et l'entretien. © CH2M HILL

9.5 Systèmes de ventilation du bâtiment

Tout comme les systèmes de traitement de l'air, les systèmes de ventilation du bâtiment dans une installation de traitement des matières organiques devraient être étroitement intégrés au système de traitement des odeurs afin que l'air de traitement et l'air odorant du bâtiment soient captés et transférés vers le système de traitement des odeurs. Les rejets d'émissions fugitives provoquées par les bâtiments peuvent entraîner des odeurs pouvant gêner les voisins et donner lieu à des plaintes.

Dans l'idéal, le système de ventilation devrait maintenir le bâtiment à une pression légèrement négative afin que l'air soit aspiré dans le bâtiment et que les odeurs soient confinées. La conception de systèmes de ventilation visant à fournir un débit d'air d'au moins six changements d'air par heure et l'utilisation de systèmes d'évacuation avec capture à la source, comme l'explique la section 9.1, aident à contrôler les odeurs, ainsi que la santé et la sécurité.

Les aires de traitement au sein de l'installation peuvent également être séparées par des murs ou des panneaux souples pour prévenir ou minimiser le transfert de grands volumes d'air et la migration d'odeur et de poussière d'un espace à l'autre.

Un système de ventilation filtrée distinct dans les locaux électriques devrait être mis en place afin que l'équipement ne soit pas exposé à la poussière ou aux niveaux traces de gaz corrosifs, ce qui mènerait à un dysfonctionnement prématué. Il peut également être nécessaire d'établir des climatiseurs pour que l'équipement électrique ne surchauffe pas.

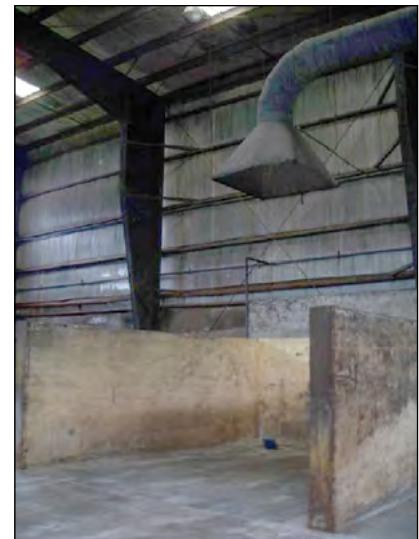


Photo 9-6 : Les systèmes de capture à la source devraient être utilisés pour capter les odeurs avant qu'elles ne se dispersent dans le bâtiment. © CH2M HILL



Photo 9-7 : Laisser les portes ouvertes entrave la capacité des systèmes de ventilation du bâtiment à contenir les odeurs. © CH2M HILL

9.6 Spécifications relatives aux produits de compost

Les utilisations proposées des produits de compost fini générés par l'installation de compostage devraient être prises en compte dans la conception de l'installation afin d'offrir une flexibilité quant à l'équipement de post-traitement, les opérations et l'espace de stockage.

Plus particulièrement, le niveau souhaité de stabilité et de maturité du produit fini doit être pris en compte et reflété dans le temps de séjour des matières dans le système de compostage actif et l'aire de maturation. Si un temps de séjour suffisant n'est pas fourni, il est possible que la matière ne réponde pas aux attentes ou aux exigences du client et que d'autres marchés doivent être explorés.

De même, les exigences des utilisateurs finaux concernant la taille des particules et leur tolérance par rapport aux contaminants sont des facteurs qui jouent un rôle dans la sélection du type d'équipement de tamisage et de raffinage utilisé.

9.7 Opérations pendant l'hiver

Si l'installation de traitement est prévue pour fonctionner à longueur d'année, une considération particulière doit être accordée au travail dans des conditions climatiques froides. Un des premiers problèmes liés aux opérations pendant l'hiver est de maintenir des températures optimales dans les systèmes de compostage et de digestion anaérobiose.

Enfermer ces systèmes dans des bâtiments chauffés est une solution évidente, mais le coût peut être prohibitif pour certains projets. Une option consisterait à isoler les unités de traitement plutôt que de les placer à l'intérieur. Dans le cas des systèmes de compostage en plein air, il est possible qu'il faille ajuster les tailles et les configurations des piles pour minimiser la quantité de chaleur perdue à la surface des piles.

Biofiltres

Il est important de faire attention à ce que les biofiltres restent opérationnels pendant l'hiver. La température de l'air ventilé dans le biofiltre devrait être maintenue au-dessus de 5°C et, dans l'idéal, entre 35 et 40°C afin que les efficacités de traitement ne soient pas perturbées de manière négative. De même, le fait de dépendre sur des systèmes d'irrigation de la surface pour maintenir le niveau d'humidité du biofiltre peut ne pas être possible pendant l'hiver.

Un autre problème lié à l'utilisation des biofiltres pendant l'hiver est le risque de formation de gel du média filtrant autour des bords du biofiltre. Cela se produit si la distribution de l'air est mauvaise ou si le biofiltre est exposé à des vents forts. Une conception et un espacement appropriés des tuyaux de distribution de l'air et l'utilisation de murs périphériques peuvent alléger ces problèmes.

Gestion de l'air et des liquides

Le lixiviat, les effluents et autres liquides qui sont gérés à l'aide de pompes extérieures et de tuyaux hors sol peuvent geler pendant l'hiver et entraîner des ruptures de tuyaux et des dommages à l'équipement. De même, la condensation qui peut se former dans l'équipement de gestion de l'air utilisé pour transférer l'air de traitement à forte teneur en humidité peut geler à l'intérieur des canalisations et des registres de réglages. Les pompes, les pipelines et les canalisations peuvent avoir besoin d'être isolés pour empêcher la formation de gel.



Photo 9-8 : Les exigences de marché et les spécifications du compost fini sont des facteurs qui jouent un rôle dans la sélection et la conception de l'équipement de raffinage.

© Environnement Canada, 2012. Photo : Alain David

Accès

Le besoin d'accéder aux aires de travail extérieures pendant les mois d'hiver est un autre facteur à considérer. L'accès à l'année peut créer le besoin d'améliorer les routes et les aires de traitement et d'avoir un équipement capable d'enlever la neige. Il faudrait également penser à un lieu pour décharger la neige pour que, quand elle fond au printemps, elle ne crée pas de flaques d'eau ou de problèmes de drainage ou encore, qu'elle ne contribue pas inutilement aux quantités de lixiviat.



Photo 9-9 : Les opérations en extérieur pendant les mois d'hiver créent des défis uniques sur les plans conceptuel et opérationnel. © Scott Gamble

Santé et sécurité

L'exploitation en hiver peut également occasionner des problèmes uniques en matière de santé et de sécurité. Par exemple, la vapeur émise par les andains de compostage en plein air et les biofiltres peut créer des bancs de brouillard qui réduisent la visibilité. Une exploitation dans des bâtiments non chauffés peut également provoquer la formation de brume et de condensation excessive au sein des bâtiments. L'humidité peut également geler sur les escaliers, les passerelles, les rampes et d'autres surfaces et créer des dangers de surface glissante.

9.8 Variations saisonnières dans les quantités de déchets

La variation dans les taux de production des déchets sur une base mensuelle, hebdomadaire et journalière est un facteur important à considérer dans la planification et la conception de toutes les installations de traitement des déchets et doit être prise en compte dans la conception des installations et de l'équipement pour éviter les congestions dans la capacité d'entreposage et de traitement.

Généralement, la quantité de déchets solides produits au Canada est supérieure pendant les mois plus chauds (p. ex., de mai à septembre); les résidus alimentaires sont produits de façon constante tout au long de l'année, mais les quantités de matières organiques augmentent radicalement au printemps et en été en raison de l'influence des résidus verts. L'ampleur de cette variation est indiquée dans le graphique de la figure 9-1. Bien que l'échelle de la variation hiver/été puisse différer, cette tendance est typique de ce que l'on rencontre dans les programmes municipaux qui incluent les résidus verts.

Les quantités de résidus verts peuvent également varier d'une année à l'autre au sein de la même région. Intuitivement, ces variations peuvent être attribuées principalement aux variations climatiques qui touchent directement les taux de croissance des arbres et du gazon, comme les variations dans les températures, les précipitations et les heures d'ensoleillement. Les tempêtes de neige au printemps peuvent également accroître les quantités de résidus verts. Lorsque les tempêtes de neige se produisent à la fin du printemps une fois que les feuilles sur les arbres se sont formées, les branches d'arbres peuvent se casser en raison du poids de la neige.

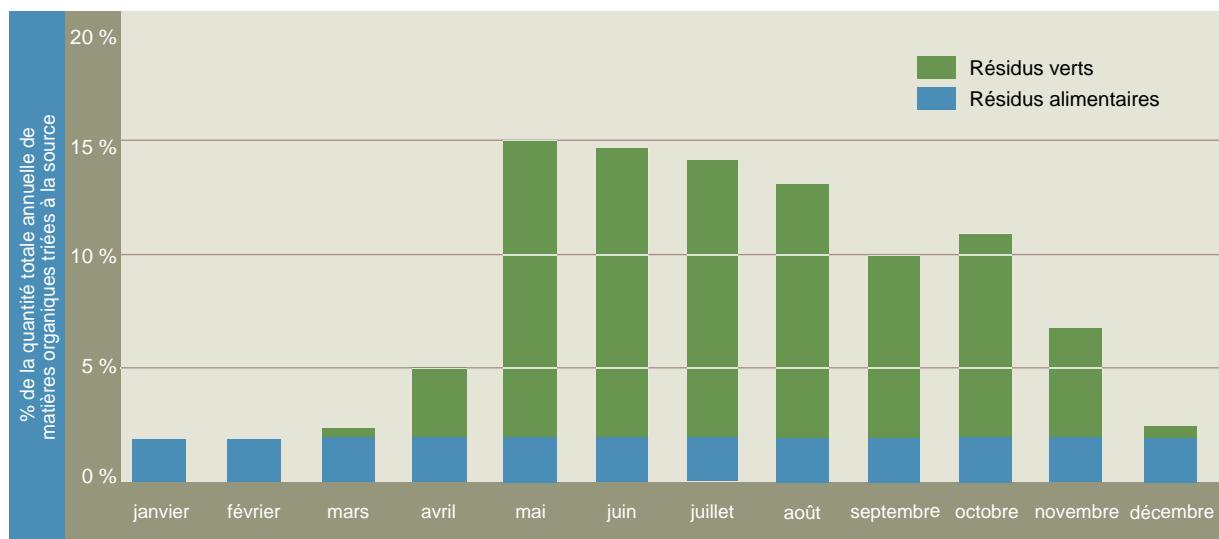


Figure 9-1 : Les taux de production des matières organiques peuvent fortement varier pendant l'année et doivent être pris en compte lors du dimensionnement et de la conception de l'installation de traitement.

Les variations dans les quantités de matières organiques qui se produisent au quotidien sont importantes lors du dimensionnement des installations. Les volumes de déchets journaliers moyens et de pointe sont utilisés pour déterminer la capacité de l'installation. Les tendances et les variations dans les quantités de déchets au cours de la semaine (p. ex., quantité reçue le samedi par rapport à la quantité reçue le lundi) sont également des facteurs qui comptent dans la conception d'installations plus grandes, puisqu'il existe souvent des habitudes d'utilisation liées aux types de clients et de véhicules qui utilisent l'installation chaque jour. Les variations pendant la semaine peuvent également avoir une influence sur les besoins en personnel.

Densité

- La densité des différentes matières premières et le fait de savoir si la densité change durant l'année sont des éléments à prendre en compte dans le processus de conception de l'installation.
- Les feuilles sèches ont une très faible densité (de 25 à 50 kg/m³) et requièrent beaucoup d'espace. Les résidus alimentaires ont une densité de l'ordre de 650 kg/m³.

Puisque la densité des matières organiques peut varier, la variation dans les volumes des matières produites peut être encore plus importante que la variation dans le poids. Par exemple, le gazon sec produit au début du printemps et les feuilles produites à l'automne ont une très faible densité par rapport aux résidus alimentaires. Cette faible densité peut considérablement augmenter l'ampleur des pics observés au printemps et à l'automne et peut être importante, car de nombreuses technologies ont une capacité volumétrique limitée.

9.9 Livraisons des matières premières par les résidents eux-mêmes

Les matières délivrées à la plupart des installations de traitement des matières organiques sont soumises à des programmes de recyclage résidentiels et commerciaux exploités par les municipalités et les entreprises privées de collecte et de recyclage des déchets. Cela signifie que la majorité des matières premières sont délivrées à l'installation de traitement dans de gros camions de collecte des déchets.

Toutefois, il est courant que les installations autorisent également les producteurs résidentiels et commerciaux à délivrer les matières premières directement à l'installation. Cette pratique selon laquelle les résidents livrent eux-mêmes les matières peut grandement accroître les volumes de trafic et entraîner la présence de divers petits véhicules sur le site, qui vont des automobiles à passagers et des minifourgonnettes aux camionnettes et camions-fourgons, tous munis ou non de remorques. Le regroupement de ces divers véhicules et conducteurs ayant des niveaux de compétences différents avec de gros camions de collecte des déchets et des camions à benne dans une petite zone peut créer de graves problèmes de gestion du trafic et de sécurité.

Avec l'acceptation des clients apportant eux-mêmes les matières, une attention particulière doit être accordée aux véhicules de routine au sein du site pour éviter la confusion et les embouteillages et pour maximiser la sécurité de tous les clients et du personnel du site. Il est judicieux de séparer le trafic commercial du trafic lié aux livraisons par les résidents dans la mesure du possible. On y parvient en dirigeant le trafic vers des endroits distincts au sein de l'aire de réception ou en fournissant des aires de déchargement qui sont complètement séparées. Une autre option consiste à offrir une aire de déchargement éloignée pour le trafic résidentiel et à transférer la matière vers l'aire de réception principale à la fin de chaque journée de travail.



Photo 9-10 : Accepter des matières premières directement des résidents peut créer des problèmes de trafic et de sécurité. © Scott Gamble



Photo 9-11 : Installation de gestion des déchets équipée de portes réceptrices pour le trafic lié aux livraisons par les résidents qui sont complètement séparées des portes utilisées par les gros véhicules de collecte des déchets. © CH2M HILL

9.10 Panneaux

Les panneaux sont essentiels, mais sont souvent une composante négligée des installations de gestion des déchets. Ils sont nécessaires pour diriger le trafic, pour établir des limites de vitesse, pour contrôler l'accès aux zones d'exploitation et pour fournir des renseignements sur les redevances de déversement et sur les matières acceptables et indésirables. Certaines provinces exigent également que les panneaux comportant des coordonnées d'urgence soient installés à l'entrée des installations de gestion des déchets.

Il est essentiel que les panneaux soient lisibles et qu'ils utilisent un langage clair et simple que l'on comprend facilement. Dans l'ensemble du site, ces panneaux doivent être uniformes pour ce qui est des caractères, de la palette de couleurs, de la taille et du positionnement.

Bien que le plus souvent les panneaux soient fournis en anglais ou en français, certaines régions peuvent avoir besoin de panneaux écrits dans d'autres langues.



9.11 Protection contre la corrosion

L'expérience à plusieurs installations de traitement des déchets solides a démontré les dommages pouvant être subis en raison des environnements de gestion des matières organiques à forte teneur en humidité ainsi que les gaz dégagés par les processus de digestion anaérobiose et de compostage. Si elle n'est pas contrôlée, la corrosion peut entraîner la fermeture permanente d'une installation et la démolition des bâtiments pour des raisons de sécurité.

D'après cette expérience, tous les bâtiments, la ventilation ainsi que les conduits de chauffage et l'équipement, les extincteurs, les lignes de gaz naturel ainsi que l'équipement de gestion et de traitement de l'air de traitement qui entreront en contact avec les matières organiques, les gaz dégagés par le traitement ou d'autres environnements corrosifs à l'installation devraient être conçus et construits à l'aide de matériaux adaptés ou de revêtement de protection pour minimiser la corrosion.

Au cours des 20 dernières années, de nombreuses avancées ont été faites dans la compréhension de la corrosion qui se produit au sein des installations de traitement des matières organiques et concernant ce qui doit être fait pour prolonger la durée de vie des bâtiments et de l'équipement. Par exemple, l'utilisation de revêtements époxydiques et au polyuréthane sur les composants structurels des bâtiments est devenue plus courante, tout comme l'utilisation de composants galvanisés ou faits d'acier inoxydable. L'utilisation d'autres matériaux, comme le plastique ou le plastique renforcé de fibre, est également devenue plus courante.

La conception des systèmes de ventilation des bâtiments et des processus fait également partie intégrante de la prévention de la corrosion. Contenir les gaz dégagés corrosifs provenant des processus et contrôler l'humidité peut aider à prolonger la durée de vie des composants et de l'équipement du bâtiment.

Facteurs à considérer concernant la protection contre la corrosion

- Les composants et l'équipement du bâtiment aux installations de traitement des matières organiques sont soumis à de forts niveaux de corrosion.
- Il est nécessaire d'utiliser des matériaux qui résistent à la corrosion (p. ex., acier inoxydable, plastique), des revêtements spéciaux et des taux de ventilation élevés pour gérer la corrosion.
- Il est important d'accorder une attention particulière aux composants structurels du bâtiment et aux systèmes de ventilation du processus.



Photo 9-12 : La corrosion s'est avérée être l'une des plus importantes difficultés en matière de conception pour l'industrie de traitement des matières organiques.
© CH2M HILL

9.12 Exigences provinciales et municipales

Dans le cadre des lois sur la protection de l'environnement, la plupart des gouvernements provinciaux et territoriaux ont élaboré des règlements spécifiques qui s'adressent aux installations de gestion des matières organiques. De nombreuses provinces ont également élaboré des lignes directrices ou des règlements destinés tout particulièrement aux installations de compostage ou de digestion anaérobiose.

Généralement, ces règlements et ces lignes directrices abordent les exigences de choix du site et de conception, notamment les distances de séparation par rapport aux caractéristiques environnementales naturelles et les utilisations des terres sensibles (p. ex., hôpitaux, écoles et établissements de préparation



des aliments du secteur commercial), les caractéristiques de protection environnementale (p. ex., membranes d'étanchéité, lixiviat et contrôles des eaux de surface), les spécifications en matière de construction et les exigences de fermeture. Les protocoles d'exploitation et les exigences liées à la surveillance, à la tenue de dossier et à la production de rapports d'une installation sont également souvent précisés.

Outre ces exigences provinciales ou territoriales, les installations de traitement des matières organiques sont soumises à des exigences d'aménagement et de réaménagement et de règlements qui ont été promulgués par la municipalité dans laquelle elles sont situées. Cela s'applique aux installations détenues par les municipalités aussi bien que par le privé.

Les règlements municipaux sont généralement élaborés pour couvrir divers problèmes généraux que l'on rencontre couramment lors des aménagements résidentiels, commerciaux et industriels. Cela comprend la prévention du bruit, les contrôles de la poussière et des déchets sauvages, les contrôles de l'eau de surface, les déversements dans les systèmes d'égouts sanitaires et pluviaux, les hauteurs de bâtiments, les distances de séparation par rapport aux limites des propriétés et les exigences relatives à la prévention et au contrôle des incendies (p. ex., accès et accumulation des matières inflammables). Certaines municipalités canadiennes ont également promulgué des règlements spécifiques qui s'adressent aux installations de traitement des matières organiques ou aux installations de gestion des déchets solides en général. Plusieurs de ces municipalités requièrent également un permis spécifique pour ces installations qui s'ajoute aux permis réguliers d'aménagement et de construction et à toute autre exigence des organismes provinciaux.



10. Infrastructure de soutien courante



Comme l'indique la figure 10-1, une installation de traitement des matières organiques est souvent équipée de plusieurs aires de travail distinctes où se déroulent les diverses étapes de traitement. Les exigences fonctionnelles et conceptuelles pour chacune de ces aires sont légèrement différentes et ces différences doivent être comprises par les concepteurs.

Le présent chapitre fournit un aperçu des diverses zones d'exploitation et de l'infrastructure de soutien commune aux installations de traitements aérobies et anaérobies ainsi qu'une discussion liée aux caractéristiques de chaque zone. Plus particulièrement, l'infrastructure de soutien suivante est abordée.

- Section 10.1 : Aire de réception des matières premières
- Section 10.2 : Aire d'entreposage des agents structurants
- Section 10.3 : Aire de maturation du compost
- Section 10.4 : Aire d'entreposage du compost fini
- Section 10.5 : Aires d'entreposage des matières résiduelles
- Section 10.6 : Infrastructure de gestion du lixiviat et des effluents
- Section 10.7 : Infrastructure de gestion des eaux pluviales contaminées
- Section 10.8 : Infrastructure de gestion des eaux pluviales non contaminées
- Section 10.9 : Autres exigences en matière d'infrastructure



Figure 10-1 : Zones d'exploitation d'une installation typique de traitement des matières organiques des déchets solides municipaux



10.1. Aire de réception des matières premières

Une aire de réception bien définie devrait être incluse dans l'aménagement et la conception de toutes les installations de traitement de matières organiques. Une aire désignée permet des contrôles du trafic qui empêchent les véhicules de livraison d'entrer dans des zones de traitement et de créer éventuellement des problèmes de sécurité. Elle permet également aux matières premières d'être inspectées avant d'être traitées afin de pouvoir retirer les matières potentiellement dangereuses et indésirables, comme les gros objets tranchants.

L'inclusion d'un petit **espace d'entreposage temporaire** dans l'aire de réception fournit au personnel des opérations la flexibilité de gérer les pics dans les livraisons et le prétraitement des matières, de manière plus uniforme.

Un autre avantage d'avoir un espace d'entreposage temporaire est que la matière première peut continuer d'être reçue même si le traitement est interrompu pendant de courtes périodes (p. ex., en raison du dysfonctionnement de l'équipement ou des perturbations du processus). Aux installations auxquelles on accède par la route et qui sont sujettes aux embouteillages, l'entreposage offre une certaine flexibilité pour programmer les livraisons en dehors des heures de pointe, ce qui peut aider à réduire les coûts de collecte et de transfert.

La taille de l'**aire de réception** variera en fonction de la capacité journalière de l'installation et du nombre et des types de véhicules livrant la matière première. Au minimum, l'aire de réception devrait permettre à au moins deux véhicules de décharger des matières simultanément et à l'équipement de gestion de la matière de manœuvrer au sein de l'aire d'entreposage au même moment. Dans les installations plus grandes, il peut être nécessaire de permettre le passage de plus de deux véhicules en même temps.

Pour aider à atténuer les odeurs, la taille de l'**espace d'entreposage** dans l'aire de réception devrait être limitée à une quantité de matières équivalente à un à trois jours. Indépendamment du volume d'espace fourni, le personnel des opérations devrait toujours s'efforcer de traiter les matières le jour même de leur arrivée à l'installation. Si les matières premières sont entreposées pendant plus d'une journée, elles doivent être entreposées selon la méthode du « premier entré », « premier sorti ». Les matières premières plus vieilles ne devraient pas être recouvertes par les nouvelles matières premières ou être inaccessibles lorsque de nouvelles matières sont reçues.



Photo 10-1 : Des positions de décharge multiple et clairement définies devraient être fournies, en particulier aux installations qui répondent aux besoins des clients résidentiels.
© Scott Gamble

Facteurs à considérer concernant la taille de l'aire de réception

Le nombre nécessaire d'aires nécessaires au déchargement des véhicules est déterminé par :

- Nombre de véhicules de livraison qui arrivent pendant l'heure de pointe de la journée
- La durée de déchargement des véhicules :
 - Les camions à ordures de collecte porte-à-porte peuvent être déchargés en dix minutes ou moins.
 - Le déchargement des remorques à plancher mobile peut prendre jusqu'à 30 minutes.
- Temps d'attente acceptable



Photo 10-2 : Bâtiment de réception avec revêtement de style tissu © CH2M HILL



Aires de réception en plein air

Idéalement, les aires de réception en plein air devraient être pavées ou avoir une surface dure (p. ex., béton ou sol stabilisé à la chaux ou au ciment) pouvant supporter les charges des camions et des chargeuses frontales. L'objectif, en partie, consiste à s'assurer que l'aire de réception est accessible quelles que soient les conditions climatiques prévues et que les matières premières peuvent être retirées ou traitées régulièrement (plutôt que de les laisser s'accumuler, ce qui occasionnerait des nuisances). L'aire de réception devrait comporter une pente de 0,5 à 2 % et les eaux de ruissellement en surface devraient être recueillies aux fins de traitement. De même, les règlements environnementaux exigent que les aires de réception en plein air soient construites sur une membrane de protection environnementale (p. ex., argile ou matière synthétique) pour protéger les ressources d'eau souterraine.



Photo 10-3 : Bâtiment de réception avec un cadre d'ingénierie en acier
© CH2M HILL



Photo 10-4 : Portes de garage en caoutchouc à cycle rapide utilisées à une installation de compostage
© Scott Gamble

Aires de réception fermées

Étant donné que certaines matières premières (p. ex., résidus alimentaires) peuvent produire des odeurs ou attirer les oiseaux ou la faune, il peut être bénéfique que l'aire de réception soit partiellement ou totalement fermée dans un bâtiment. Un certain nombre de types de bâtiment peuvent être utilisés et varient des bâtiments avec structure en bois ou revêtement de style tissu à des structures d'ingénierie en métal. Le style de bâtiment utilisé est fonction du volume d'espace intérieur nécessaire, des exigences en matière de dégagement intérieur, de la conception de la ventilation pour capter les odeurs et de la protection contre la corrosion.

Concevoir le bâtiment de façon à ce que les véhicules de livraison puissent être complètement à l'intérieur avec les portes d'accès fermées lorsqu'ils procèdent au déchargement permet de réduire considérablement le risque de diffusion des odeurs. Toutefois, cette approche accroît fortement la taille et le coût du bâtiment, en particulier s'il doit être conçu pour accueillir de grandes remorques ou semi-remorques qui sont généralement utilisés pour transporter les matières depuis les stations de transfert. Le concept visant à utiliser deux portes pour créer un « sas » dans lequel les véhicules doivent passer pour entrer dans le bâtiment de réception est une autre manière de réduire le risque d'émissions d'odeurs. Toutefois, ces types de systèmes augmentent également la taille et la complexité du bâtiment et son coût de construction.

Facteurs à considérer concernant les aires de réception fermées

- Réduit le risque que des oiseaux et des animaux soient attirés vers l'installation
- Augmente la capacité à contenir et à gérer les odeurs
- Permet de mieux contenir et de mieux gérer les déchets sauvages
- Aide à réduire les quantités d'eaux pluviales contaminées et les exigences en matière de traitement
- Améliore les conditions de travail et le confort de l'exploitant pendant l'hiver
- Les enceintes augmentent le coût en capital de l'installation.
- Des systèmes de détection et de gicleurs en cas d'incendie sont généralement requis au sein d'un bâtiment de réception fermé.



Les portes se relevant au plafond qui s'ouvrent et se ferment rapidement sont une caractéristique recommandée qui devrait être intégrée aux bâtiments récepteurs. Chaque fois que les portes se relevant au plafond sont ouvertes, la capacité des systèmes de ventilation à retenir l'air odorant dans le bâtiment est sérieusement compromise. L'utilisation de portes qui peuvent être ouvertes ou fermées en 15 secondes ou moins peut aider à réduire significativement les répercussions sur les systèmes de ventilation ainsi que les temps de déchargement des véhicules de livraison.

La technologie du rideau d'air est devenue un moyen populaire d'équilibrer les coûts de conception structurelle et de construction avec le besoin de contenir les odeurs aux installations de traitement des matières organiques. Un système de rideau d'air comporte un système de ventilateur et de canalisations installé le long du cadre supérieur des portes de garage. Le système souffle rapidement de l'air vers le bas sur toute la largeur de la porte qui s'ouvre et crée une barrière invisible qui empêche l'air intérieur de sortir et l'air extérieur de rentrer. Certains exploitants d'installations affirment également que le courant d'air soufflé à haute vitesse dissuade également les oiseaux d'entrer dans l'installation par les portes ouvertes.

Les planchers au sein des aires de réception fermées sont normalement faits de béton, bien qu'il soit possible d'utiliser de l'asphalte. Dans tous les cas, les planchers devraient être construits en pente depuis les portes afin que le lixiviat qui s'échappe des matières premières soit contenu dans le bâtiment. Les drains de plancher peuvent recueillir le lixiviat et le diriger vers des réservoirs de stockage, mais ils peuvent se boucher et devenir un problème d'entretien récurrent. L'absorption des lixiviat avec des matières premières sèches, des copeaux de bois ou du compost, suivi de leur compostage peut être une alternative préférable de gestion du lixiviat.

10.2 Aire d'entreposage des agents structurants

Les agents structurants généralement utilisés aux installations de traitement municipales (paille, copeaux de bois et sciure de bois) ont habituellement une forte teneur en carbone et une faible teneur en humidité, et peuvent être entreposés à l'extérieur sans produire d'odeurs. Toutefois, il peut être nécessaire d'établir un genre de système de confinement ou d'enceinte pour éviter que ces agents structurants soient mouillés par les précipitations ou emportés par les vents forts.



Photo 10.5 : Rideau d'air installé au-dessus d'une porte de garage © CH2M HILL

Facteurs à considérer concernant l'apport d'agents structurants

- Maintenir un bon apport d'agents structurants secs pour veiller à ce que suffisamment de matières soient disponibles afin de les mélanger aux matières humides livrées pendant des pics imprévus.
- Les agents structurants secs peuvent également être utilisés pour absorber les liquides qui coulent des matières premières dans l'aire de réception, ainsi que le lixiviat, le digestat et d'autres liquides qui se déversent autour de l'installation.

Facteurs à considérer concernant l'aire d'entreposage des agents structurants

- Les aires d'entreposage fermées maintiennent les agents structurants secs, ce qui accentue leur utilité relativement à l'ajustement de la teneur en eau des matières premières humides.
- Les enceintes retiennent la poussière et empêchent les agents structurants d'être soufflés hors du site.
- Les enceintes augmentent le coût en capital de l'installation.
- Des systèmes de détection et de gicleurs en cas d'incendie peuvent être requis au sein d'un bâtiment d'entreposage d'agents structurants.



En fonction des conditions climatiques et hydrogéologiques, l'établissement d'un système de membrane d'étanchéité sous les aires d'entreposage des agents structurants, pour empêcher les répercussions sur les eaux souterraines, peut être nécessaire.

Les agents structurants, comme les copeaux de bois, la paille et le papier, sont inflammables. Les codes et les arrêtés locaux liés aux bâtiments peuvent contenir des exigences précises, notamment sur la hauteur maximale des piles, les volumes et les distances de séparation entre les piles. Le besoin d'avoir des systèmes de détection et de gicleurs en cas d'incendie doit être pris en compte et intégré à la conception de l'installation.

10.3 Aire de maturation du compost

Aux installations qui utilisent des technologies de compostage en système fermé, les activités de maturation se déroulent généralement dans une aire distincte et à l'extérieur. Dans les installations de compostage en plein air, la maturation a généralement lieu au même endroit que le compostage actif, car cette méthode est plus pratique et réduit les exigences en matière de gestion des matières.

Lorsque les aires de maturation et de compostage actif sont séparées, elles devraient être situées en haut d'une pente afin que les liquides drainés depuis les aires de réception et de traitement actif ne coulent pas dans ou à travers l'aire de maturation.

Comme pour les aires de réception en plein air, la surface de travail dans les aires de maturation extérieures devrait être conçue pour faire face à l'usure prévue de l'équipement du site, comme les chargeuses frontales et les camions. Bien que le béton et l'asphalte soient les surfaces de travail les plus souhaitables, leurs coûts en capital peuvent être prohibitifs. Par conséquent, les aires de maturation sont souvent faites de gravier, de béton ou d'asphalte broyé et de sols stabilisés à la chaux ou au ciment. Des aires de travail en argile recouvertes d'une couche de terres végétales ou de copeaux de bois ont également été utilisées. La plupart du temps, les aires de maturation reposent sur un système de doublure en argile ou synthétique pour protéger les eaux souterraines.

Les aires de maturation devraient toujours avoir une pente de 0,5 à 2 % pour favoriser l'écoulement de surface. Il est important de veiller à ce que les andains et les piles soient orientés dans la même direction que la pente de l'aire de maturation pour éviter de bloquer l'écoulement des eaux de surface et du lixiviat d'une pile vers une pile adjacente.



Figure 10-2 : Aménagement des andains dans une aire de maturation
Les andains devraient toujours être orientés dans la même direction que la pente de l'aire de maturation afin de ne pas bloquer le drainage.

10.4 Aire d'entreposage du compost fini

Le compost fini devrait être entreposé loin des zones d'exploitation afin de ne pas être contaminé par les matières premières entrantes ou les eaux de ruissellement en surface provenant des aires de compostage



actif et de maturation. Idéalement, les clients peuvent accéder facilement à l'aire d'entreposage des produits; ils ne devraient pas avoir à passer par les zones d'exploitation pour se rendre à l'aire d'entreposage, car cela augmente les risques en matière de sécurité.

L'aire de stockage devrait avoir des surfaces nivélées (p. ex., une pente de 0,5 à 2 %) qui favorisent l'écoulement de surface et empêchent l'eau de s'accumuler, un phénomène qui peut augmenter la teneur en eau du produit (et nuire aux ventes) ou entraîner des conditions anaérobies et des odeurs. L'aire d'entreposage des produits devrait aussi comporter une surface de travail constituée de matériaux de sous-base et de base robustes, capables de soutenir le poids des chargeuses frontales et des camions, sans risque de créer des ornières. De grandes ornières peuvent limiter l'accès des véhicules et conduire à une accumulation plus importante de l'eau.

La taille des aires d'entreposage des produits est un facteur clé à considérer et elle est normalement déterminée par le cycle de production de l'installation et la demande en compost au cours de l'année. Il est important de tenir compte des éléments suivants lors de la conception des aires d'entreposage :

- Les renseignements relatifs au cycle de marché (c.-à-d. quantité de produit vendu pendant chaque mois de l'année), en combinaison avec l'extrant de production mensuelle ou hebdomadaire prévue de l'installation, sont utilisés pendant l'étape de conception de l'installation pour déterminer les exigences d'entreposage.
- L'état dans lequel les produits sont vendus influe sur les exigences en matière d'espace d'entreposage. Lorsque les produits de compost sont vendus en vrac, ils peuvent être stockés en grandes piles entreposées qui maximisent l'utilisation de l'espace. Toutefois, si les produits sont ensachés et palettisés, le volume d'espace requis augmente fortement, puisque les palettes qui soutiennent le compost ensaché ne peuvent être superposées.



Photo 10-6 : L'accumulation d'eau dans l'aire d'entreposage des produits d'une installation de compostage peut perturber l'accès et entraîner la formation d'odeurs. © CH2M HILL

10.5 Aires d'entreposage des matières résiduelles

Il est courant pour les matières premières, recueillies grâce aux programmes de collecte des matières organiques séparées à la source des secteurs résidentiels et commerciaux décrits au chapitre 12, de



contenir entre 5 et 10 % de matières indésirables par poids. Ces matières inorganiques doivent être retirées des matières premières et envoyées dans un site d'enfouissement ou une installation de transformation des déchets en énergie, aux fins d'élimination.

Comme nous l'avons indiqué aux chapitres 3 et 4, ces matières indésirables (p. ex., conteneurs en plastique et de métal et sacs en plastique) peuvent être retirées des matières premières à divers moment pendant les processus de compostage et de digestion anaérobio. Dans la mesure du possible, les matières résiduelles devraient être retirées pendant les étapes de récupération et de prétraitement des matières premières afin que la qualité des produits finis ne soit pas entravée.

Une fois que ces matières indésirables ont été retirées, elles devraient être entreposées dans des conteneurs mobiles, dans des tunnels en blocs de béton ou par le biais d'une autre méthode qui empêche la formation de déchets sauvages. La taille des conteneurs et des tunnels en béton devrait être choisie de manière à éviter l'accumulation d'une quantité de matières équivalente à plus de deux ou trois jours; il est alors obligatoire d'avoir un programme d'élimination fréquente, ce qui aide à éviter la formation d'odeurs.

10.6 Infrastructure de gestion du lixiviat et des effluents

Le lixiviat correspond aux liquides concentrés qui s'écoulent des piles entreposées de matières premières, des piles de compostage actif et de maturation et des piles résiduelles. Des effluents peuvent également être produits dans les digesteurs.¹ Un contrôle et une gestion appropriés du lixiviat sont nécessaires pour empêcher les rejets de contaminants dans l'environnement qui pourraient avoir des effets nocifs.

Les concepteurs et les exploitants devraient se concentrer sur la séparation des lixiviat en lixiviat faiblement chargés (c.-à-d. les moins contaminés) et fortement chargés (c.-à-d. les plus contaminés).



Photo 10-7 : Des conteneurs mobiles fermés peuvent être utilisés pour contenir les détritus et les matières résiduelles occasionnés par les opérations de prétraitement et de tamisage. © CH2M HILL

Sources de lixiviat et d'effluents

Sources fortement chargées :

- Eaux de ruissellement provenant des piles entreposées de matières premières
- Condensat et lixiviat provenant des systèmes d'aération et des systèmes de refroidissement de l'air de traitement
- Effluents provenant des opérations de déshydratation
- Eau provenant du lavage de l'équipement et du plancher
- Liquide drainé provenant de biofiltres
- Égouts provenant des toilettes et des salles de douche du personnel

Sources faiblement chargées :

- Eaux de ruissellement provenant des aires de maturation et des aires d'entreposage des produits
- Eaux de ruissellement provenant des aires d'entreposage des agents structurants en plein air

¹ Certaines technologies de digestion anaérobio produisent du digestat ayant une très faible teneur en solides (moins de 10 %) et qui est généralement déshydraté avant une gestion et un traitement plus poussés. Les effluents produits par le processus de déshydratation sont appelés centrat. Le digestat et le centrat, que les chapitres 4 et 6 abordent plus en détail, sont généralement différenciés du lixiviat.



Cela permet davantage de flexibilité dans les options de traitement et d'élimination; il est généralement plus rentable de traiter des volumes moins importants de lixiviat fortement chargé que de grands volumes de lixiviat faiblement à modérément chargé.

Lorsque le lixiviat fortement chargé est recueilli séparément, il peut être bénéfique de l'entreposer dans des réservoirs souterrains ou hors sol. Le lixiviat fortement chargé peut être une source importante d'odeurs; il est beaucoup plus facile de capter l'air odorant émis par les systèmes de ventilation d'un réservoir que de capter l'air émis par un bassin de rétention à l'air libre.

Comme nous l'avons abordé aux chapitres 3 et 4, la réutilisation du lixiviat dans les processus de digestion anaérobiose et de compostage est une pratique courante. Toutefois, il peut être impossible de réutiliser l'ensemble du lixiviat produit. Par conséquent, les options de traitement, notamment le traitement sur place, le déchargement dans les réseaux d'égouts sanitaires ou l'élimination hors site à une installation de traitement des eaux usées, devraient être étudiées pendant les processus de planification et de conception. Le choix de l'option de gestion, et les coûts associés, dépend des concentrations d'éléments nutritifs et de contaminants, ainsi que des règlements provinciaux et municipaux.



Photo 10-8 : Les puisards et les réservoirs souterrains sont couramment utilisés pour recueillir et entreposer le lixiviat fortement chargé. © CH2M HILL

10.7 Infrastructure de gestion des eaux pluviales contaminées

Les eaux pluviales contaminées comprennent les eaux de ruissellement en surface et les eaux évacuées des toits qui sont entrées en contact avec le lixiviat, les matières premières qui sont entreposées ou traitées à l'extérieur, ainsi que les matières résiduelles. Puisqu'elles ont le potentiel de contenir des contaminants (malgré des concentrations plus faibles que le lixiviat), ces eaux de ruissellement doivent être gérées pour empêcher les répercussions sur l'environnement. Il est judicieux de présumer que les eaux pluviales qui s'écoulent des aires de réception (et d'entreposage) extérieures de matières premières et d'agents structurants, des aires de traitement et des aires d'entreposage des matières résiduelles sont contaminées, et de concevoir et d'exploiter une installation en conséquence.

Le captage et la collecte d'eaux pluviales contaminées requièrent la combinaison de plusieurs éléments : nivellation du site, rigoles, fossés, murets, gouttières et bassins de réception. Si les bassins de réception doivent être utilisés, il est important de tenir compte des pièges à sédiments et à débris, puisqu'il est beaucoup plus probable que les matières s'accumulent dans les bassins de réception et dans les lignes souterraines associées.

Facteurs à considérer sur le lixiviat et les effluents

Pour réduire la quantité de matières fortement chargées à traiter, le lixiviat et les effluents devraient être séparés et gérés séparément des eaux pluviales contaminées.



Photo 10-9 : Les eaux pluviales contaminées sont couramment recueillies dans les bassins de rétention et réutilisées dans le processus de traitement. © CH2M HILL



Les eaux pluviales contaminées sont généralement recueillies dans les bassins de rétention où elles peuvent être testées avant d'être diffusées. Ces bassins de conception doivent, au minimum, être capables de gérer le flux occasionné par des événements climatiques majeurs de récurrence 25 ans, pendant une période de 24 heures. Rendre les bassins de rétention étanches grâce à des doublures d'argile artificielle ou des matières synthétiques afin d'empêcher les fuites et les répercussions possibles sur les eaux souterraines est une exigence courante. Il peut être également bénéfique d'aérer les bassins avec des systèmes de pompe ou à pales pour réduire les niveaux de contaminants organiques biodégradables présents dans les eaux pluviales.

La réutilisation des eaux pluviales contaminées dans les processus de digestion anaérobie et de compostage est une pratique répandue utilisée pour minimiser le besoin d'utiliser de l'eau potable dans les opérations du processus.

10.8 Infrastructure de gestion des eaux pluviales non contaminées

L'écoulement des eaux pluviales qui n'entre pas en contact avec les matières premières, comme l'eau provenant des toits des bâtiments et des parcs de stationnement, est normalement considéré comme étant propre et n'exige pas de gestion particulière avant d'être rejeté dans l'environnement.

Les concepteurs devraient se concentrer sur l'établissement d'une infrastructure qui empêche les eaux pluviales propres de se mélanger aux eaux pluviales contaminées et au lixiviat. L'infrastructure, comme les fossés, les rigoles, les bermes ou d'autres méthodes d'écoulement, peut être efficacement utilisée dans le cadre de l'aménagement du site. Des dispositions de captage ou de détournement de l'eau évacuée des toits depuis les gouttières et les tuyaux de descente devraient également être envisagées.

Même si l'on considère que les eaux pluviales ne sont pas contaminées, il existe un risque que les sédiments soient entraînés dans l'eau lorsqu'elle coule à travers le site et les fossés de drainage. Par conséquent, il peut être nécessaire de retirer les sédiments des eaux pluviales à l'aide de bermes filtrantes ou de bassins de décantation.

Facteurs à considérer concernant les bassins d'eaux pluviales contaminées

- Fournir une capacité supplémentaire dans les bassins de rétention des eaux pluviales augmente la flexibilité opérationnelle en s'assurant qu'il y a toujours une source d'eau pour répondre aux besoins du processus.
- Les bassins d'eaux pluviales peuvent également être une source d'eau pour laver l'équipement et éteindre les incendies.



Photo 10-10 : Les bermes filtrantes et les rigoles de drainage biologiques peuvent être une manière rentable de retirer les sédiments des eaux pluviales non contaminées. © Scott Gamble



Photo 10-11 : L'eau évacuée des toits devrait être dirigée autour des zones d'exploitation pour minimiser la quantité d'eau de surface contaminée qui doit être recueillie et traitée. © Scott Gamble

10.9 Autres exigences en matière d'infrastructure

En fonction du site et du lieu de l'installation de traitement, des infrastructures supplémentaires peuvent être requises. Si l'installation de traitement est située à une installation existante de gestion des déchets (p. ex., site d'enfouissement ou centre de recyclage) ou sur un terrain de travaux publics, il peut être possible de partager les infrastructures existantes. Les infrastructures supplémentaires pouvant être requises comprennent :

- Des systèmes de balance pour suivre les quantités de matières premières entrantes et fournir une base pour facturer les clients;
- Des installations de douche et d'armoires-vestiaires et des salles de pause pour le personnel du site;
- Des aires de bureaux;
- Une aire d'entreposage pour stocker les pièces de rechange;
- Une zone d'entretien;
- Un point de remplissage en carburant sur place.



11. Équipement de soutien courant



Indépendamment du type de technologie utilisée, la plupart des installations de traitement des matières organiques s'appuient fortement sur une combinaison d'équipement mobile et fixe pour gérer les matières, mélanger les matières premières, tamiser les produits et déplacer la matière dans le processus. Dans le cas des installations ayant de grands volumes de matières à traiter (p. ex., plus de 20 000 tonnes de matières organiques séparées à la source par an), les considérations liées au choix des équipements en lien avec la productivité sont tout aussi importantes pour le succès du projet que les considérations liées au processus.

Le présent chapitre aborde la gamme d'équipement de soutien couramment utilisé aux installations de traitement des matières organiques, notamment :

- Section 11.1 : Chargeuses frontales
- Section 11.2 : Équipement de mélange
- Section 11.3 : Équipement de tamisage
- Section 11.4 : Équipement de réduction de la taille
- Section 11.5 : Système de transport

11.1 Chargeuses frontales

Les chargeuses frontales, également appelées chargeuses montées sur roues, sont une pièce d'équipement clé utilisée à la plupart des installations de traitement des matières organiques. Elles peuvent être utilisées pour réaliser une grande variété de tâches, notamment :

- Déplacer les matières premières et d'autres matières
- Charger et décharger les systèmes fermés
- Bâtir des andains et des piles entreposées
- Tourner et agiter les piles
- Charger le compost dans un équipement de tamisage
- Charger le produit de compost fini dans les camions
- Racler et nettoyer les surfaces pavées

Les chargeuses frontales sont disponibles dans une grande variété de tailles, qui vont de 50 à 1 600 chevaux-puissance. Les modèles plus grands



Photo 11-1 : Les chargeuses frontales sont les bêtes de somme de l'industrie des matières organiques. © CH2M HILL



sont rarement utilisés dans l'industrie des déchets solides et sont généralement employés dans l'industrie minière. Les chargeuses frontales situées dans la fourchette de 100 à 250 chevaux-puissance sont plus couramment utilisées aux installations de traitement des matières organiques.

Pour éviter les contraintes et les congestionnements dans la manutention de la matière, l'aménagement de l'installation de traitement devrait toujours se faire en gardant à l'esprit la taille et les capacités de la chargeuse frontale. Par exemple, les aires de réception devraient avoir un espace suffisant pour permettre à la chargeuse frontale de manœuvrer et de tourner, même lorsque l'aire de réception est remplie de matières premières. Lorsque les chargeuses frontales sont utilisées à l'intérieur des bâtiments, il est important de s'assurer d'avoir une hauteur libre suffisante pour que le godet de la chargeuse en position levée évite les poutres de toiture, les systèmes d'extincteur, les lumières et d'autres composants du bâtiment.

Il est également important de faire correspondre la taille de la chargeuse frontale à tout autre équipement de l'installation. Par exemple, une chargeuse frontale à grande capacité peut facilement surcharger un équipement de broyage ou de tamisage et entraîner une diminution du rendement.

Une attention particulière doit également être accordée à la taille et au style de godet. Il existe de nombreuses options de godets disponibles et la taille et le type de godets standard dont les chargeuses frontales sont équipées ne sont habituellement pas le meilleur choix pour des opérations de traitement des matières organiques. Le tableau 11-1 fournit une comparaison des différents types de godets.

Tableau 11-1 : Chargeuses frontales—Avantages et inconvénients des différents types de godets

Types de godets	Avantages	Inconvénients
Tâches générales	<ul style="list-style-type: none"> N'atténue pas la visibilité Peut être utilisé pour gérer les graviers et le sable sans risquer d'excéder la capacité de levage de la chargeuse 	<ul style="list-style-type: none"> Ne gère pas efficacement les matières légères.
Godet surdimensionné	<ul style="list-style-type: none"> Permet une plus grande productivité pendant la gestion des matières légères 	<ul style="list-style-type: none"> Des contrepoids arrière peuvent être nécessaires pour compenser l'excès de poids du godet. Un godet plus grand peut atténuer la visibilité. Lorsque des matières denses sont gérées (p. ex., gravier et terres végétales), la capacité de levage de la chargeuse peut être excédée.
Godet mobile	<ul style="list-style-type: none"> Permet de charger les tamiseurs, les mélangeurs et les camions sans utiliser de rampes 	<ul style="list-style-type: none"> Le poids excédentaire du godet rend les contrepoids arrière nécessaires. Requiert une formation supplémentaire de l'exploitant. Lorsque des matières denses sont gérées (p. ex., gravier et terres végétales), la capacité de levage de la chargeuse peut être excédée.



Photo 11-2 : Chargeuse frontale équipée d'un godet mobile, ce qui renforce considérablement la portée et la polyvalence © CH2M HILL

11.2 Équipement de mélange

Plusieurs types de mélangeurs sont disponibles et conviennent pour mélanger des matières premières à forte teneur en eau, comme les résidus alimentaires avec des agents structurants (voir le tableau 11-2 pour obtenir une comparaison de l'équipement de mélange). Ces mélangeurs sont généralement constitués d'une trémie avec un mécanisme de mélange monté sur un axe vertical ou horizontal. Ces unités de mélange ne sont normalement pas utilisées pour traiter les résidus verts à moins qu'ils aient été broyés au préalable et qu'ils soient utilisés en tant que matière structurante.

Les mélangeurs verticaux sont généralement dotés d'une à deux tarières dont le diamètre est compris entre 1 et 1,5 m et qui sont montées dans la base d'une grande trémie de mélange ouverte. Les matières sont chargées dans la trémie à l'aide de convoyeurs ou d'une chargeuse frontale et mélangées pendant cinq à dix minutes environ. Une fois mélangées, les matières sont déchargées par une porte située sur le côté de la trémie de mélange.

Les mélangeurs horizontaux utilisés dans le traitement des matières organiques comportent des malaxeurs à hélices, des mélangeurs à pales et des mélangeurs à tarières. Les malaxeurs à hélices et les mélangeurs à pales sont semblables par leur axe horizontal unique à partir duquel des bras de malaxage s'étendent radialement. Les extrémités des bras de malaxage dans les mélangeurs à hélices ont des pales fixées dessus, tandis que les mélangeurs à pales ont des pales en forme de soc à l'extrémité du bras de malaxage qui tend à lever et à faire rouler la matière.

Les mélangeurs à tarières sont constitués de trois ou quatre tarières disposées horizontalement et à différentes hauteurs. Les matières sont chargées sur le dessus et le mélange est effectué par la rotation des tarières combinée à la gravité qui attire les matières vers le bas à travers la chambre de mélange.



Photo 11-3 : Unité de mélange vertical à tarière © Scott Gamble



Photo 11-5 : Mélangeur horizontal à tarière © CH2M HILL



Photo 11-4 : Tarières à l'intérieur d'un mélangeur vertical © Scott Gamble



Photo 11-6 : Vue de dessus des tarières à l'intérieur d'un mélangeur horizontal © CH2M HILL

Tableau 11-2 : Avantages et inconvénients de l'équipement de mélange

Types d'équipement	Avantages	Inconvénients
Mélangeurs verticaux	<ul style="list-style-type: none"> Le mélange dure cinq à dix minutes. Procède efficacement au déchiquetage de tout carton humide ou ciré inclus dans les matières premières. Disponible en tant qu'unités fixes ou peut être monté sur un camion ou une remorque. Convient bien au traitement des résidus alimentaires. 	<ul style="list-style-type: none"> Opération de façon discontinue—requiert une quantité établie de matières à charger, à mélanger et à décharger avant que d'autres matières puissent être traitées. Ne convient pas au traitement des matières premières comportant de gros morceaux de bois (branches d'arbres ou troncs, palettes).
Mélangeurs horizontaux (malaxeurs à hélices, mélangeurs à pales et mélangeurs horizontaux à tarières)	<ul style="list-style-type: none"> Opération en continu Les matières sont continuellement mesurées de manière contrôlée. 	<ul style="list-style-type: none"> Coût initial plus élevé Ne convient pas au traitement des matières premières comportant de grandes proportions de résidus alimentaires. Ne convient pas au traitement des matières premières comportant de gros morceaux de bois (branches d'arbres ou troncs, palettes).

11.3 Équipement de tamisage

L'équipement de tamisage est généralement utilisé dans les dernières étapes du processus de maturation du compost pour retirer les roches, les grosses particules de bois et d'autres matières indésirables du compost fini et pour répondre aux exigences de l'utilisateur final en matière de taille des particules. Des tamiseurs peuvent également être utilisés aux installations de compostage et de digestion anaérobiose pendant l'étape de prétraitement pour ouvrir les sacs et retirer les contaminants et les plastiques de grande taille des matières premières, préalablement à un mélange et à un traitement plus poussés.

Les deux principaux types d'équipement de tamisage utilisés dans les installations de traitement des matières organiques sont les **tamiseurs à tambour rotatif** et les **tamiseurs étoiles**. Les deux types de tamiseurs sont disponibles sous forme d'unités mobiles ou fixes. D'autres systèmes de tamisage sont disponibles et sont largement utilisés pour les exploitations gravières et minières. Toutefois, ces derniers ne semblent pas bien fonctionner avec les matières premières organiques et le compost, qui ont tendance à être plus humides et plus cohésifs.

Les tamiseurs à tambour rotatif sont constitués d'un cadre rotatif horizontal en forme de tambour dont la taille varie de 1,25 à 2,5 m de diamètre et de



Photo 11-7 : Tamiseur à tambour rotatif : Les matières surdimensionnées tombent dans le tambour sur le convoyeur de gauche et les matières fines tombent à travers le grillage et sont déchargées du convoyeur par la droite. © CH2M HILL

3 à 11 m de longueur, autour duquel des grillages sont enroulés. Pendant l'opération, le tambour effectue entre 5 et 25 rotations par minute et la matière non tamisée est transportée à l'intérieur du tambour. La combinaison de la rotation du tambour et d'une légère inclinaison permet de déplacer la matière le long du tambour vers le point de décharge. Lorsque les matières se déplacent le long du tambour, les petites particules tombent à travers les grillages et sont récupérées sur un convoyeur situé au-dessous. Les matières plus grosses continuent de se déplacer jusqu'au bout du tambour où elles tombent sur un convoyeur distinct.

Les tamiseurs utilisés sur le compost fini utilisent généralement des grillages faits de treillis métallique soudé, qui sont généralement bon marché et qui peuvent facilement être retirés et remplacés par des mailles ayant des ouvertures de taille différente. Les tamiseurs utilisés pendant les étapes de récupération et de préparation des matières premières comportent généralement des perforations; ces ouvertures sont percées dans des plaques en acier courbé qui sont ensuite boulonnées ou soudées sur le cadre du tambour du tamiseur.

Un tamiseur étoile est composé d'une plateforme de tamisage munie d'un certain nombre d'axes rotatifs orientés perpendiculairement par rapport au flux de matières. Les axes sont équipés d'un certain nombre d'étoiles (entre 6 et 12) en caoutchouc pointues qui ont un diamètre de tête compris entre 10 et 15 centimètres. Les étoiles sur les axes adjacents sont décalées pour s'emboîter. Pendant l'opération, les axes/étoiles effectuent entre 200 et 300 rotations par minute et les petites particules tombent à travers les espaces créés entre les étoiles sur une bande transporteuse. Les particules plus grosses rebondissent le long des têtes des étoiles, parcourent la longueur de la plateforme de tamisage et tombent sur un convoyeur distinct.

En raison de leur profil bas (p. ex., hauteur comprise entre 50 et 100 cm), deux tamiseurs étoiles peuvent être placés l'un au-dessus de l'autre, pour permettre un partage des particules en trois (p. ex., particules trop petites, de taille moyenne et surdimensionnées). Pour obtenir le même partage en trois avec des tamiseurs à tambour rotatif, il faut soit deux unités exploitées en série où la fraction de taille trop petite de la première unité passe dans la seconde unité, ou soit que les matières passent deux fois à travers la même unité, en utilisant des grillages plus petits la deuxième fois.



Photo 11-8 : Vue de dessus d'une série d'axes avec étoiles en caoutchouc dans un tamiseur étoile (l'écoulement de la matière se fait de gauche à droite à travers la plateforme) © CH2M HILL



Photo 11-9 : Aperçu d'une étoile individuelle d'un tamiseur étoile © CH2M HILL

Le tableau 11-3 fournit une comparaison de l'équipement de tamisage.

Tableau 11-3 : Avantages et inconvénients de l'équipement de tamisage

Types d'équipement	Avantages	Inconvénients
Tamiseur à tambour rotatif	<ul style="list-style-type: none"> Disponible en unités portatives ou fixes La capacité à changer de grillages augmente la polyvalence. Peut être utilisé pendant le prétraitement des matières premières issues des matières organiques séparées à la source. Des dents coupantes peuvent être ajoutées à l'intérieur du tambour afin qu'il puisse être utilisé pour ouvrir les sacs. 	<ul style="list-style-type: none"> Le rendement du tamisage est réduit pendant la gestion des matières ayant une teneur en eau supérieure à 50 %. Le changement de grillages peut prendre plusieurs heures. La séparation des particules en trois requiert généralement deux tamiseurs montés en série (grande plateforme).
Tamiseur étoile	<ul style="list-style-type: none"> Disponible en unités portatives ou fixes Capable de gérer les matières ayant une forte teneur en eau (environ 50 %) sans entraver le rendement du tamisage. Des ajustements mineurs à la dimension de tamisage peuvent être faits simplement en variant la vitesse de rotation des étoiles à partir du panneau de commandes. Deux plateformes de tamiseurs étoiles peuvent être placées l'une au-dessus de l'autre pour permettre un partage des particules en trois sans considérablement augmenter les exigences en matière d'espace. 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts d'entretien plus élevés La variabilité de la taille du tamiseur est limitée. Ne convient généralement pas aux applications de prétraitement des matières organiques séparées à la source.

11.4 Équipement de réduction de la taille

Bien qu'il existe d'autres variations, les trois types d'équipement les plus couramment utilisés dans l'industrie de traitement des matières organiques pour réduire la taille des particules des matières premières et des agents structurants sont les **déchiqueteuses**, les **broyeurs horizontaux** et les **broyeurs par cisaillement**. Ces unités sont principalement utilisées pour réduire la taille des matières issues du bois, des souches, des rondins et des broussailles. Toutefois, ils fournissent également un niveau de mélange lorsque des quantités plus petites d'aliments ou d'herbe sont traitées avec ces matières. Le tableau 11-4 fournit une comparaison.

Les déchiqueteuses sont facilement reconnaissables grâce à leur grand tube tournant dans lequel les matières sont chargées avec une chargeuse frontale ou une excavatrice. Le broyage s'effectue au moyen d'un broyeur à marteaux, placé à l'intérieur du tube à sa base. La rotation du tube déplace les matières et les projette contre le broyeur à marteaux. Une fois que la matière a été broyée et réduite à la taille souhaitée, elle tombe à travers les grilles au fond du tube, sur un convoyeur qui empile les matières près de la machine.



Les broyeurs horizontaux utilisent aussi des broyeurs à marteaux ou des broyeurs à couteaux fixes pour broyer des matières, ainsi qu'un ensemble de grilles pour contrôler la taille des particules. Les broyeurs horizontaux ont un gros convoyeur qui déplace la matière vers le broyeur. Un grand tambour d'alimentation à taquet est placé directement devant le broyeur; il coincé les matières et les force contre le broyeur. La chambre de broyage elle-même est totalement enfermée dans la machine.

Les broyeurs par cisaillement diffèrent grandement des déchiqueteuses et des broyeurs horizontaux. Au lieu d'un broyeur à marteaux unique à vitesse élevée, le broyeur par cisaillement utilise des paires d'axes contrarotatifs qui contiennent un certain nombre de disques de coupe et qui fonctionnent à un rythme de rotation par minute beaucoup plus bas. Les matières sont chargées dans une trémie située sur des disques de coupe de la déchiqueteuse et les dents espacées autour de la circonférence des disques attrapent et tirent les matières vers le bas dans la déchiqueteuse. Au moment où la matière passe entre les disques, elle est déchiquetée en petits morceaux et tombe sur un convoyeur au-dessous de la machine.

Les broyeurs par cisaillement utilisés pour le traitement des matières organiques comportent en général deux ou quatre axes. La nature de l'action de broyage et la vitesse de rotation plus lente rendent les broyeurs par cisaillement plus appropriés pour gérer les mélanges contenant de grandes quantités de résidus alimentaires.



Photo 11-10 : Déchiqueteuse
© CH2M HILL



Photo 11-11 : Broyeur horizontal
© CH2M HILL



Photo 11-12 : Vue du convoyeur et de la chambre de broyage d'un broyeur horizontal
© CH2M HILL

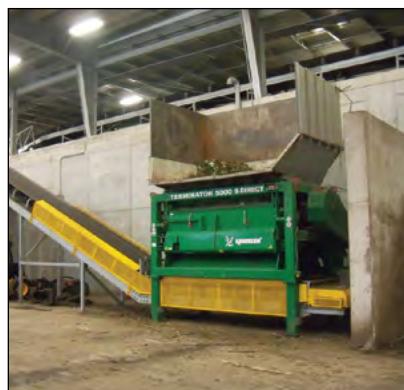


Photo 11-13 : Les unités de déchiquetage sont courantes dans les installations de traitement des matières organiques séparées à la source.
© CH2M HILL



Photo 11-14 : Axes de coupe situés à l'intérieur d'une unité de broyage par cisaillement
© Scott Gamble

Tableau 11-4 : Avantages et inconvénients de l'équipement de broyage et de déchiquetage

Types d'équipement	Avantages	Inconvénients
Déchiqueteuse	<ul style="list-style-type: none"> Gammes de fabricants et de tailles disponibles Dans la plupart des régions, les entreprises privées peuvent offrir des services de broyage en utilisant cet équipement sur une base contractuelle 	<ul style="list-style-type: none"> Convient moins au traitement des matières premières comportant une grande proportion de résidus alimentaires. Les matières peuvent être éjectées par le haut du tube et créer un danger pour la sécurité.
Broyeur horizontal	<ul style="list-style-type: none"> Gammes de fabricants et de tailles disponibles Dans la plupart des régions, les entreprises privées peuvent offrir des services de broyage en utilisant cet équipement sur une base contractuelle. 	<ul style="list-style-type: none"> Convient moins au traitement des matières premières comportant une grande proportion de résidus alimentaires.
Broyeur par cisaillement	<ul style="list-style-type: none"> La nature de l'action de broyage et la vitesse de rotation plus lente sont plus appropriées pour gérer les résidus alimentaires ou les mélanges qui contiennent de grandes proportions de résidus alimentaires. 	<ul style="list-style-type: none"> Les entreprises privées avec des unités mobiles sont moins facilement disponibles.

11.5 Convoyeurs

Les convoyeurs robustes horizontaux ou inclinés fournissent un moyen d'accroître la productivité des installations de traitement des matières organiques. La plupart du temps, les convoyeurs sont utilisés pour déplacer les matières premières et les agents structurants entre les équipements de traitement fixe, ce qui permet d'avoir un seul point de chargement des matières, plutôt que de devoir ramasser les matières déchargées à partir d'une machine et les charger dans la prochaine machine.

Lorsque les matières sont étalées sur une aire de plusieurs hectares (ha), des convoyeurs peuvent également être utilisés au lieu des chargeuses frontales ou des camions pour transporter les matières vers une aire de traitement centrale. Par exemple, une opération à grande échelle de compostage en andains ou de maturation peut nécessiter un système de convoyeurs plutôt que d'exiger des opérateurs qu'ils déplacent les matières d'un point à l'autre à l'aide d'une chargeuse frontale ou de camions.

Une bonne conception, y compris la prise en compte de la facilité de nettoyage des composants du convoyeur et des déversements sous les convoyeurs, permet de réduire significativement l'entretien.



Photo 11-15 : Les convoyeurs permettent de déplacer efficacement de grandes quantités de matières au sein de l'installation de traitement. © CH2M HILL

Convoyeurs empileurs

Les convoyeurs empileurs sont un type de système de convoyeur utilisé pour créer de grandes piles coniques de matières entreposées. En augmentant la hauteur de la pile entreposée, les convoyeurs empileurs fournissent une manière rentable de placer et d'entreposer de grands volumes de produit fini et d'agents structurants dans une aire relativement petite. Les convoyeurs empileurs créent également des piles entreposées qui ont une surface exposée plus petite par rapport au ratio de volume, ce qui aide à limiter la quantité des précipitations absorbée pendant les saisons humides, ou, inversement, réduit la quantité d'eau perdue pendant les saisons chaudes.

Les convoyeurs empileurs sont décrits par la longueur de la bande transportuse; des convoyeurs de 18, 24 et 30 m sont typiques. La hauteur et le volume des piles entreposées créées par un convoyeur empileur particulier dépendent de l'angle du convoyeur, ainsi que de l'angle naturel du talus formé par les matières.

Le convoyeur empileur radial est une variation du convoyeur empileur mobile. Les roues de ce type de convoyeur lui permettent de pivoter sur sa base dans les deux sens. Cela permet à un exploitant de créer une pile entreposée initiale semi-circulaire en faisant pivoter le convoyeur. Dans le cas d'un équipement haut de gamme, le mouvement radial du système de convoyeur peut être contrôlé par une télécommande, ce qui signifie que les exploitants n'ont pas besoin d'arrêter leurs activités pour déplacer le convoyeur manuellement.



Photo 11-16 : Les convoyeurs empileurs permettent de créer de grandes piles entreposées avec une petite empreinte au sol. © CH2M HILL



Photo 11-17 : Convoyeur empileur radial © Scott Gamble



12. Programmes de collecte



Bien que la majeure partie du présent document technique soit axée sur le traitement des matières organiques séparées à la source, il est tout aussi important que les municipalités examinent les méthodes de collecte. Comme il est décrit plus en détail au chapitre 18, la méthode de collecte peut avoir une incidence sur la conception de l'installation de traitement (en particulier, la zone de réception) et sur le choix des méthodes de prétraitement.

Un résumé des programmes de collecte des matières organiques séparées à la source est présenté au tableau 12-1 et ces programmes sont décrits plus en détail dans les sections suivantes :

- Section 12.1 : Dépôts de récupération
- Section 12.2 : Sites de collecte communautaires
- Section 12.3 : Programmes de collecte porte-à-porte
- Section 12.4 : Facteurs à examiner liés à la collecte

L'infrastructure des installations de traitement et les méthodes de prétraitement ont déjà été abordées aux chapitres 3, 4 et 11. De plus amples renseignements au sujet de l'élaboration et de l'évaluation des systèmes sont présentés au chapitre 18.

Terminologie relative aux programmes de collecte

Taux de participation : mesure (exprimée en pourcentage) du nombre de producteurs de déchets qui choisissent de participer au programme de collecte et de réacheminement.

Taux de récupération : pourcentage des déchets disponibles réacheminés par les participants au programme.

Taux de réacheminement : pourcentage de la totalité des matières disponibles réacheminés par l'intermédiaire du programme. Le taux de réacheminement peut être calculé de manière théorique à partir du taux de participation et du taux de récupération. Par exemple, si 60 % des résidents participent au programme et récupèrent 80 % de leurs matières organiques, le taux de réacheminement global est de 48 %.

Le taux de réacheminement peut également être mesuré par l'intermédiaire d'une étude sur la composition des déchets afin de déterminer la quantité d'une matière précise demeurant dans le flux de déchets solides municipaux (p. ex., la quantité non réacheminée).

Tableau 12-1 : Résumé des programmes de collecte des matières organiques séparées à la source

Méthode	Taux de réacheminement typique	Types de matières de base
Dépôts de récupération	10 à 25 %	Résidus verts
Sites de collecte communautaires	10 à 25 %	Résidus alimentaires, résidus verts
Collecte porte-à-porte	50 à 75 %	Résidus alimentaires, résidus verts

Remarques :

Résidus verts—feuilles et résidus de jardin



12.1 Dépôts de récupération

La construction d'au moins un dépôt de récupération centralisé est généralement la méthode de collecte des matières organiques la moins coûteuse pour les grandes et petites municipalités. Toutefois, ces dépôts permettent rarement de recueillir plus de 50 % des matières disponibles; des taux de réacheminement inférieurs à 25 % sont plus fréquents. En général, les dépôts de récupération ne conviennent pas à la collecte des matières organiques séparées à la source qui contiennent des résidus alimentaires.

Les dépôts de récupération varient considérablement sur le plan de leur degré de complexité. Au bas de l'échelle se trouvent les dépôts composés d'une base préparée sur laquelle les matières sont déversées sur un seul tas de grande taille. Au haut de l'échelle se trouvent les installations composées de zones pavées où sont placés des conteneurs ou des enceintes pouvant recevoir différentes matières désignées (p. ex., herbe et feuilles, arbustes et branches, grandes branches, billots et souches) et munies d'un système de circulation des véhicules. Les dépôts de ce type ont tendance à être utilisés dans des sites où les volumes de circulation sont plus élevés.

En général, les enceintes permettent de maintenir des sites et des tas d'apparence plus propre, et ils peuvent être construits à l'aide de billots de bois, de traverses de chemin de fer, de vieux poteaux de téléphone, de barrières d'autoroute en béton ou de béton coulé sur place. L'utilisation de « blocs écologiques » en béton préfabriqué est également très courante; ces blocs peuvent être reconfigurés ou réutilisés à d'autres fins.

Lorsqu'on utilise des tas et des enceintes, il n'est pas nécessaire d'utiliser des camions spécialisés, de sorte que les camions à benne utilisés par la plupart des municipalités peuvent transférer les matières du dépôt vers l'installation de traitement. Si de grands volumes de matières sont recueillis ou si les distances de transport sont de 50 kilomètres ou plus, il peut être plus rentable d'utiliser une remorque à plancher mobile plutôt qu'un camion à benne. La capacité des remorques à plancher mobile est supérieure à 75 mètres cubes (m^3), par rapport à 5 à 10 m^3 pour un camion à benne type.

L'utilisation de conteneurs amovibles dans les dépôts de récupération est également courante et tout aussi fonctionnelle. Toutefois, on doit installer un escalier, une rampe d'accès ou un mur de soutènement afin de permettre aux utilisateurs du site de lever et de déposer les matières de manière sécuritaire sans risque de blessures au dos. Un aperçu du programme de dépôt de récupération est présenté au tableau 12-2.



Photo 12-1 : Résidus verts empilés à l'extérieur sur une base préparée dans ce dépôt de récupération extérieur
© Scott Gamble



Photo 12-2 : Enceintes : blocs écologiques utilisés dans un dépôt de récupération de résidus verts
© CH2M HILL



Photo 12-3 : Conteneurs amovibles utilisés dans un dépôt de récupération de résidus verts © CH2M HILL



Tableau 12-2 : Avantages et inconvénients des dépôts de récupération

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Solution de rechange la moins coûteuse • Convient aux résidus verts et à la matière ligneuse, la broussaille, le bois blanc propre et les arbres de Noël. • Lorsqu'on utilise des tas et des enceintes, il n'est pas nécessaire d'utiliser des camions de collecte spécialisés. • Lorsqu'on utilise des conteneurs amovibles, la double manipulation découlant du chargement des matières à partir du sol ou d'une enceinte vers le camion à benne est éliminée. • Les conteneurs amovibles offrent un degré de confinement plus élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible taux de réacheminement (inférieur à 25 %) en raison des faibles taux de participation et de récupération • Pas aussi pratiques que les programmes de collecte porte-à-porte • Ne conviennent pas aux matières organiques putrescibles, comme les résidus alimentaires, en raison de problèmes d'odeurs et de vecteurs. • Lorsqu'on utilise des remorques à plancher mobile pour transférer les matières à partir du dépôt vers l'installation de traitement, il peut être nécessaire d'installer une rampe permettant le chargement sécuritaire de la remorque. • L'utilisation de conteneurs amovibles exige l'achat d'un camion spécialisé ou le recours à un service de transfert. • Des escaliers, des rampes d'accès ou des murs de soutènement avec barricades peuvent être nécessaires pour le chargement sécuritaire des conteneurs amovibles.

12.2 Sites de collecte communautaires

Plutôt que d'offrir un ou deux de points de récupération centralisés de taille importante, une municipalité peut choisir d'offrir plusieurs sites de récupération de petite taille situés dans chaque quartier à l'échelle de la collectivité. Cela permet de rapprocher les sites des producteurs de déchets, ce qui les rend plus conviviaux. En théorie, plus un site est pratique plus le taux de participation et le taux de réacheminement devraient être élevés par rapport à un programme reposant sur des dépôts de récupération. Toutefois, comme il existe peu de programmes offrant des sites communautaires de récupération de matières organiques, il est difficile de connaître les taux de participation et de réacheminement.

En général, ces sites de quartier comprennent un genre de conteneurs de déchets, comme des bacs surdimensionnés ou des conteneurs de déchets commerciaux à chargement frontal de 2 à 4 m³. Si on y dépose des résidus alimentaires, les conteneurs de collecte doivent être à l'épreuve des animaux.

Comme les conteneurs sont de petite taille, on doit les vider régulièrement (p. ex., de deux à quatre fois par semaine) pour éviter qu'ils ne débordent et qu'ils deviennent inesthétiques. On doit également augmenter la fréquence de collecte afin d'éviter les odeurs.



Photo 12-4 : Bacs à récupération communautaire utilisés pour la collecte des résidus alimentaires © CH2M HILL

En fonction du type de conteneur, les sites de récupération communautaires peuvent être situés dans les stationnements des installations municipales (p. ex., les parcs, les terrains de sport, les arénas et les piscines) ou même sur le bord des routes où un accotement convenable permet un accès sécuritaire. En raison de la circulation et des odeurs potentielles, l'installation de conteneurs sur les voies publiques dans les zones résidentielles peut donner lieu à des plaintes des résidents vivant à proximité. Un aperçu du programme de sites de collecte communautaires est présenté au tableau 12-3.

Tableau 12-3 : Avantages et inconvénients des sites de collecte communautaires

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Les sites peuvent être situés plus près des producteurs de déchets, ce qui les rend plus pratiques et permet d'accroître la participation. Une fréquence de collecte plus élevée permet la collecte de résidus alimentaires. Presque aucune préparation de site nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité d'odeurs pouvant attirer les animaux L'installation de conteneurs sur les voies publiques dans les zones résidentielles peut donner lieu à des plaintes des résidents vivant à proximité en raison de la circulation et des odeurs. En fonction du type de conteneur utilisé, il peut être nécessaire d'acheter des camions de collecte spécialisés ou d'avoir recours à un service de collecte.

12.3 Programmes de collecte porte-à-porte

Comme elle rend le service plus pratique, la collecte porte-à-porte de matières organiques provenant de sources résidentielles peut accroître de façon importante les taux de réacheminement; accroissant ainsi les taux de participation et de récupération. Dans le cas de programmes établis offrant une collecte hebdomadaire régulière, on peut atteindre des taux de participation constants de 80 à 90 % et des taux de réacheminement de 75 %.

Les programmes de collecte porte-à-porte sont parfaitement adaptés à la collecte des résidus verts et des résidus alimentaires, soit séparément ou ensemble. Comme il en a été question plus en détail à la section 12.4, le programme de collecte porte-à-porte peut reposer sur l'utilisation de sacs ou de bacs. Toutefois, les programmes de collecte porte-à-porte ne sont pas bien adaptés à la collecte de gros résidus de jardin, comme les branches d'arbre, les billots, les souches ou le gazon. Les programmes de collecte porte-à-porte interdisent souvent ces matières, ou des règles strictes doivent être respectées (p. ex., longueur et diamètre maximaux des branches d'arbre, poids des sacs ou des bacs, ou obligation d'attacher les branches en paquets).

Bien que les programmes de collecte porte-à-porte puissent accroître les taux de réacheminement, leur coût est beaucoup plus élevé que le coût lié à l'entretien et à l'exploitation d'un réseau de dépôts de récupération et de sites de collecte communautaires. Le coût des programmes de collecte porte-à-porte dépend de la fréquence de collecte, du nombre de foyers et de la distance séparant les lieux de collecte et les installations de traitement.



Les programmes de collecte porte-à-porte de matières organiques séparées à la source peuvent s'adapter à de nombreux différents horaires. Dans le cas des programmes qui comprennent la collecte de résidus alimentaires, la collecte est réalisée de manière hebdomadaire tout au long de l'année ou de manière hebdomadaire le printemps, l'été et l'automne et de manière bimensuelle l'hiver. Dans le cas des programmes de collecte de résidus verts, on réalise une collecte porte-à-porte régulière (p. ex., de manière hebdomadaire ou bimensuelle) pendant la saison de végétation ou de manière périodique (p. ex., de manière mensuelle ou seulement le printemps ou l'automne). Le choix du calendrier de collecte a une incidence sur la taille et la conception des aires et des bâtiments de réception de l'installation de traitement.

Différents types de camions sont également utilisés dans le cadre des programmes de collecte porte-à-porte : des camions à un ou à deux compartiments et des camions à chargement manuel ou des camions à chargement automatisé. Le choix du camion dépend de l'horaire et de la fréquence de collecte, des matières recueillies et de la destination des matières. Par exemple, la collecte simultanée des résidus verts et des déchets à l'aide d'un camion à deux compartiments pendant les mois d'hiver, lorsqu'il n'y a presque pas de résidus verts, ne serait pas très rentable par rapport à l'investissement réalisé pour l'achat du camion spécialisé. Toutefois, la collecte simultanée des matières organiques et des matières recyclables ou des déchets à l'aide d'un camion à deux compartiments peut être rentable si les installations de traitement des deux matières sont situées à proximité l'une de l'autre. De la même manière, les programmes de réacheminement qui recueillent seulement des résidus alimentaires sont plus adaptés aux camions à chargement manuel, alors que les programmes qui recueillent simultanément des résidus alimentaires et des résidus verts ont tendance à utiliser des camions pleinement automatisés ou semi-automatisés afin de prévenir les blessures au dos et d'autres blessures au personnel de collecte. Un aperçu du programme de collecte porte-à-porte est présenté au tableau 12-4.

Tableau 12-4 : Avantages et inconvénients de la collecte porte-à-porte

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Convient aux résidus verts et aux résidus alimentaires Taux de réacheminement supérieurs généralement atteints en raison du fort taux de participation On peut faire appel à des services de collecte afin d'éviter de devoir acheter des camions de collecte. 	<ul style="list-style-type: none"> Mal adapté à la collecte de gros résidus de jardin Coût considérablement plus élevé que le coût lié à l'entretien et à l'exploitation d'un réseau de sites de récupération L'utilisation de camions de collecte semi-automatisées ou automatisées peut être nécessaire afin d'éviter les blessures.



Photo 12-5 : Camion à deux compartiments pouvant être utilisé pour recueillir deux matières différentes © CH2M HILL



12.4 Facteurs à examiner liés à la collecte

12.4.1 Programmes de collecte de sacs

Les programmes de collecte de sacs constituent une option pratique tant pour les résidents que pour les municipalités, car il est facile de se procurer ces sacs dans les magasins de détail. Comme les programmes de collecte de sacs exigent une collecte manuelle, il n'est pas nécessaire de munir les camions de collecte de bras de levage spécialisés. Cela signifie que les municipalités de plus petite taille pourraient être en mesure de mettre sur pied un calendrier de collecte permettant l'utilisation des mêmes camions pour la collecte des déchets et des matières organiques, évitant ainsi l'accroissement du parc de camions de collecte.

On peut utiliser des sacs en papier ou en plastique dans le cadre des programmes de collecte porte-à-porte. En général, les sacs en papier sont mieux adaptés lorsque les matières de base ne comprennent que des résidus verts. Le prix des sacs en papier kraft est environ le même que celui des grands sacs en plastique. Ces sacs en papier ont l'avantage de s'intégrer directement au processus de compostage et de se dégrader naturellement sans avoir aucune incidence sur la qualité du produit. Dans le cadre d'une opération extérieure type de compostage en tas, il n'est pas nécessaire d'ouvrir les sacs ou de traiter la matière de base; les sacs se déchireront pendant le retournement des tas.

D'un autre côté, l'utilisation de sacs en plastique rend le prétraitement nécessaire; on doit vider les sacs et séparer le plastique de la matière de base. Si les sacs en plastique ne sont pas éliminés dans le cadre du prétraitement, la qualité du compost sera réduite et le plastique transporté par le vent peut entraîner des problèmes de déchets sauvages.

Selon le volume de matière, l'ouverture des sacs et la séparation peuvent être effectuées de façon manuelle ou mécanique. En règle générale, dans les installations de petite taille, l'ouverture des sacs est réalisée par une équipe d'ouvriers munis d'un couteau. Dans les installations de grande taille, l'ouverture mécanique des sacs peut être justifiée. Dans le cas des programmes de taille moyenne utilisant déjà un crible rotatif, il est possible d'adapter le crible pour qu'il ouvre les sacs.

Peu importe le moyen utilisé pour ouvrir les sacs, il est très probable que toutes les matières plastiques ne seront pas retirées et que le compost final sera contaminé par de petits morceaux de pellicule plastique.

En réponse aux problèmes liés à l'utilisation des sacs en plastique, l'industrie du plastique a élaboré des sacs en plastique compostables fabriqués à partir de résines qui se décomposent pendant le processus



Photo 12-6 : Les sacs en papier constituent une solution de rechange par rapport aux sacs en plastique pour la collecte des matières organiques.
© CH2M HILL

Sacs en plastique compostables— Programme de certification BNQ 9011-911/2007

Au Canada, depuis 2007, tous les sacs portant la mention « compostable » doivent être conformes à un protocole national reposant sur un degré de dégradation précis dans un délai précis (p. ex., 90 % en 84 jours).



Photo 12-7 : Les sacs et les autres résidus en plastique peuvent s'emmêler dans les machines utilisées pour retourner les tas, et il est très difficile de les retirer. © Scott Gamble



de compostage. Bien que les sacs puissent ne pas se dégrader complètement, ils aident à régler des problèmes de contamination physique et ils sont de plus en plus utilisés dans le cadre des programmes de collecte des matières organiques séparées à la source. Les sacs en plastique commercialisés en tant que sacs compostables doivent faire l'objet d'essais et être soumis à un processus de certification pour garantir qu'ils respectent la norme nationale en matière de dégradabilité pendant le processus de compostage.

Malgré l'amélioration des sacs compostables en plastique, certaines municipalités ont choisi d'interdire leur utilisation dans leurs programmes de collecte, car on craint que les résidents ne souhaitent pas acheter les sacs compostables plus coûteux choisisSENT plutôt d'utiliser des sacs en plastique ordinaires qui compromettent la qualité de la matière de base. On craint également que comme les sacs compostables sont relativement nouveaux sur le marché, les résidents ne comprennent pas la différence et qu'ils continuent d'utiliser les sacs non compostables moins coûteux, compromettant ainsi de nouveau la qualité de la matière de base.

Un aperçu du programme de collecte de sacs est présenté au tableau 12-5.

Tableau 12-5 : Avantages et inconvénients du programme de collecte de sacs

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Les sacs sont offerts dans les magasins de détail, ce qui facilite la participation. Aucun véhicule de collecte spécial requis 	<ul style="list-style-type: none"> De lourds sacs d'herbe verte mouillée ou de résidus alimentaires peuvent exposer les travailleurs de collecte à des maux de dos ou à des blessures au dos. Les sacs en plastique non compostables peuvent causer des problèmes opérationnels ou de déchets sauvages dans les installations de compostage. Les sacs en plastique peuvent mener à la contamination du compost produit; les sacs doivent être vidés dans le cadre du prétraitement.

12.4.2 Programmes de collecte avec bacs

La collecte des matières organiques, des déchets et des matières recyclables au moyen de bacs à roues normalisés devient de plus en plus courante au Canada. Les programmes de collecte de bacs pour les matières organiques éliminent de nombreux problèmes liés à la collecte de sacs en plastique; en outre, les camions automatisés ou semi-automatisés utilisés dans le cadre de ces programmes permettent d'accroître la productivité.

Les bacs utilisés pour la collecte des matières organiques sont offerts dans un certain nombre de tailles, de 50 à 360 L. Les tailles courantes utilisées dans le cadre des programmes nord-américains de collecte des matières organiques sont 80, 120, 245 et 360 L. Les bacs de plus petite taille (p. ex., 50 et 80 L) peuvent être ramassés à la main. Les bacs de plus grande taille exigent l'utilisation de bras de levage automatisés ou semi-automatisés placés sur les camions de collecte.



Photo 12-8 : Chariot type de 240 L utilisé dans le cadre des programmes de collecte de matières organiques séparées à la source © CH2M HILL

Le choix de la taille de bac appropriée repose souvent sur les statistiques en matière de déchets, les essais pilotes relatifs aux programmes de collecte et les enquêtes auprès des résidents. L'éventail de tailles offertes permet à une municipalité de choisir un bac adapté à la fréquence de collecte de son programme, aux taux de production de déchets, aux préférences des résidents (p. ex., à l'espace requis pour l'entreposage des bacs et à la capacité physique de déplacer les bacs lorsqu'ils sont pleins) et au type de matières traitées (p. ex., résidus verts, résidus alimentaires, ou les deux).

L'une des préoccupations communes relatives au climat exprimées par les municipalités canadiennes est la possibilité que les matières organiques gèlent dans les bacs pendant les mois d'hiver. Bien que cette préoccupation soit de toute évidence une réalité, il a été démontré que cela ne constitue pas un problème.

Une autre préoccupation parfois exprimée par rapport aux programmes de collecte des résidus alimentaires au moyen de bacs est la possibilité d'odeurs accrues et d'attraction des animaux. Bien que ces enjeux soient réels et qu'ils doivent être gérés, ils sont également présents dans le cadre des programmes de collecte de déchets où les résidus alimentaires ne sont pas réacheminés (c.-à-d. qu'ils sont mélangés aux déchets et éliminés). En général, on peut s'attaquer aux problèmes d'odeurs et d'attraction des animaux en augmentant la fréquence de collecte (c.-à-d. au moins une fois par semaine) et en choisissant des bacs appropriés.

Un aperçu du programme de collecte avec bacs est présenté au tableau 12-6.

Table 12-6 : Avantages et inconvénients du programme de collecte avec bacs

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Élimine la plupart des problèmes liés à la collecte des matières organiques en sacs en plastique (p. ex., manipulation de sacs lourds, problèmes opérationnels et de déchets et contamination du compost par le plastique). Aucune manipulation par les résidents L'utilisation de camions de collecte automatisés ou semi-automatisés permet un accroissement de la productivité. L'utilisation de bacs de différente couleur peut aider les utilisateurs et les chauffeurs de camion à reconnaître les matières. 	<ul style="list-style-type: none"> Les bacs de grande taille peuvent être trop lourds pour certains résidents. Les bacs peuvent exiger plus d'espace de remisage (240 et 360 L) que les poubelles traditionnelles. Possibilité que les matières présentes dans les bacs gèlent pendant l'hiver. Les bacs doivent être nettoyés de manière périodique.



12.4.3 Petits contenants de cuisine

Pour des raisons de commodité, de petits contenants de cuisine de 4 L sont fournis aux résidents dans le cadre des programmes de collecte de matières organiques. Ces contenants sont conçus pour être placés sur ou sous le comptoir de cuisine et ils peuvent accueillir les résidus alimentaires et les autres résidus organiques de cuisine.

De nombreux résidents préfèrent doubler le seau avec un sac en papier ou en plastique ou avec du papier journal. Cette méthode permet de contenir les liquides et facilite la manipulation et le transfert des résidus alimentaires du contenant de cuisine vers le bac de collecte (p. ex., moins de contact avec les résidus alimentaires). L'utilisation d'une doublure permet également de réduire la fréquence à laquelle le contenant de cuisine et le bac de collecte doivent être nettoyés.

À l'heure actuelle, un débat est en cours au sujet de l'utilisation de sacs en plastique ou de sacs compostables en plastique pour doubler les contenants de cuisine. Les sacs non compostables en plastique ou les sacs à provisions entraînent les mêmes problèmes que les grands sacs à déchets en plastique sur le plan du traitement et de la qualité du compost. Par conséquent, certaines municipalités découragent ouvertement ou interdisent l'utilisation des sacs en plastique pour doubler les contenants de cuisine (y compris les doublures compostables) et demandent plutôt aux résidents d'utiliser des sacs en papier ou du papier journal pour doubler les contenants de cuisine.



Photo 12-9 : Petits contenants de cuisine types utilisés dans le cadre des programmes résidentiels de collecte de matières organiques séparées à la source
© CH2M HILL



13. Approches en matière d'approvisionnement relatives aux installations de traitement des matières organiques



À l'origine, bon nombre d'installations de traitement des matières organiques construites au Canada ont été élaborées par les municipalités par l'intermédiaire de processus classiques d'exécution des infrastructures. Toutefois, à la fin des années 1990, le paysage de l'industrie du traitement des matières organiques et des projets d'infrastructures municipales en général a commencé à changer.

Le regain de popularité des autres méthodes de prestation est dû en partie à l'accroissement des contraintes en matière de financement des immobilisations imposées aux municipalités. Dans de nombreuses régions, le financement de nouvelles installations de traitement des matières organiques doit rivaliser non seulement avec le financement de nouveaux projets, comme les usines de traitement de l'eau et les installations de loisirs, mais également avec les besoins en capital relatifs à la modernisation ou au remplacement des infrastructures vieillissantes. Un autre facteur qui est particulièrement avéré dans l'industrie des matières organiques est que la majeure partie de l'expertise nécessaire pour planifier, concevoir et exploiter les installations de traitement des matières organiques repose sur le secteur privé, non sur le secteur public.

Chacune des méthodes classiques et des autres méthodes d'exécution de projets comporte ses propres caractéristiques qui, en général, diffèrent en ce qui a trait à la répartition des risques et des responsabilités, au calendrier et aux garanties relatives au calendrier, à la propriété, aux garanties relatives au rendement et à la complexité en matière d'approvisionnement.

Les modèles d'approvisionnement courants relatifs aux installations de traitement des matières organiques sont semblables aux autres modèles d'aménagement en infrastructure. Ils comprennent le modèle classique « conception-soumission-construction », ainsi qu'un éventail d'autres options de réalisation et de partenariat public-privé (PPP). Dans l'industrie du traitement des matières organiques, les solutions de rechange en matière de projets de réalisation adoptent souvent le modèle conception-construction-exploitation (CCE). Toutefois, les solutions de rechange en matière de réalisation englobent un éventail beaucoup plus large de méthodes de réalisation qui comprennent également des options relatives à la propriété et au financement.

Le présent chapitre présente les approches d'approvisionnement les plus couramment utilisées dans l'industrie canadienne du traitement des matières organiques (également présentées dans la figure suivante) ainsi que les considérations générales. Plus précisément, le présent chapitre comprend les éléments suivants :

Approche d'approvisionnement

Permet de définir la relation et la répartition des risques entre les propriétaires, les concepteurs, les constructeurs et les exploitants.

- Section 13.1 : Conception-soumission-construction
- Section 13.2 : Gestion de la construction à risque
- Section 13.3 : Conception-construction
- Section 13.4 : Conception-construction-exploitation
- Section 13.5 : Considérations générales relatives à l'approvisionnement



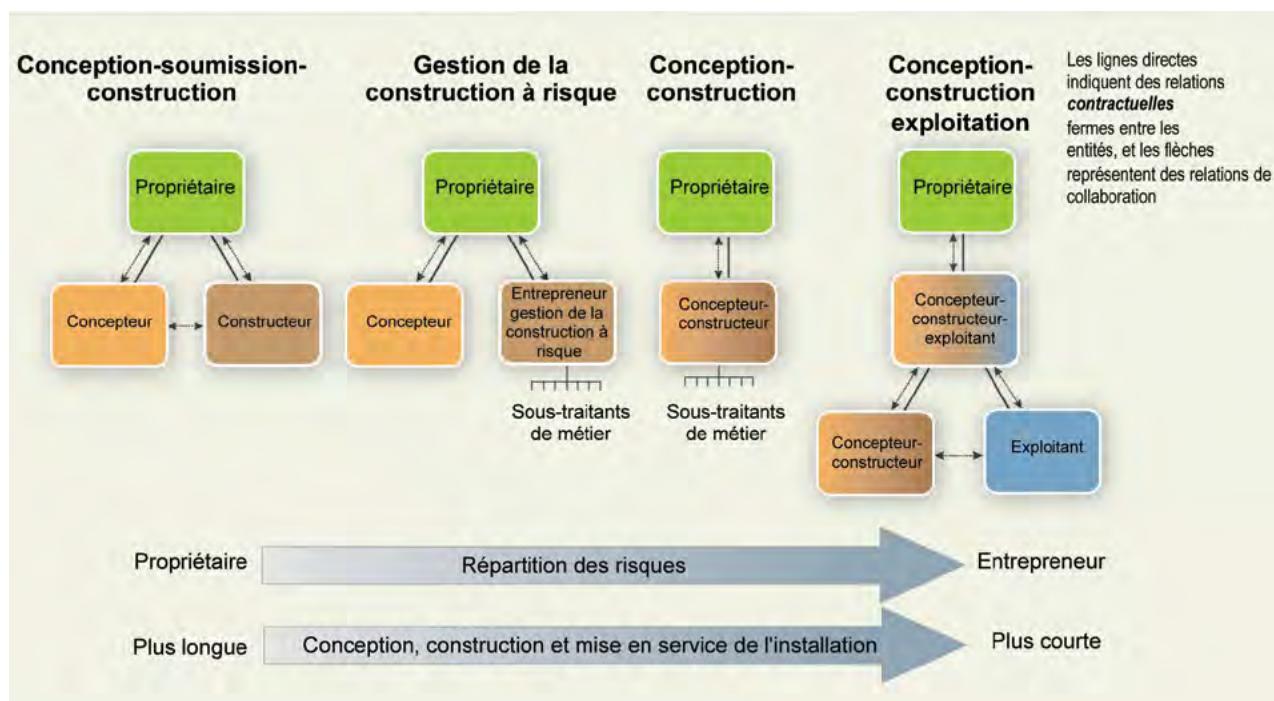


Figure 13-1 : Quatre modèles d'approvisionnement couramment utilisés par l'industrie du traitement des déchets municipaux organiques solides

13.1 Conception-soumission-construction

L'approche conception-soumission-construction a toujours été l'approche la plus couramment utilisée pour élaborer des projets d'infrastructure municipaux. Le processus de conception-soumission-construction a été largement utilisé par le secteur privé pour réaliser la construction de nouvelles installations. Dans le cadre d'un projet reposant sur le modèle conception-soumission-construction, le propriétaire engage une firme d'ingénierie pour élaborer une conception et des spécifications détaillées et aider à obtenir les autorisations à l'échelle locale et provinciale relatives au projet. Le propriétaire utilise ensuite la conception et les spécifications détaillées dans le cadre du dossier d'appel d'offres pour obtenir des soumissions de la part des entrepreneurs. L'entrepreneur retenu à la suite du processus d'appel d'offres est ensuite embauché pour construire l'installation conformément au prix de la soumission et au calendrier.

En général, l'entrepreneur reçoit des paiements proportionnels mensuels, et le propriétaire applique des retenues de garantie conformément aux lois provinciales.

En règle générale, dans le cas d'un projet reposant sur le modèle conception-soumission-construction, les phases de conception et d'approbation sont réalisées par l'équipe de conception avant que le propriétaire lance l'appel d'offres pour la construction. Cette séquence donne lieu à un calendrier de réalisation générale plus long, mais elle permet également de réduire l'exposition du capital du propriétaire aux risques découlant des délais relatifs à l'émission des permis ou des changements imprévus relatifs aux conditions des permis.

Dans le cadre d'un projet reposant sur le modèle conception-soumission-construction, les rôles sont habituellement définis très clairement, et les risques auxquels s'expose le propriétaire sont faibles. Les

risques relatifs à la conception et au rendement du projet sont assumés par l'équipe de conception. Les risques relatifs à la construction et au calendrier sont assumés par l'entrepreneur. Toutefois, comme les entrepreneurs ne participent pas à la conception, cela peut entraîner des problèmes au moment de la construction. Les réclamations pendant la construction sont choses courantes, et il peut être nécessaire de modifier la conception pendant la construction. Un aperçu du modèle conception-soumission-construction est présenté au tableau 13-1.

Tableau 13-1 : Avantages et inconvénients du modèle conception-soumission-construction

Avantages pour le propriétaire	Inconvénients pour le propriétaire
<ul style="list-style-type: none"> Processus et procédures bien compris et qui ont fait leurs preuves Possibilité de choisir des sous-consultants en fonction de leurs compétences et du coût par la manière classique Peu de risque pour les cabinets professionnels à l'échelle locale Les soumissions des entrepreneurs reposent sur des spécifications et des plans complets. Coût de construction connu au moment de la soumission 	<ul style="list-style-type: none"> En raison de sa nature séquentielle, le processus est plus long. Peu ou pas de collaboration entre le concepteur et l'entrepreneur. La portée limitée des travaux ne suscite peut-être pas les meilleures technologies ou les meilleures pratiques éventuelles. Le propriétaire s'appuie sur les estimations de coûts du concepteur jusqu'à une phase très avancée du projet. Peu d'occasions de retenir l'entrepreneur en fonction de ses compétences et de son rendement antérieur, en plus du prix. Les contrats distincts pour la conception et la construction créent plusieurs points de contact pour le propriétaire et ne correspondent pas aux intérêts commerciaux.

13.2 Gestion de la construction à risque

Dans le cadre d'un processus de gestion de la construction à risque, l'équipe de conception est retenue par le propriétaire en fonction de critères classiques en matière de services professionnels. Toutefois, cette méthode présente le concept de sélection de l'entrepreneur sans une estimation ou une soumission précise du coût de construction. Au contraire, les entrepreneurs sont retenus principalement en fonction de leurs compétences, en combinaison avec la portée proposée des services et des frais de services avant la construction, ainsi que leurs frais et leurs frais généraux relatifs aux services de construction.

L'approche de gestion de la construction à risque favorise la collaboration.

Parfois appelée « conception-construction-légères », la gestion de la construction à risque comprend deux contrats distincts, mais elle favorise la collaboration pendant la phase de conception afin de réduire le risque de modifications de la conception et d'ordres de modification une fois que l'entrepreneur exécute la construction.

Par la suite, l'entrepreneur établit le coût de construction pendant la phase de conception, généralement accompagné d'une divulgation complète au propriétaire et aux concepteurs; finalement, les trois intervenants conviennent du coût de construction comme coût maximal garanti avant d'autoriser l'exécution de la construction. Lorsqu'il est impossible de convenir du prix maximal garanti ou qu'il est impossible de vérifier le caractère concurrentiel de l'établissement du prix de construction, les propriétaires ont l'occasion de revenir à l'appel d'offres et au processus de soumission.



Le modèle de gestion de la construction à risque crée de manière intentionnelle un chevauchement entre le concepteur et l'entrepreneur, permettant ainsi à l'entrepreneur de présenter ses commentaires sur la construction afin de participer aussitôt que possible au processus de conception.

Tout en favorisant la collaboration tôt dans le processus de conception, les contrats officiels entre le propriétaire et le concepteur et le propriétaire et les entrepreneurs sont essentiellement semblables à ceux du modèle « conception-soumission-construction » classique. Pendant la construction, les pratiques classiques de gestion des ordres de modification de l'entrepreneur, les demandes de renseignements de la part du concepteur et la vérification du rendement de la construction demeurent également inchangées. Un aperçu du modèle de gestion de la construction à risque figure dans le tableau 13-2.

Tableau 13-2 : Avantages et inconvénients du modèle de gestion de la construction à risque

Avantages pour le propriétaire	Inconvénients pour le propriétaire
<ul style="list-style-type: none"> Repose sur une méthode éprouvée et acceptée pour la sélection des services professionnels d'ingénierie en fonction des compétences et du prix. Intègre la constructibilité plus tôt dans le processus de conception. Fournit plus tôt des estimations provenant de l'entrepreneur et permet la révision de la portée lors de la phase de conception afin de respecter le budget du projet. Peut réduire le risque global et les imprévus liés au projet. Peut réduire les malentendus liés à la conception ainsi que les ordres de modification éventuels qui en découlent. Permet de tenir compte des compétences et du rendement antérieur dans le cadre du choix de l'entrepreneur. 	<ul style="list-style-type: none"> S'appuie toujours sur l'estimation du concepteur pour la caractérisation du coût initial. Force l'établissement d'un partenariat entre le concepteur et l'entrepreneur qui ne fonctionnera peut-être pas si les deux parties ne s'engagent pas à faire preuve d'ouverture et à collaborer. La portée définitive de la construction fait toujours l'objet d'ordres de modification éventuels. Coûts supplémentaires pour le propriétaire liés aux services offerts par l'entrepreneur dans le cadre de la phase préalable à la construction (quoique ces coûts peuvent être compensés par des économies dans le cadre de la construction en raison de la collaboration précoce). Exige la sélection de l'entrepreneur en fonction des frais sans connaître le coût entier de la construction. Les contrats distincts pour la conception et la construction créent plusieurs points de contact pour le propriétaire et ne correspondent pas aux intérêts commerciaux.

13.3 Conception-construction

Dans le cadre de la structure conception-construction, le propriétaire passe un seul marché à prix fixe avec un seul entrepreneur concepteur-constructeur (ou avec un consortium d'entreprises agissant en tant qu'une seule entité). En règle générale, l'entrepreneur concepteur-constructeur a la responsabilité d'assurer la conception et la construction d'un projet répondant aux normes établies par le propriétaire, et le propriétaire paie ensuite l'entité conceptrice-constructrice en fonction de certains jalons de construction atteints.

Les avantages d'un marché avec une seule entité pour la conception et la construction sont bien compris. Cette structure permet principalement d'éviter que les parties se blâment l'une et l'autre : si un problème survient, le concepteur ne peut blâmer le constructeur pour non-conformité aux directives de conception, et



le constructeur ne peut pas blâmer le concepteur pour un défaut de conception. Comme le concepteur et le constructeur collaborent dès le début, les problèmes découlant de méthodes de construction complexes sont moins susceptibles de survenir, et s'ils surviennent, le propriétaire peut exiger que l'entrepreneur concepteur-constructeur règle les problèmes. (Par contre, dans le cadre du modèle conception-soumission-construction, la relation entre le concepteur et le constructeur impute de manière efficace la responsabilité ultime de la conception au propriétaire.)

Les différentes formes de processus d'approvisionnement reposant sur le modèle conception-construction diffèrent grandement sur le plan de la tarification exigée de la part des soumissionnaires et du degré de définition des problèmes élaborée pour le projet avant un processus d'approvisionnement; deux éléments fournis par la suite au concepteur-constructeur dans le cadre de la demande de qualification ou de la demande de propositions. L'industrie reconnaît trois modèles conception-construction de base :

1. conception-construction reposant sur le rendement;
2. conception-construction normative;
3. conception-construction progressive.

Conception-construction reposant sur le rendement

Dans le cadre d'un processus d'approvisionnement axé sur un modèle conception-construction reposant sur le rendement, la demande de qualification et la demande de propositions émanant du propriétaire comprennent généralement au moins une définition du concept et au plus une conception réalisée à 15 %. Les exigences sont énoncées à titre d'*objectifs* de rendement mesurables liés au projet terminé plutôt que des approches ou des processus précis que le concepteur-constructeur devrait suivre pour atteindre ces objectifs.

Les processus d'approvisionnement reposant sur le rendement offrent de la souplesse au propriétaire.

On privilégie cette option lorsque les propriétaires ont une vision claire de la façon dont une installation doit fonctionner, mais que les ressources et le temps dont ils disposent ainsi que leur intérêt à l'égard d'une technologie précise sont limités.

Un processus d'approvisionnement reposant sur le rendement offre la souplesse nécessaire aux concepteurs-constructeurs afin qu'ils puissent proposer la manière dont ils atteindront les objectifs du propriétaire tout en demandant aux soumissionnaires de présenter un prix forfaitaire pour la réalisation du projet. Autrement, le propriétaire peut exiger un prix cible pour la construction, soit un prix plafond de base pour la construction, ce qui lui permet de participer à l'élaboration de la portée et de régler cette dernière dans le cadre de la définition détaillée de la conception. Dans ce cas, le prix forfaitaire cible peut être modifié à la suite de l'attribution du marché, mais seulement conformément aux modifications à la portée approuvées par le propriétaire. À l'exception de ces modifications approuvées de manière explicite par le propriétaire, le concepteur-constructeur doit respecter le prix proposé à l'origine.

Ce modèle est utilisé pour susciter les solutions les plus novatrices et rentables de l'industrie grâce à ce qui est essentiellement un appel d'offres compétitif pour la conception, habituellement en combinaison avec un besoin relatif à l'accélération de la réalisation des travaux. Un aperçu de la conception-construction reposant sur le rendement est présenté au tableau 13-3.



Tableau 13-3 : Avantages et inconvénients du modèle conception-construction reposant sur le rendement

Avantages pour le propriétaire	Inconvénients pour le propriétaire
<ul style="list-style-type: none"> Possibilité maximale de réaliser des économies en matière de conception-construction grâce à l'innovation sur le plan de la conception dans le cadre du processus d'achat concurrentiel Transfert maximal au concepteur-constructeur des risques en matière de rendement liés à la conception Très peu de travaux de conception réalisés par le propriétaire avant le processus d'approvisionnement, ce qui entraîne un coût relativement faible pour la préparation de la demande de propositions. Concurrentiel Méthode la plus rapide pour réaliser un processus d'approvisionnement et de construire une installation Prix de construction concurrentiels présentés au moment de la soumission Permet la sélection du concepteur et de l'entrepreneur en fonction de leur rendement antérieur, de leurs compétences et de leur capacité à travailler au sein d'une seule équipe dont l'intérêt commun est la réussite du projet. Aucun ordre de modification provenant de l'entrepreneur Contrat et point de contact uniques avec le propriétaire 	<ul style="list-style-type: none"> Si le coût du cycle de vie n'est pas analysé ou si certaines activités ne figurent pas dans la portée, cela peut entraîner une hausse des coûts de fonctionnement et entretien ou donner lieu à des caractéristiques indésirables du projet. L'évaluation des propositions et la sélection sont relativement complexes. Capacité limitée à prévoir ce qui sera finalement proposé. Comme la portée du projet n'est pas définie, la tarification forfaitaire peut comprendre des risques et des imprévus excédentaires. Occasions limitées de collaboration entre le propriétaire et le concepteur-constructeur sur le plan de la conception au cours du processus d'approvisionnement. Capacité limitée pour le propriétaire à modifier la conception proposée sans susciter des ordres de modification découlant du propriétaire et les modifications de prix qui en découlent. Peut restreindre la participation de petits sous-consultants ou de sous-consultants locaux en raison des risques liés aux travaux.

Conception-construction normative

Dans le cadre d'un processus d'approvisionnement axé sur le modèle conception-construction normative, la demande de qualification et la demande de propositions comprennent généralement au moins 30 % de la conception réalisée par un expert-conseil au service du propriétaire avant le lancement du processus d'approvisionnement; ces documents sont souvent appelés « documents-relais ». Les exigences sont énoncées en fonction d'approches ou de processus précis que le concepteur-constructeur doit respecter.

Avec cette méthode, le prix forfaitaire figurant dans la proposition du concepteur-constructeur est modifié uniquement à la suite de modifications à la portée exigées par le propriétaire, généralement en raison de conditions imprévues ou d'une modification apportée à la loi ou à la méthode de réglementation. Un aperçu du modèle conception-construction normative est présenté au tableau 13-4.

Les processus d'approvisionnement reposant sur le modèle conception-construction normative offrent plus de contrôle au propriétaire.

On privilégie cette option lorsque le propriétaire a des préférences très claires et précises et qu'il souhaite utiliser le modèle conception-construction pour accélérer la réalisation des travaux tout en permettant la sélection d'un concepteur-constructeur en fonction de ses compétences et du prix forfaitaire.



Tableau 13-4 : Avantages et inconvénients du modèle conception-construction

Avantages pour le propriétaire	Inconvénients pour le propriétaire
<ul style="list-style-type: none"> Contrôle important sur la conception du projet et sur les coûts de fonctionnement et entretien La sélection des propositions peut mettre l'accent sur le coût de la conception-construction. Permet la sélection du concepteur et de l'entrepreneur en fonction de leur rendement antérieur, de leurs compétences et de leur capacité à travailler au sein d'une seule équipe dont l'intérêt commun est la réussite du projet. Prix de construction concurrentiels présentés au moment de la soumission Haut niveau de définition du projet à la suite de la signature du marché de conception-construction Aucun ordre de modification provenant de l'entrepreneur Contrat et point de contact uniques avec le propriétaire 	<ul style="list-style-type: none"> Le calendrier d'approvisionnement est prolongé, et la préparation et l'évaluation de la demande de propositions sont coûteuses en raison du degré élevé de la conception devant être élaborée par le propriétaire avant le processus d'approvisionnement. Les risques liés à la conception ne sont pas assumés clairement par le concepteur-constructeur. Évaluation des propositions très complexe et exigeante sur le plan de la main-d'œuvre Ne favorise pas autant l'innovation. Occasions limitées de collaboration entre le propriétaire et le concepteur-constructeur sur le plan de la conception au cours du processus d'approvisionnement. Capacité limitée pour le propriétaire à modifier la conception sans susciter des ordres de modification découlant du propriétaire et les modifications de prix qui en découlent. Peut restreindre la participation de petits sous-consultants ou de sous-consultants locaux en raison des risques liés aux travaux.

Conception-construction progressive

Dans le cadre d'un processus d'approvisionnement axé sur le modèle conception-construction progressive, on choisit un concepteur-constructeur principalement en fonction de ses compétences, de façon semblable à celle du modèle de gestion de la construction à risque, avec une composante supplémentaire liée au coût des services de conception (soit un montant forfaitaire ou un prix plafond). Au moment où le concepteur-constructeur élabore les niveaux précis du cadre conceptuel, une estimation du coût de construction est également mise au point progressivement. Une fois la conception bien avancée (p. ex., de 60 à 90 %), le propriétaire définit un coût maximal garanti.

Si le concepteur-constructeur et le propriétaire ne peuvent pas convenir d'un coût maximal garanti acceptable, le propriétaire peut utiliser la conception réalisée comme base d'un processus classique d'appel d'offres et de soumission.

Les processus d'approvisionnement progressifs offrent au propriétaire un plus grand contrôle des coûts.

On privilégie ce modèle lorsqu'un projet manque de définition ou lorsqu'un propriétaire préfère continuer à participer à la conception tout en profitant des avantages liés au calendrier, à la collaboration et au contrat offerts par le modèle conception-construction.

Ce modèle est également utile lorsque les permis réglementaires exigent des solutions de conception bien élaborées, ou lorsque les propriétaires estiment qu'ils peuvent réduire les coûts en participant aux décisions en matière de conception et en assurant progressivement la gestion des risques au cours de la phase de définition du projet.



En général, les propriétaires n'utilisent pas la méthode d'approvisionnement progressive lorsque la définition du projet est bien avancée avant le processus d'approvisionnement ou lorsqu'il privilégie (ou exige) un prix de construction forfaitaire pour sélectionner un concepteur-constructeur. Un aperçu du modèle conception-construction progressive est présenté au tableau 13-5.

Tableau 13-5 : Avantages et inconvénients du modèle conception-construction progressive

Avantages pour le propriétaire	Inconvénients pour le propriétaire
<ul style="list-style-type: none"> Contrôle maximal des coûts liés à la conception du projet, à la construction et au fonctionnement et entretien, car le contrat définitif de construction n'est pas signé avant qu'une grande partie de la conception ne soit réalisée. Un seul processus d'approvisionnement simple et peu coûteux peut être réalisé en peu de temps. Intérêt accru du marché en raison du coût de préparation relativement faible de la proposition Permet la sélection du concepteur et de l'entrepreneur en fonction de leur rendement antérieur, de leurs compétences et de leur capacité à travailler au sein d'une seule équipe dont l'intérêt commun est la réussite du projet. Fournit des estimations de plus en plus précises de la part de l'entrepreneur au sujet de l'ensemble des coûts du projet. Offre un maximum d'occasions de collaboration au concepteur, à l'entrepreneur et au propriétaire pour définir la portée, respecter le calendrier et le budget et adapter le plan de sous-traitance. Offre l'occasion de passer à un processus d'appel d'offres si le coût maximal garanti n'est pas concurrentiel ou s'il n'est pas accepté. Aucun ordre de modification provenant de l'entrepreneur Peu ou pas de conception réalisée par le propriétaire avant le processus d'approvisionnement Contrat et point de contact uniques avec le propriétaire 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite une sélection reposant sur les frais; le coût total de construction n'est pas connu au moment de la signature du contrat initial. La réalisation du projet n'est peut-être pas aussi rapide que dans le cas du modèle conception-construction en raison des risques potentiels de prolongation de la période d'élaboration de la conception et des estimations, y compris la participation de nombreux intervenants dans le processus de conception. Ce modèle n'est peut-être pas perçu comme une méthode concurrentielle de tarification de construction. Exige une participation importante du personnel et des ressources du propriétaire dans le cadre de la conception. Peut restreindre la participation de petits sous-consultants ou de sous-consultants locaux en raison des risques liés aux travaux.

13.4 Conception-construction-exploitation

Le modèle conception-construction-exploitation offre aux propriétaires une solution à vie pour la mise en œuvre du projet. En règle générale, les processus d'approvisionnement axés sur le modèle conception-construction-exploitation reposent sur le modèle conception-construction axé sur le rendement dans le cadre duquel le soumissionnaire retenu doit exploiter l'installation pendant une période prolongée (en général, au moins cinq ans et souvent pendant 15 ou 20 ans). L'exploitation garantit le respect des engagements sur le plan du rendement figurant dans la proposition liée au modèle conception-construction, car le concepteur doit respecter ces engagements pendant sa période d'affectation, ou modifier ou réparer



l'installation en conséquence. L'exploitation à long terme peut également comprendre l'entretien ou le remplacement de composants essentiels.

Les entités de conception-construction-exploitation sont généralement formées d'un consortium de concepteurs, de constructeurs et d'exploitants. Les exploitants sont souvent à la tête du consortium, car la majorité de la valeur des contrats de conception-construction-exploitation découle de l'exploitation plutôt que de la construction.

Le processus d'approvisionnement reposant sur le modèle conception-construction-exploitation permet au propriétaire d'impartir l'exploitation.

On privilégie ce modèle lorsque la principale préoccupation est le cycle de vie, et qu'il n'y a pas de personnel exploitant pour l'installation visée.

Les modèles d'approvisionnement reposant sur la conception-construction-exploitation permettent aux soumissionnaires d'évaluer les coûts réels de l'ensemble du cycle de vie du projet tout en exigeant qu'ils exploitent les installations pendant une période prolongée, transférant ainsi le risque à l'entité de conception-construction-exploitation. Les contrats de conception-construction-exploitation sont également avantageux lorsqu'on met en œuvre une technologie nouvelle ou non éprouvée qui exige une démonstration pratique du rendement à long terme.

Un modèle de conception-construction-exploitation dans le cadre d'un processus d'approvisionnement en infrastructure encourage les entrepreneurs à optimiser les compromis entre les coûts initiaux de construction et les coûts à long terme liés à l'entretien et à la restauration, car ils en sont responsables. Pour les organismes publics, un modèle de conception-construction-exploitation peut être utilisé pour réduire le capital requis au début du projet grâce à la répartition des paiements sur une période plus longue. Toutefois, il est essentiel de négocier au préalable une entente concernant la vie utile des actifs. Un aperçu du modèle conception-construction-exploitation est présenté au tableau 13-6.

Tableau 13-6 : Avantages et inconvénients du modèle conception-construction-exploitation

Avantages pour le propriétaire	Inconvénients pour le propriétaire
<ul style="list-style-type: none"> Occasion d'inclure les coûts liés à l'exploitation à long terme et au cycle de vie Offre de nombreuses options de réalisation clé en main Peut constituer une méthode pour l'obtention du financement du projet impossible à obtenir autrement. 	<ul style="list-style-type: none"> Exige un engagement à long terme (p. ex., 10 ans ou plus) à l'égard du mécanisme de contrat et des paiements à venir. Peut être difficile à mettre en œuvre et controversé. Peut faire l'objet de résistance de la part du syndicat des employés du secteur public.

13.4.1 Options de financement et de transfert de propriété

Il existe également des variations du modèle conception-construction-exploitation qui comprennent le financement et la propriété de l'installation par le partenaire du secteur privé. Toutefois, au Canada, ces variations ont été utilisées pour des projets dans le secteur des transports (p. ex., les autoroutes et les ponts à péage), mais elles sont moins courantes pour les installations de traitement des matières organiques. Cela est en partie lié au caractère complexe de la délivrance des permis environnementaux pour de telles installations, ainsi qu'à la volonté de nombreux propriétaires d'assurer un contrôle accru du projet afin de gérer les odeurs et les risques de nuisance.



Il est à noter que l'entité de partenariats public-privé du gouvernement fédéral, PPP Canada, exige une exploitation à long terme ou une composante de financement comme condition préalable pour l'admissibilité à une subvention dans le cadre du Fonds PPP Canada (en pratique, on priviliege l'exploitation et le financement). La possibilité d'obtenir une subvention importante par l'intermédiaire du programme pour des installations de traitement des matières organiques peut avoir une incidence sur la décision du propriétaire au sujet du modèle d'approvisionnement.

13.5 Considérations générales relatives à l'approvisionnement

Le choix du système d'approvisionnement et de réalisation de projet le plus efficace pour un projet d'infrastructure complexe exige une compréhension de l'éventail des méthodes de passation de marchés éprouvées et des éléments connexes relatifs à la manière dont les différentes méthodes peuvent s'harmoniser avec les besoins propres au projet et la répartition des risques (p. ex., le coût, le calendrier et la conception) entre les propriétaires, les concepteurs, les constructeurs et les exploitants.

Dans le cadre de l'évaluation des avantages d'un modèle précis d'approvisionnement et de réalisation de projet, on devrait tenir compte de plusieurs critères qui sont essentiels pour établir un processus d'approvisionnement et un projet connexe fructueux :

- **Transparent** : Tous les processus d'approvisionnement, les méthodes et les critères de sélection doivent être justes, objectifs et transparents aux yeux de la collectivité des services professionnels et de la construction.
- **Rentable** : Toute méthode d'approvisionnement devrait permettre de veiller à ce que le propriétaire obtienne le meilleur rapport qualité-prix pour les services et de travaux de construction achetés. Dans la mesure du possible, le prix des services devrait être établi et il devrait être évalué dans le cadre de la méthode de sélection.
- **Axé sur les objectifs** : Les stratégies de sélection du processus d'approvisionnement devraient reposer sur des critères d'évaluation clairement définis permettant de réduire les difficultés relatives au projet et de favoriser la réussite du projet.
- **Efficace** : Le coût de la mise en œuvre du processus d'approvisionnement doit être faible afin de permettre l'utilisation des fonds pour maximiser la réalisation de la portée réelle du projet. De la même manière, les ressources de la collectivité des soumissionnaires devraient être respectées par l'intermédiaire de la réduction, dans la mesure du possible, des sommes consacrées à la préparation de la proposition.
- **Rapide** : La durée du processus d'approvisionnement devrait être réduite au minimum, offrant un délai de réponse suffisant aux soumissionnaires et prévoyant une période raisonnable pour l'évaluation des propositions, sans retard injustifié. Le temps étant une ressource précieuse, on devrait le traiter en conséquence et le consacrer principalement à la réalisation du projet.

- **Inclusif** : L'ensemble du processus d'approvisionnement devrait permettre de veiller à ce que les sous-consultants et les sous-traitants locaux profitent du même accès à la portée du projet pour laquelle ils détiennent les compétences. Les projets devraient favoriser une large participation, principalement pour les autres modèles de réalisation qui, autrement, pourraient écarter les entreprises locales des travaux à risque.
- **Compatible** : Les méthodes d'approvisionnement doivent demeurer cohérentes avec les politiques existantes en matière de réglementation et d'approvisionnement, à moins que des modifications précises soient approuvées afin de tenir compte des avantages liés à d'autres modèles de réalisation.

Un processus d'approvisionnement fructueux comprend également une méthode de notation transparente qui pousse les soumissionnaires à présenter des solutions qui répondent aux besoins du propriétaire, et ce, au meilleur coût du cycle de vie, et qui leur permet de bien comprendre le budget d'immobilisations réservé au projet.



14. Contrôle et gestion des odeurs



Le contrôle des odeurs est peut-être le plus grand défi de l'industrie du traitement des matières organiques. Souvent, lorsque les activités de l'usine sont suspendues ou lorsqu'il y a des conflits au sujet de l'emplacement d'une usine, les odeurs et les préoccupations au sujet des répercussions éventuelles des odeurs en sont la cause. Les processus de compostage et de digestion anaérobiose sont intrinsèquement odorants, car des produits volatils odorants sont créés dans le cadre du processus de décomposition. Toutefois, une installation bien conçue permet de gérer et de traiter efficacement ces odeurs afin d'éliminer ou de réduire de manière importante les effets nuisibles sur les voisins.

La présente section fournit des renseignements détaillés sur les sources d'odeurs, la mesure des odeurs et les pratiques exemplaires en matière de gestion et de traitement efficace des odeurs aux installations de traitement des matières organiques. Plus précisément, les aspects suivants de la gestion et du contrôle des odeurs sont abordés :

- Section 14.1 : Sources d'odeurs
- Section 14.2 : Échantillonnage et mesure des odeurs
- Section 14.3 : Prévision de l'incidence des odeurs hors site
- Section 14.4 : Options en matière de technologies de traitement

14.1 Sources d'odeurs

Chaque étape du processus de compostage et de digestion anaérobiose constitue une source potentielle d'odeurs, bien que les odeurs soient généralement plus évidentes au début de ces processus et qu'elles diminuent au fil du temps. En général, les odeurs émanant des installations de traitement de matières organiques peuvent être classées selon la manière dont elles sont générées et le moment auquel elles le sont, comme le montre le tableau 14-1.

Tableau 14-1 : Trois catégories de sources d'odeurs

Catégorie	Description	Présence
Active	Odeur présente lorsqu'on manipule la matière de manière active, comme pendant le déchiquetage, le mélange et le tamisage.	Pendant les heures de travail
Continu	Odeur qui émane pendant l'aération et le stockage des matières, soit à partir de sources ponctuelles, comme la sortie des événements d'aération ou les événements des réservoirs, ou de sources étendues, comme les émissions provenant des tas et de la surface des andains. Ces odeurs sont généralement beaucoup plus importantes que celle provenant des sources actives ou liées à l'entretien des lieux.	24 heures par jour, sept jours par semaine
Entretien des lieux	Ces odeurs peuvent émaner pendant chaque étape du traitement en raison de déversements, d'équipement souillé et du condensat, du produit de la digestion et du lixiviat à la surface du sol. Ces sources d'odeurs peuvent persister à la suite des activités quotidiennes, mais sont généralement facilement effacées grâce au nettoyage du matériel odorant.	24 heures par jour, sept jours par semaine



Un résumé de la source et du type d'odeurs typiques émanant des installations de compostage et de digestion anaérobiose est présenté dans le tableau 14-2.

Tableau 14-2 : Sources typiques d'odeurs dans les installations de compostage et de digestion anaérobiose

Sources d'odeurs	Catégorie
Transport et stockage de déchets	
Camions en mouvement	Active
Camions stationnés sur place	Active
Activités de déversement	Active
Ventilation non traitée provenant des installations d'entreposage	Continue
Convoyeurs ouverts	Active
Déversements provenant des camions	Entretien des lieux
Déversements autour des installations d'entreposage	Entretien des lieux
Flaques d'eau provenant du lavage des camions	Entretien des lieux
Déchets éparpillés par les pneus des camions sur le site	Entretien des lieux
Mélange	
Émissions de surface provenant des mélangeurs à chargement frontal ou des mélangeurs discontinus	Active
Émissions non traitées provenant des mélangeurs continus	Active
Déversement du mélange	Entretien des lieux
Résidus de mélange présents sur l'équipement	Entretien des lieux
Formation des piles de compostage et chargement des digesteurs	
Émissions de surface provenant des activités de manutention de matériel	Active
Déversement de mélange	Entretien des lieux
Résidus présents sur l'équipement	Entretien des lieux
Grosses mottes de déchets provenant de la mauvaise qualité du mélange	Continue
Traitements	
Ventilation des réservoirs et des puisards	Continue
Émissions fugitives provenant des réservoirs de traitement et des systèmes d'aération	Continue
Émissions de surface provenant des piles de compostage actif	Continue
Flaques de lixiviat à la base des piles de compostage	Entretien des lieux
Déshydratation et stockage du digestat	Active
Fuites et la formation de flaques de condensat, de lixiviat et de digestat	Entretien des lieux

(WEF *et al.*, 2009)



Un résumé des composants odorants les plus courants, des sources courantes et des voies de formation est présenté dans le tableau 14-3.

Tableau 14-3 : Types d'odeurs et sources

Classe de composés	Source probable	Voie de formation ou de libération
Soufre inorganique (sulfure d'hydrogène)	Lixiviat, déchets septiques, biosolides	Réduction anaérobiose de sulfate en sulfure ou dégradation anaérobiose d'acides aminés
Soufre organique (thiols)	Déchets soumis à des conditions anaérobies	Dégénération aérobiose et anaérobiose d'acides aminés
Sulfures organiques	Compostage	Oxydation aérobiose de thiols
Azote inorganique (ammoniac)	Traitement des matières premières avec un rapport carbone:azote inférieur à 15:1 (p. ex., résidus alimentaires et herbe verte)	Décomposition anaérobiose de l'azote organique; volatilisation à température ou pH élevé
Azote organique (amines)	Compostage	Décomposition anaérobiose d'acides
Acides gras	Déchets soumis à des conditions anaérobies	Décomposition anaérobiose
Aromatiques	Traitement préliminaire et primaire des déchets et compostage	Dégénération de lignines
Méthyléthylcétone	Compostage, agents structurants à base de bois	Dégénération de lignines
Terpènes	Compostage, agents structurants à base de bois	Présentes dans les produits du bois, comme les copeaux de bois et la sciure de bois

(Vershueren, 1983)

14.2 Échantillonnage et mesure des odeurs

Les odeurs provenant des installations de compostage et de digestion anaérobiose sont liées à un certain nombre de composés agissant de concert pour produire des réponses subjectives de la part de l'appareil olfactif humain. En raison de la grande quantité de composés en cause, l'analyse des concentrations de chaque composé n'est pas très utile pour établir les répercussions des odeurs. Toutefois, l'analyse des composés précis (p. ex., l'ammoniac) peut être utile pour orienter le choix de la technologie appropriée de contrôle des odeurs.

14.2.1 Prélèvement d'échantillons

En général, la collecte d'échantillons d'air odorant des cheminées, des réservoirs et des conduits est simple. De même, il est relativement simple de prélever des échantillons d'air des piles de compost à aération négative directement à partir des conduits en aval de la pile de compost. Toutefois, pour mesurer directement les odeurs avec un quelconque degré de précision, des protocoles d'échantillonnage précis doivent être suivis.

Il existe deux pièces d'équipement standard utilisées pour le prélèvement des échantillons, les chambres de flux et les hottes.



Chambre de flux

La collecte d'échantillons d'odeur émis par des piles statiques de matières (p. ex., des matières premières entrantes, des andains de compost et des piles entreposées de produits) au moyen d'un balayage de l'air ambiant à leur surface est difficile. En général, on utilise une chambre de flux dans cette situation conformément aux protocoles d'échantillonnage de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. La chambre de flux est placée sur une surface représentative de la pile, et on collecte de l'air en provenance des émissions de surface dans un sac Tedlar non réactif et sans odeur (ou l'équivalent). On utilise une chambre vide pour faire passer l'air de la chambre de flux au sac Tedlar au moyen d'un tuyau en téflon.



Photo 14-1 : Chambre à vide et sac Tedlar © CH2M HILL

Hottes

Les piles de compost et les biofiltres aérés à l'aide de ventilateurs à aération positive peuvent faire l'objet d'un échantillonnage au moyen d'une hotte placée sur une zone représentative, comme le montre la photo 14-2. Des protocoles précis doivent être suivis pour obtenir des échantillons représentatifs. Dans ce cas, il est particulièrement important de veiller à ce que les taux d'extraction d'échantillons ne dépassent pas le débit d'air sortant de la pile de compost, sans quoi les échantillons ne seront pas représentatifs (c.-à-d. que la concentration de l'odeur sera supérieure à la concentration réelle).



Photo 14-2 : Hotte d'échantillonnage utilisée pour recueillir des échantillons d'odeur à partir d'une pile de compost aérée © CH2M HILL

14.2.2 Mesures de la concentration d'odeur

Une fois recueillies, les odeurs présentes dans les échantillons d'air sont qualifiées au moyen de la mesure de la « puissance de l'odeur » ou de la « concentration de l'odeur » conformément à une méthode standard. Le protocole décrit dans la norme ASTM International (ASTM) E-679-04 (2011) est la méthode la plus communément utilisée au Canada et aux États-Unis. Selon cette méthode, on demande à des intervenants préqualifiés de sentir des échantillons d'air de moins en moins dilués (de plus en plus concentrés) jusqu'à ce qu'ils détectent une odeur.

Lorsque mesurée à l'aide du protocole ASTM, la concentration de l'odeur est reportée en fonction de dilutions de seuil. La valeur de dilutions de seuil est égale au rapport de volume entre l'air inodore et l'échantillon d'air dans un mélange dont la moitié des intervenants peuvent détecter une odeur et la moitié des intervenants ne peuvent pas. Par exemple, une valeur de dilutions de seuil de 1000 signifie que 50 % des personnes ayant une sensibilité moyenne peuvent détecter une odeur en sentant un mélange contenant 1 litre (L) d'échantillon d'air odorant et de 999 L d'air inodore. L'analyse des résultats des intervenants est la méthode la plus directe de quantifier l'incidence des gaz odorants sur le système olfactif humain.



Photo 14-3 : Olfactomètre © St. Croix Sensory, Inc.



Bien que cette méthode soit efficace pour mesurer la puissance des odeurs, elle ne permet pas de caractériser les différents composants ou de reconnaître le caractère repoussant des odeurs. La « qualité hédonique » est souvent utilisée de concert avec la concentration de l'odeur pour évaluer le caractère attirant ou repoussant d'un échantillon d'odeur. La qualité hédonique est une mesure subjective du caractère attirant ou repoussant d'une odeur (sur une échelle de -10 à +10) établie par des intervenants au moment où on mesure la concentration de l'odeur. On peut établir le caractère d'une odeur en la comparant à une liste de descripteurs standards (p. ex., terreuse, fruitée, odeur de poisson), comme le montre la figure 14-1.

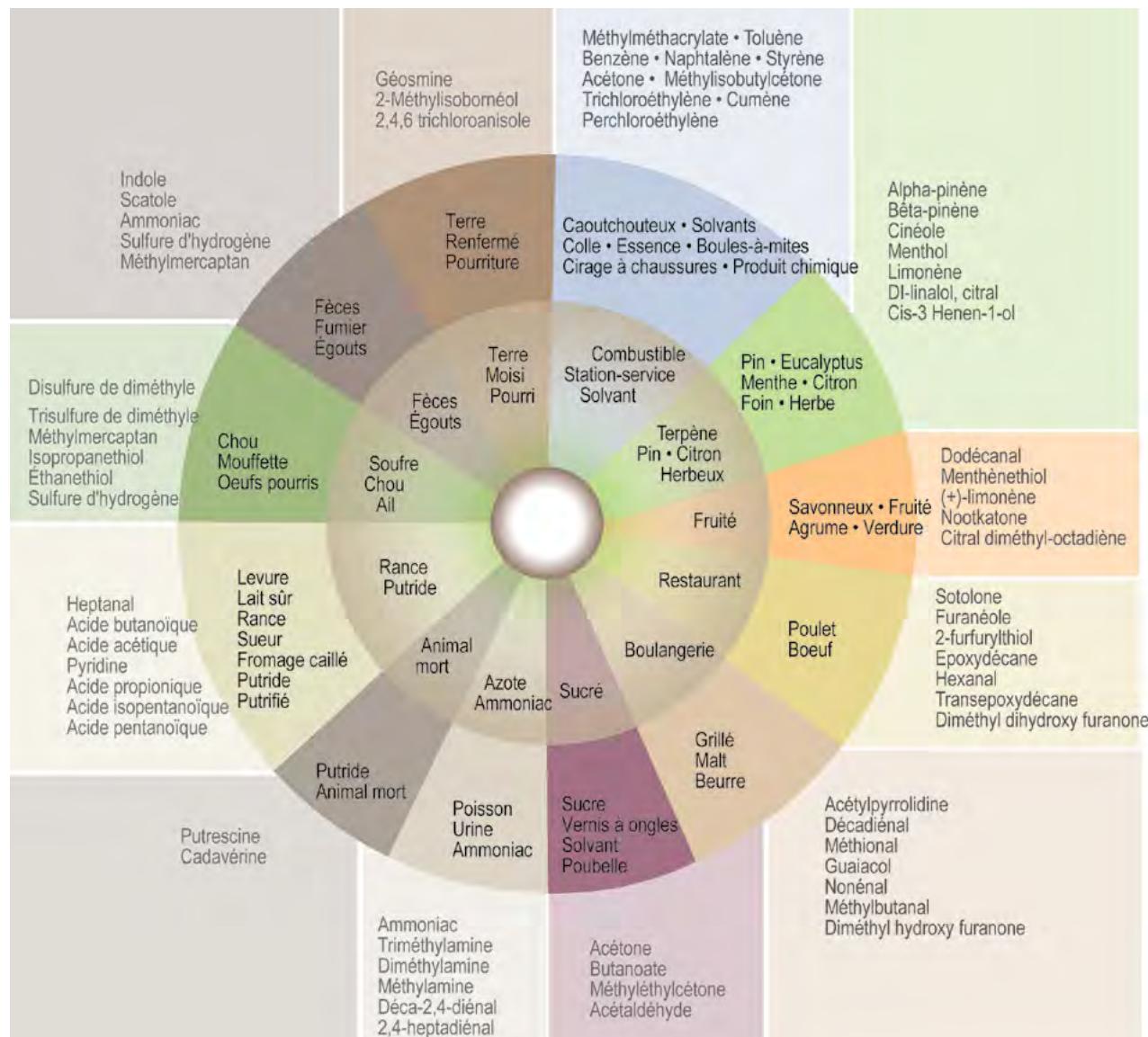


Figure 14-1 : On utilise les roues d'odeurs pour fournir des descripteurs liés au caractère d'une odeur (Adapté avec permission : Rosenfeld et al., 2007)



14.3 Prévoir l'incidence des odeurs à l'extérieur du site

Afin d'évaluer l'incidence éventuelle des odeurs à l'extérieur du site, on doit définir les taux d'émission et les paramètres physiques des différentes sources présentes dans l'installation. On établit les émissions d'odeurs en prélevant des échantillons d'air et en analysant les caractéristiques des odeurs en laboratoire, tel qu'il est décrit dans la section précédente. Les résultats de l'analyse des odeurs peuvent ensuite être combinés à des paramètres physiques et à des paramètres du processus liés à des sources précises afin d'élaborer des taux d'émission d'odeurs pour chaque source. Les émissions totales d'odeurs de l'installation en général représentent la somme des émissions de chaque source. À titre d'exemple, le tableau 14-4 montre les émissions d'odeurs relatives provenant de différentes sources d'odeurs au sein d'une installation de compostage à piles extérieures statiques aérées.

Les taux d'émissions peuvent être utilisés dans des modèles de dispersion atmosphériques informatisés afin d'évaluer l'incidence éventuelle des odeurs provenant de l'installation sur les voisins. En général, les résultats de la modélisation sont des isoplètes superposés à des photos aériennes ou aux plans du site, comme le montre la figure 14-2. Une analyse détaillée des méthodes de modélisation des odeurs dépasse la portée du présent document. Toutefois, les lecteurs peuvent obtenir de plus amples renseignements dans des textes comme *Control of Odors and Emissions from Wastewater Treatment Plants* (2004) de la Water Environment Federation.

La modélisation de la dispersion peut également être un outil utile pour la comparaison des différentes technologies de traitement et des options de confinement et d'aménagement de l'installation. On devrait réaliser la modélisation des odeurs pendant la planification et la conception d'installations de traitement des déchets de taille moyenne et de grande taille (p. ex., plus de 20 000 tonnes par année [tpy] de matières de base) afin d'établir l'incidence éventuelle sur les voisins avant la construction des installations.

Tableau 14-4 : Résumé des sources d'odeurs types provenant d'une installation de compostage à piles extérieures statiques aérées

Source	Contribution aux émissions totales des odeurs (%)
Piles de compost	61,7
Piles de maturation	13,3
Piles d'entreposage de compost	12,9
Piles d'entreposage de nouveaux copeaux	4,2
Piles d'entreposage de copeaux recyclés	3,5
Zone de mélange	2,4
Piles de copeaux tamisés	1,3
Pile de séchage en formation	0,6
Piles de compost tamisé	0,1
TOTAL	100

(Murray et Thompson, 1986)



Figure 14-2 : Isoplètes du modèle d'odeurs pour des activités de compostage prévues © CH2M HILL

14.4 Options en matière de technologie de traitement

Une fois que l'air du bâtiment et les émissions liées aux procédés sont confinés et récupérés, ils peuvent être traités afin de réduire ou d'éliminer les composés odorants. Au sein de l'industrie du traitement des matières organiques, les technologies de traitement des gaz, comme l'épuration par voie humide, l'adsorption au charbon activé et la biofiltration, ont été utilisées avec succès dans de nombreuses installations. Ces technologies transforment les contaminants gazeux (odeurs) en liquides par absorption ou par adsorption, ou les oxydent, ou les deux. Chacune des technologies de traitement des gaz a des applications particulières. Il est important que les concepteurs, les opérateurs et les organismes de réglementation des installations comprennent les avantages et des limites de ces systèmes. Le tableau 14-5 présente une description sommaire de ces technologies, et d'autres détails sont présentés dans les paragraphes suivants.

Tableau 14-5 : Sommaire des technologies de contrôle des odeurs

Méthode	Description	Composés visés
Épurateurs par voie humide	Les tours à garnissage ou les épurateurs à bruine atomisée retirent les composés odorants du flux d'air à l'aide d'une solution de lavage liquide.	Composés sulfurés réduits et composés organiques
Adsorption au charbon activé	Les composés odorants sont retirés par adsorption au charbon activé.	Large éventail de composés; non efficace sur l'ammoniac
Biofiltres	L'air odorant est traité au moment de son passage dans le substrat du biofiltre, combinant l'absorption, l'adsorption et la bio-oxydation des composés odorants; le biofiltre peut être fermé ou non.	Large éventail de composés, y compris les composés sulfurés réduits, l'ammoniac et les odeurs organiques

14.4.1 Épurateurs par voie humide

Les épurateurs par voie humide comprennent à la fois les tours à garnissage et les épurateurs à bruine atomisée. On utilise ces systèmes depuis de nombreuses années pour traiter l'air odorant provenant des usines de traitement des eaux usées et des installations de traitement de matières organiques.

Les tours à garnissage sont généralement composées d'un réservoir vertical, cylindrique, résistante à la corrosion contenant de 2 à 4 mètres (m) de garnissage en plastique inerte. En général, l'air odorant circule vers le haut à travers le garnissage, et on vaporise de l'eau ou une solution acide vers le bas sur le garnissage en plastique pour qu'elle entre en contact avec l'air odorant. L'eau ou la solution acide est recueillie dans un bassin ou réutilisée. L'eau ou la solution acide d'appoint est automatiquement ajoutée, au besoin, pour maintenir



Figure 14-3 : Tour à garnissage type





Photo 14-4 : Tour à garnissage dans une installation de compostage © CH2M HILL

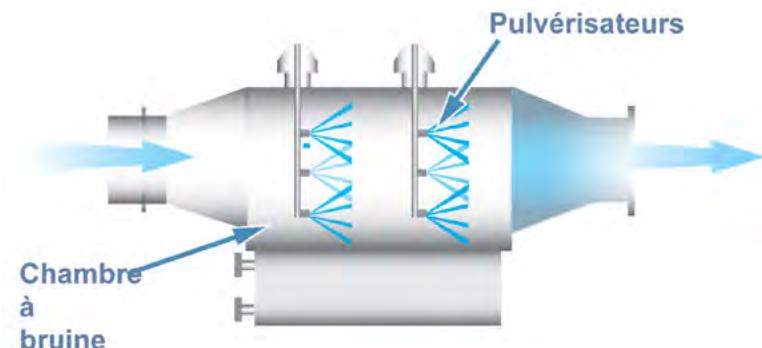


Figure 14-4 : Épurateur à bruine atomisée type



Photo 14-5 : Épurateur à bruine atomisée © CH2M HILL

les conditions idéales afin d'éliminer les contaminants, et la solution utilisée est régulièrement retirée. La solution utilisée doit être manipulée et traitée comme des eaux usées. Un éliminateur de gouttelettes est placé à la sortie du gaz afin d'éviter que des gouttelettes d'eau et de solution acide s'échappent du système. La figure 14-3 montre une représentation schématique d'une tour à garnissage type.

Les tours à garnissage peuvent comprendre de nombreuses phases d'élimination de contaminants précis. Par exemple, les odeurs de compostage peuvent nécessiter une première phase utilisant un liquide de lavage acide pour retirer l'ammoniac et les amines. Cette étape peut être suivie d'une ou plusieurs étapes utilisant de l'hypochlorite de sodium pour oxyder les composés sulfurés réduits. Pour éliminer le sulfure d'hydrogène, la tour à garnissage classique utilise à la fois de l'hydroxyde de sodium (afin de favoriser l'absorption du sulfure d'hydrogène dans la phase liquide) et de l'hypochlorite de sodium (pour provoquer l'oxydation du sulfure d'hydrogène en soufre élémentaire ou en sulfate).

Dans un épurateur à bruine atomisée, comme celui de la figure 14-4, des gouttelettes de solution atomisée sont pulvérisées dans le flux d'air afin de permettre le contact entre le gaz odorant et le liquide. La principale différence entre le système à bruine atomisée et la tour à garnissage est l'absence de réutilisation du liquide dans le premier, de sorte que la solution chimique est utilisée une seule fois, puis éliminée. Par conséquent, une solution chimique dans laquelle des composants odorants sont dissous s'écoule constamment dans un réseau d'égouts pour traitement supplémentaire. Quoiqu'ils soient généralement efficaces, les épurateurs à bruine atomisée répondent lentement aux variations rapides de la concentration de gaz odorants. Un aperçu des deux systèmes est présenté au tableau 14-6.

Tableau 14-6 : Avantages et inconvénients des tours à garnissage et des systèmes à bruine atomisée

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Élimination efficace des composés sulfurés et des amines Peu d'espace nécessaire Efficaces pour les charges d'odeurs variables Efficients pour les débits élevés 	<ul style="list-style-type: none"> Exigent un nettoyage périodique Peuvent être affectés par le gel Manipulation des produits chimiques et coûts connexes Efficacité limitée pour certains composés organiques Deux étapes nécessaires pour les composés à odeurs multiples comme les odeurs de compost

14.4.2 Adsorption au charbon activé

Comme les épurateurs par voie humide, les adsorbeurs au charbon activé sont utilisés de manière efficace dans l'industrie de contrôle des odeurs depuis de nombreuses années. Les adsorbeurs au charbon activé, utilisés pour les applications de contrôle des odeurs émanant du traitement des eaux usées et des matières organiques, sont généralement soit des adsorbeurs à lit profond, dans lesquels l'air odorant est dirigé de manière verticale à travers une couche de substrat d'au moins 1 m, ou soit des adsorbeurs à écoulement radial, dans lesquels le flux est dirigé de manière horizontale à travers une couche de substrat et prélevé dans l'espace annulaire extérieur ou dans la colonne centrale intérieure. La figure 14-5 est une représentation schématique d'un adsorbeur au charbon activé à double-lit.

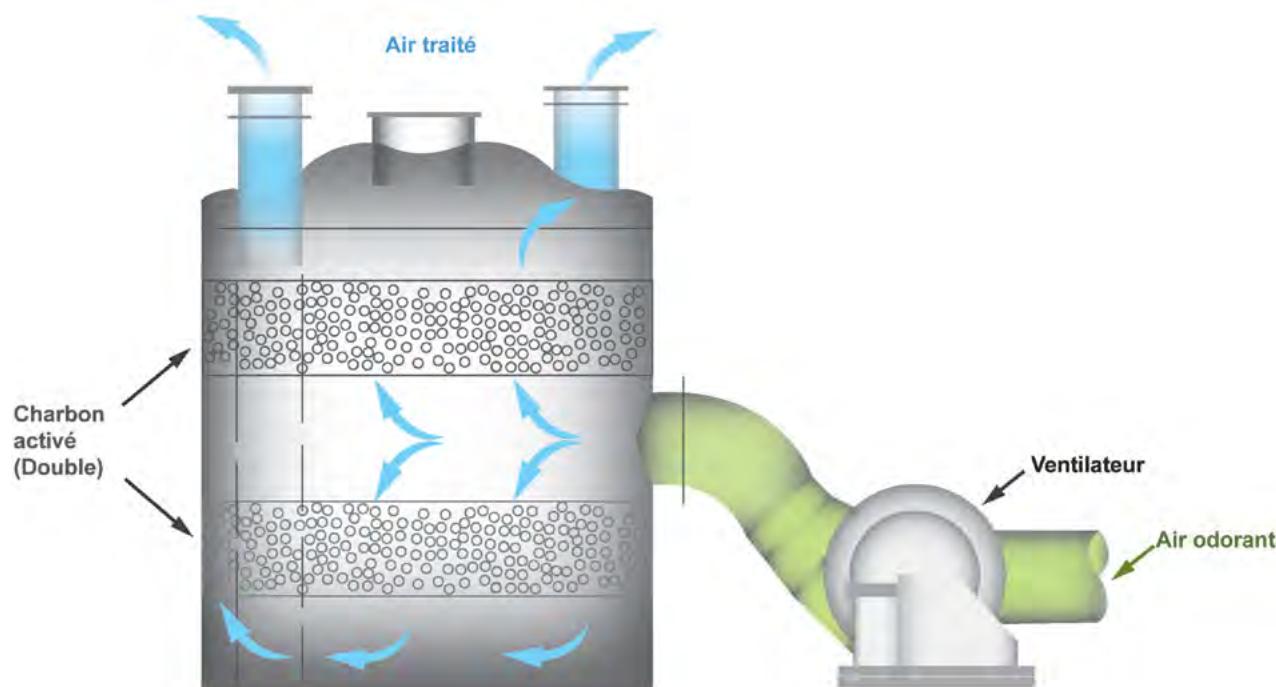


Figure 14-5 : Système d'adsorption au charbon activé à double-lit



En raison des concentrations élevées d'ammoniac et d'amines qui peuvent être présentes dans les gaz d'échappement provenant des applications de traitement des matières organiques séparées à la source, l'adsorption au charbon activé n'est pas efficace seule pour le traitement de ces émissions. Toutefois, cette technologie est efficace pour le traitement du sulfure d'hydrogène et d'autres composés sulfurés. Les unités d'adsorption au charbon activé sont également utiles pour le traitement des émissions rejetées par les événements des réservoirs d'entreposage souterrain de lixiviat.

Le principal facteur de sélection des systèmes de traitement au charbon activé est le type de charbon activé utilisé. Le charbon catalytique augmente grandement la capacité du charbon d'éliminer le sulfure d'hydrogène à faible masse moléculaire, ce qui pourrait augmenter la durée de vie du substrat en présence de sulfure d'hydrogène. Ce type de substrat est plus courant que le charbon imprégné de caustique qui a été utilisé par le passé, en raison des difficultés liées à la manipulation et l'élimination du carbone imprégné de caustique.

Le tableau 14-7 présente un aperçu du système.

Tableau 14-7 : Avantages et inconvénients du système d'adsorption au charbon activé

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Élimination efficace des composés sulfurés à faible concentration Peu d'espace nécessaire Efficace pour un large éventail de composés odorants Fonctionnement simple 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite le remplacement périodique du substrat, principalement lorsque la concentration de composés odorants est élevée. Sensible à l'humidité et aux particules Non efficace pour les amines et les composés d'ammoniac Le remplacement du substrat est coûteux et peut être exigeant en main-d'œuvre.

14.4.3 Systèmes à biofiltre

La biofiltration est devenue le choix le plus populaire pour le traitement des flux d'air odorant provenant des installations de compostage et de traitement de matières organiques. Bien qu'il y ait eu de nombreuses applications réussies au cours des dernières années, il y a également eu d'importants échecs, en particulier au cours des phases d'élaboration de cette technologie. Toutefois, la technologie a évolué de sorte que les biofiltres bien conçus et opérés constituent une technologie efficace de contrôle des odeurs.

Les biofiltres ont supprimé avec succès un large éventail de composés inorganiques et organiques des flux gazeux. Les essais ont démontré que les biofiltres bien conçus et bien exploités dans les installations de compostage permettent habituellement d'éliminer de 90 à 95 % des odeurs entrantes. Les biofiltres permettent d'éliminer les composés odorants facilement biodégradables, comme le sulfure d'hydrogène, à 99 % ou plus.

Adsorption et absorption

L'**adsorption** est l'attraction entre la surface extérieure d'une particule solide et un contaminant, alors que l'**absorption** est l'assimilation d'un contaminant par la structure physique d'un solide.

Les biofiltres traitent les composés odorants par l'intermédiaire d'une combinaison d'adsorption, d'absorption, de biodégradation et d'oxydation. Les contaminants sont soit adsorbés sur la surface



du substrat du biofiltre ou absorbés par la mince pellicule liquide fixe (biofilm) entourant les particules du substrat. Une fois que les composés odorants sont piégés, ils deviennent la source de nourriture de l'écosystème microbien du substrat. Les microorganismes se trouvant dans le biofilm oxydent les contaminants et utilisent l'énergie libérée pour maintenir leurs propres cellules et pour leur croissance. Les principaux microorganismes qui se trouvent dans le substrat du filtre sont des bactéries et des champignons. Ces organismes consomment les composés odorants qui, à leur tour, sont à la base d'une chaîne alimentaire plus complexe qui se trouve dans le substrat.

Le tableau 14-8 présente un aperçu du système à biofiltre.

Tableau 14-8 : Avantage et inconvénients du système à biofiltre

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Très efficace pour un large éventail de composés odorants Simple à exploiter et à entretenir Aucun produit chimique nécessaire Efficaces pour les charges d'odeurs variables Faibles coûts de fonctionnement et entretien 	<ul style="list-style-type: none"> Exige le remplacement du substrat (tous les deux à quatre ans pour le substrat organique et tous les 10 ans pour les substrats synthétiques). Espace important nécessaire La teneur en eau du substrat du biofiltre doit être surveillée La chute de pression à travers le substrat augmente au fil du temps. L'air rejeté peut avoir l'odeur naturelle résiduelle du substrat (p. ex., copeaux de bois)

Le tableau 14-9 présente un résumé des principaux paramètres d'exploitation des systèmes à biofiltre.

Tableau 14-9 : Principaux paramètres d'exploitation du système à biofiltre

Paramètre	Fourchette
Température de l'air à l'entrée	Moins de 40 °C
Teneur en eau du substrat du biofiltre	40–70 %
Taux de charge de l'air odorant	1–3,3 m ³ /min/m ²
Temps de résidence à lit vide	De 45 à 60 secondes

Remarques :

°C—degrés Celsius

m³/min/m²—mètre cube par minute par mètre carré



Photo 14-6 : Biofiltre ouvert utilisé dans une installation de compostage
© CH2M HILL

Biofiltres ouverts

Un biofiltre ouvert type est composé d'une couche de substrat contenant des microorganismes qui dégradent les contaminants, une structure de soutien du substrat, un système de distribution d'air vicié et une méthode de contrôle de la teneur en eau du substrat. La figure 14-6 présente une représentation schématique simplifiée d'un système à biofiltre ouvert type.



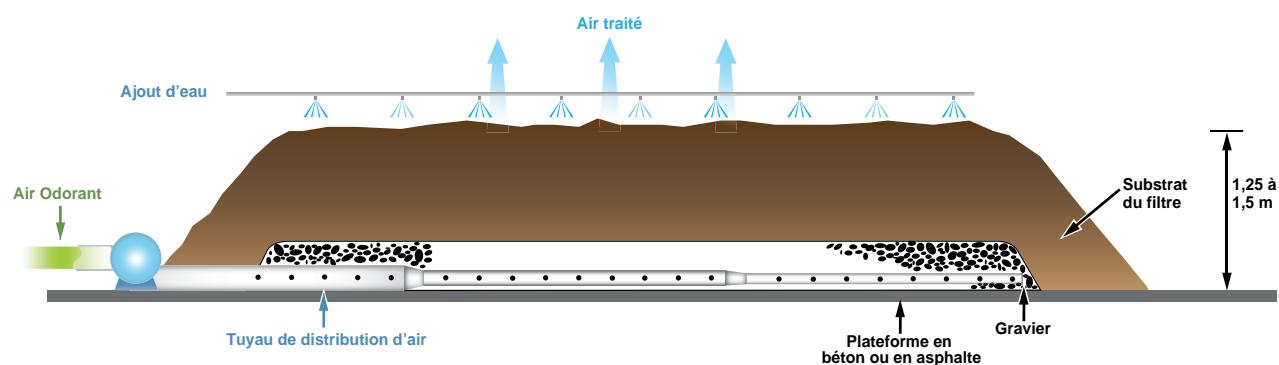


Figure 14-6 : Système à biofiltre ouvert type

Le substrat du biofiltre peut être composé de diverses matières naturelles, notamment de l'écorce, des copeaux de bois, de la terre, de la tourbe, du compost ou du sable ou des matières synthétiques, comme du charbon en grain, de la céramique, de la perlite, du plastique de la pierre de lave. Le substrat est réparti de façon lâche et égale sur la partie supérieure de la structure de soutien ou du système de distribution d'air. En général, le flux d'air devant être traité est distribué à travers la partie inférieure du lit du biofiltre et poussé vers le haut à travers le substrat. Le substrat humide du filtre fournit les conditions physiques et chimiques convenables pour le traitement des composés odorants.

Le contrôle de la teneur en eau est l'un des outils les plus importants pour l'entretien du substrat du biofiltre. Un substrat trop sec ne permettra pas de soutenir une communauté microbienne robuste et diversifiée. Un substrat trop humide peut devenir trop dense et compact, ce qui entraîne une réduction de sa porosité et du flux d'air. Si l'humidité relative de l'air qui circule dans le biofiltre n'est pas près de 100 %, le substrat sèche rapidement. L'assèchement du substrat a une incidence négative sur les microorganismes ou réduit l'efficacité du traitement des odeurs. Le contrôle de l'humidité du substrat du biofiltre est habituellement assuré par des épurateurs à bruine atomisée qui préparent le flux d'air à l'entrée, ou par le mouillage du substrat du biofiltre à l'aide de systèmes d'irrigation par pulvérisation.

Un lit de profondeur minimale est nécessaire pour permettre le temps de contact requis au transfert convenable des composés du flux d'air vers le substrat. Les profondeurs de lit types sont de 1,25 à 1,5 m, bien que des profondeurs atteignant 2,4 m soient utilisées. Des profondeurs supérieures entraînent des empreintes de biofiltre plus petites, mais elles entraînent également une chute de pression plus élevée, exigeant ainsi des ventilateurs plus puissants.

Le temps de résidence à lit vide est le temps théorique que l'air vicié devrait être en contact avec le substrat du filtre, en supposant que l'air circule dans 100 % du volume du biofiltre, comme s'il n'y avait pas de substrat. Le temps de contact réel est le temps pendant lequel l'air vicié est en contact avec le substrat pendant qu'il traverse les espaces interstitiels du substrat. Le temps de résidence à lit vide est toujours supérieur au temps de contact réel. Le temps de résidence à lit vide est généralement utilisé pour calibrer les systèmes à biofiltre, et il devrait être d'au moins 45 secondes.

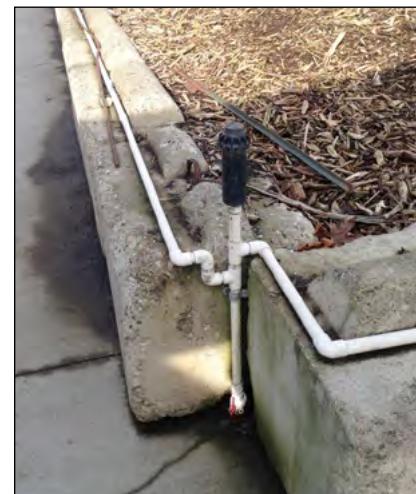


Photo 14-7 : L'eau peut être ajoutée au substrat à l'aide de gicleurs, mais on doit veiller à ne pas trop mouiller le substrat.
© CH2M HILL

On omet parfois de tenir compte du besoin de drainer tout surplus de liquide produit par la biofiltration de la partie inférieure du biofiltre. La pluie et la neige qui tombent sur le biofiltre peuvent également entraîner des excédents de liquide dans le substrat. Si le drainage n'est pas convenable, ce liquide peut s'accumuler dans les biofiltres et réduire le flux d'air ainsi que le rendement du traitement. Comme le liquide peut également être légèrement acide, on ne peut pas le rejeter dans l'environnement. On doit plutôt le considérer comme un lixiviat et le soumettre à un processus de traitement convenable.

Le substrat organique utilisé dans ces biofiltres finira par se dégrader à tel point que le flux d'air soit entravé et l'efficacité de traitement des odeurs réduite. Par exemple, le substrat d'un biofiltre à copeaux de bois doit être remplacé en général après 2 à 4 ans. Selon l'aménagement et la conception du biofiltre, le substrat peut habituellement être retiré et remplacé en quelques jours à l'aide d'une chargeuse frontale ou d'une excavatrice.

Systèmes à biofiltre fermé

Plusieurs fabricants proposent des systèmes à biofiltre fermés semblables à celui de la photo 14-8, qui sont pré-fabriqués. Ces systèmes comprennent habituellement la tuyauterie de distribution d'air, les instruments et les systèmes de contrôle et le substrat. En général, les systèmes de contrôle de l'humidité sont également compris. L'air traité à l'aide de ce type de systèmes à biofiltre est souvent rejeté par une cheminée, ce qui permet de surveiller les émissions et de mieux les disperser et les diluer. La figure 14-7 présente une représentation schématique d'un système à biofiltre fermé type.



Photo 14-8 : Système à biofiltre fermé utilisé dans une installation de compostage © Biorem Technologies Inc.

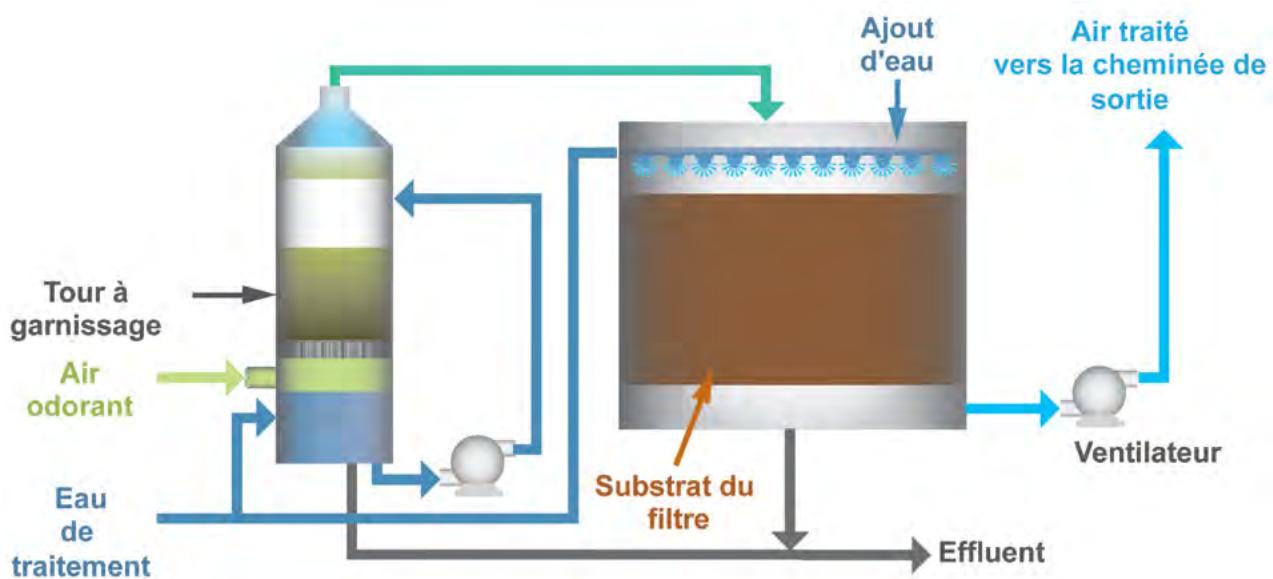


Figure 14-7 : Système à biofiltre fermé



Les systèmes fermés utilisent souvent un substrat de marque déposée fabriqué à partir de matériaux synthétiques. Le substrat de marque déposée offre une surface active de grande taille pour l'absorption, l'adsorption et la bioformation.

Comme ces systèmes sont fermés et qu'ils comprennent des systèmes de contrôle de l'humidité, ils ne sont pas assujettis au même degré de fluctuation de l'humidité que les systèmes ouverts (p. ex., en raison des précipitations et de l'évaporation de surface). Par conséquent, leur rendement est plus uniforme.

L'empreinte des biofiltres fermés est souvent plus petite que celle des biofiltres ouverts conçus pour traiter le même volume d'air, car leur lit peut être plus profond (c.-à-d. plus de 1,5 m).

Les biofiltres fermés sont généralement plus coûteux que les biofiltres ouverts ayant la même capacité de traitement, principalement si des taux de charge plus faibles sont utilisés (p. ex., débit par m^2 de surface active du biofiltre). Toutefois, la durée de vie du substrat (p. ex., de 5 à 10 ans) réduit le coût du cycle de vie de ces systèmes.



15. Gestion et mesure de contrôle des nuisances



Comme il est décrit au chapitre 14 et ailleurs, les odeurs sont les principales nuisances liées aux installations de compostage et de digestion anaérobiose, et il convient de porter une attention particulière aux mesures de contrôle des odeurs pendant la planification, la conception et l'exploitation d'une installation. Toutefois, les inquiétudes liées aux odeurs ne devraient pas détourner les ressources consacrées à la gestion d'autres nuisances éventuelles. Si elles sont négligées, ces autres nuisances peuvent être aussi nuisibles que les odeurs sur le plan de l'acceptation sociale de l'installation.

Le présent chapitre fournit un aperçu des autres nuisances qui peuvent être causées par les installations de traitement de matières organiques, notamment :

- Section 15.1 : Poussière
- Section 15.2 : Déchets sauvages
- Section 15.3 : Bruit
- Section 15.4 : Insectes, oiseaux et animaux

Sources de poussière

- Réception et manutention des matières de base sèches et des amendements
- Broyage et mélange pendant le prétraitement
- Retournement des andains secs
- Tamisage du compost
- Chargement du compost fini dans les camions
- Mise en sac du compost



Photo 15-1 : La poussière peut rapidement bloquer les radiateurs des machines utilisées pour retourner les andains et d'autres machines, entraînant ainsi la surchauffe. © CH2M HILL

15.1 Poussière

Les sources de poussière liées aux installations de traitement de matières organiques sont nombreuses. L'un des facteurs les plus importants découle de la manutention des matières de base sèches, des amendements et du compost sec. Ces matières se trouvent partout sur le site, mais les aires de réception et de traitement des matières de base, les aires de maturation du compost et les aires de tamisage sont particulièrement susceptibles de produire de la poussière. Parmi les autres sources importantes, on retrouve le broyage du bois, les aires de chargement des camions et la circulation sur les chemins et les aires de travail non pavés.

La poussière générée par les activités de traitement des matières organiques doit être contrôlée pour plusieurs raisons. La raison la plus importante est probablement la santé du personnel et des visiteurs, car la poussière et les particules en suspension peuvent irriter les yeux et les poumons.

La poussière peut également avoir une incidence négative sur le rendement de l'équipement mécanique et électrique, et accroître les besoins en matière d'entretien. Par exemple, la poussière peut obstruer les radiateurs et les prises d'air de l'équipement mobile

Répercussions de la poussière

- Irritation des voies respiratoires et des yeux des travailleurs et des visiteurs
- Accumulation sur les surfaces accroissant les risques d'incendie
- Effets opérationnels sur l'équipement mécanique et augmentation des besoins en matière d'entretien
- Bris prématuré ou panne catastrophique du matériel électrique
- Contribution et accélération au processus de corrosion biologique



et causer une augmentation de l'usure des roulements et des vérins hydrauliques des machines. La poussière qui se dépose dans l'équipement électrique et les compartiments moteurs du site augmente également les risques d'incendie et de panne électrique.

Le contrôle des processus constitue le meilleur moyen de gérer les émissions de poussière. Le maintien d'un niveau d'humidité optimal au cours de la phase active et de traitement permet de réduire les émissions de poussière, car les fines particules de compost ne se retrouvent normalement pas dans l'air lorsque le niveau d'humidité est supérieur à 45 %.

Il peut être inévitable de broyer ou de manipuler les matières de base sèches et les amendements avant le traitement humide. Dans ces situations, il est possible de contrôler les émissions de poussière à l'aide de systèmes de brumisation ou de compartiments fermés, et si le traitement est effectué à l'intérieur, à l'aide de systèmes de ventilation bien conçus. Parmi ces options, les systèmes de brumisation constituent une approche intéressante sur le plan des coûts d'immobilisation et des activités. Toutefois, les systèmes de brumisation ne peuvent pas être utilisés en hiver dans les bâtiments non chauffés, et il est possible qu'ils ne soient pas toujours efficaces à l'extérieur, étant donné que la bruine peut être dispersée par une légère brise.

On doit également concevoir le système de brumisation de manière à ce que la quantité d'eau utilisée ne rende pas les planchers mouillés, ce qui peut les rendre glissants et représenter un risque pour le personnel. En outre, les matières organiques humides ou saturées se trouvant sur le plancher peuvent vite devenir une source d'odeurs.

Pendant le chargement des camions, de la matière se retrouve inévitablement au sol. Cette matière finit par sécher et devient friable, ce qui peut constituer une source de poussière. Le problème est aggravé là où les camions sont constamment chargés. Les chemins non pavés et les plateformes de travail peuvent aussi constituer d'importantes sources de poussière en raison du gravier ou de la terre qui les compose ou à la suite d'un déversement de matières qui s'assèchent et se retrouvent dans l'air. Le personnel opérationnel de l'installation préfère les surfaces pavées, car elles sont plus faciles à nettoyer régulièrement afin d'éviter la poussière.

Dans les installations sans chemins ou plateformes de travail pavés, l'arrosage fréquent est un moyen courant de contrôler la poussière. Toutefois, on doit faire preuve de prudence, car l'eau peut former des flaques si la surface est inégale et devenir une source d'odeurs; l'eau peut également accroître la quantité de lixiviat.

Mesures de contrôle de la poussière

- Humidification des charges sèches
- Installation de clôtures autour des zones de service et installation de systèmes de ventilation appropriés
- Pavage des chemins sur le site
- Balayage ou nettoyage des chemins et des plateformes de travail
- Maintien d'un site propre



Photo 15-2 : Les systèmes de brumisation directionnels installés au plafond dans les bâtiments et autour de l'équipement permettent un contrôle efficace du niveau de poussière.

© CH2M HILL



Photo 15-3 : Les chemins et les plateformes de travail non pavés peuvent constituer une importante source de poussière.

© CH2M HILL



15.2 Déchets sauvages

Les déchets provenant des installations de traitement de matières organiques comprennent du papier, des sacs en plastique et d'autres pellicules plastiques qui sont acheminés à l'installation avec le mélange de matières de base. Comme la matière de base contient moins de matériel pouvant être à l'origine de déchets sauvages, cela représente généralement un problème moins grave qu'au sein des sites d'enfouissement et des installations de recyclage. Les installations qui traitent la matière de base à forte teneur en papier ou les programmes qui recueillent la matière de base dans des sacs en plastique font exception.

Si on ne s'en occupe pas, les déchets sauvages deviennent une pollution visuelle qui mine l'impression générale de la collectivité à l'égard de l'installation. Les déchets qui s'accumulent et les déchets sauvages emportés par le vent peuvent également détériorer les relations avec les voisins.

Dans une installation de traitement des matières organiques, il est raisonnable de s'attendre à ce que les déchets sauvages soient principalement produits dans les zones de réception et de prétraitement et pendant les activités de tamisage. Toutefois, le retournement des andains de compostage et de traitement extérieurs peut également produire des déchets sauvages, principalement si les piles sont sèches.

La première étape de la gestion des déchets sauvages consiste à contrôler directement les sources. Des caractéristiques de conception permettant le contrôle comprennent la construction d'enceintes et de clôtures autour des zones de traitement ainsi que l'installation d'aspirateurs à déchets sauvages sur l'équipement de traitement. Pour améliorer les mesures de contrôle, on peut installer des clôtures à mailles losangées autour du site afin de prévenir le transport des déchets par le vent à l'extérieur du site. Les arbres et les buissons autour du site permettent également de capturer les déchets sauvages de manière efficace et ils peuvent être plus esthétiques aux yeux des voisins. Toutefois, les déchets se trouvant dans les branches supérieures des arbres sont très visibles et souvent difficiles à enlever.

Les systèmes de contrôle des activités sont tout aussi sinon plus importants pour la gestion des déchets sauvages. Par exemple, si les portes et les rideaux ne sont pas fermés, les enceintes perdent leur efficacité. De même, il peut être nécessaire d'éviter le déchargement ou la manutention de certaines matières en période de forts vents ou d'installer des clôtures temporaires sous le vent dans les zones de déchargement.

Sources de déchets sauvages

- Pellicules plastiques et papiers arrivant avec les matières de base
- Récupération des amendements (activités de tamisage)
- Tamisage du produit final



Photo 15-4 : Les enceintes autour de la sortie des convoyeurs des cribleurs permettent de confiner les déchets. © Scott Gamble



Photo 15-5 : Les systèmes d'aspiration peuvent être utilisés pour éliminer les déchets sauvages de la matière sur les convoyeurs. © CH2M HILL

Mesures de contrôle des déchets sauvages

- Clôturer les zones de réception et de traitement
- Garder les portes des zones de déversement et de traitement fermées
- Installer des clôtures permanentes pour le contrôle des déchets sauvages
- Utiliser des clôtures à déchets sauvages temporaires ou portatives
- Retirer régulièrement les déchets sauvages des clôtures, des arbres et de la propriété

Il est important que le personnel des opérations retire régulièrement les déchets sauvages des clôtures. Non seulement l'accumulation de ces déchets donne une mauvaise image de l'installation, mais ils peuvent accroître la résistance au vent des clôtures et entraîner le fléchissement des poteaux, l'affaissement des clôtures portatives ou causer d'autres dommages.

Les mesures de contrôle des déchets devraient également mettre l'accent sur les chemins d'accès au site. Il est fréquent de prendre des dispositions avec la municipalité pour établir et appliquer des règlements relatifs aux déchets sauvages et d'appliquer un supplément aux chargements entrants qui ne sont pas toilés de manière convenable. On recommande également d'effectuer fréquemment la collecte des déchets sauvages le long des chemins d'accès.

15.3 Bruit

Des règlements provinciaux sur la santé et la sécurité exigent que toutes les installations assurent la gestion du bruit afin de protéger le personnel et les visiteurs contre les dommages auditifs à court et à long terme. Les mesures de contrôle du bruit sont également nécessaires pour éviter de masquer les conditions non sécuritaires. Par exemple, le bruit émis par une pièce d'équipement bruyante peut masquer les alarmes liées au démarrage d'équipement automatisé ou les alarmes de marche arrière de l'équipement mobile.

Les règlements provinciaux sur la santé et la sécurité ne se préoccupent pas des effets nuisibles du bruit (c.-à-d., des bruits inférieurs au niveau nuisible sur le plan de la santé, mais qui sont facilement détectables) sur la qualité de vie des voisins. Dans certaines municipalités, des règlements ont été adoptés pour contrôler les nuisances acoustiques, mais ces derniers visent généralement à éviter le bruit pendant la nuit ou tôt le matin, lorsque les résidents dorment. Malgré l'absence possible de règlements, les concepteurs et les exploitants devraient toujours s'efforcer de prévenir et de gérer ces nuisances acoustiques, car elles peuvent détériorer les relations avec les voisins et avoir des répercussions négatives sur l'opinion publique à l'égard de l'installation.

Voici les sources courantes de nuisances acoustiques :

- Bruit des moteurs de véhicules qui livrent les matières de base et les amendements ou qui retirent les produits du site.
- Claquements du panneau arrière des véhicules
- Bruit des moteurs de l'équipement, comme les chargeuses frontales et les broyeurs
- Alarmes de marche arrière
- Alarmes d'avertissement de l'équipement de traitement
- Ventilateurs (principalement au moment de la mise en marche)

Sources de bruit

- Véhicules de collecte
- Déchiqueteurs et broyeurs
- Chargeuses montées sur roues
- Vire-andains
- Blocs d'alimentation hydraulique, moteurs, engrenages
- Ventilateurs

Techniques de réduction du bruit

- Exploiter l'équipement de manière convenable (p. ex., tr/min des moteurs)
- Entretenir correctement l'équipement
- Confiner l'équipement fixe bruyant
- Prévoir des zones tampons suffisantes autour de l'installation
- Construire des levées de terre ou des clôtures anti-bruit autour du site
- Planter des arbres et d'autre feuillage autour du site



Photo 15-6 : Levées de terre et arbres permettant de réduire les répercussions du bruit et d'améliorer l'apparence du site. © CH2M HILL



Un grand nombre des mesures de contrôle du bruit sont de nature opérationnelle : éviter de faire fonctionner le moteur des camions et de l'équipement à régime élevé, veiller à ce que les silencieux soient bien entretenus et réparer les chemins détériorés afin de réduire le claquement du châssis des véhicules.

Les concepteurs peuvent favoriser la réduction du bruit en concevant des routes qui sont moins sensibles de former des ornières ou de se détériorer, en réduisant les pentes dans la mesure du possible (réduisant ainsi le bruit des moteurs au cours de la montée) et en établissant des limites de vitesse convenables.

On peut installer des barrières anti-bruit sous la forme de clôtures, de levées de terre ou de végétation autour de l'installation ou aux endroits clés. Il est également possible de doter des équipements de traitement et d'aération spécifiques de dispositifs d'amortissement sonore. Par ailleurs, on peut placer l'équipement dans des bâtiments ou dans les enceintes conçus de manière convenable afin de réduire les niveaux de bruit hors site.

15.4 Insectes, oiseaux, animaux

Que ce soit en raison de la source de nourriture que représentent les matières de base ou de la chaleur dégagée par les activités de traitement, il est évident que les installations de traitement de matières organiques attirent les insectes, les oiseaux et d'autres animaux, comme les rats et les souris, les rats laveurs, les mouffettes, les coyotes et les ours. Même le traitement de l'herbe, des feuilles et des broussailles, qui sont souvent considérées comme des matières de base relativement inoffensives, peut attirer les insectes, les oiseaux et les animaux.

La principale préoccupation liée aux insectes, aux oiseaux et aux animaux est la propagation éventuelle d'agents pathogènes et de maladies. Dans ce contexte, ces derniers sont des vecteurs de maladies. Une préoccupation secondaire est le fait que les oiseaux et les animaux peuvent répandre les matières de base autour de l'installation ou sur les propriétés adjacentes. Les gros animaux, comme les ours et les couguars, représentent également une menace physique pour le personnel et les visiteurs.

Comme dans le cas des autres nuisances, la principale mesure de contrôle des insectes, des oiseaux et des animaux consiste à adopter des pratiques opérationnelles sensées. Premièrement, on doit mettre en œuvre de bonnes méthodes d'entretien et maintenir le site



Photo 15-7 : Les oiseaux et les animaux sont attirés par la chaleur dégagée par le processus de compostage, ainsi que par les résidus alimentaires. © CH2M HILL

Mesures de contrôle des animaux

- Nettoyer et entretenir fréquemment les installations de traitement de matières organiques; adopter de bonnes méthodes d'entretien.
- Nettoyer fréquemment les surfaces qui entrent en contact avec les matières de base (principalement la nourriture).
- Contrôler le processus de compostage, car de nombreux animaux sont attirés par les matières organiques à la surface des piles de compost.
- Installer une clôture de périmètre pour dissuader les gros animaux.

propre. Le traitement et le recouvrement rapide des matières de base constituant une source de nourriture sont également importants dans les installations de compostage extérieures.

Les gros animaux, comme les ours et les coyotes, peuvent être dissuadés et gardés à l'écart grâce à une clôture de périmètre suffisamment haute et dense. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'ajouter une clôture électrique ou d'enfoncer partiellement la clôture de périmètre afin d'empêcher les animaux de passer sous la clôture. L'installation d'une clôture est inutile pour dissuader les petits animaux, comme les rats et les souris; il est donc nécessaire d'utiliser des mesures de contrôle opérationnel (p. ex., des pièges).

Il est plus difficile de contrôler les oiseaux, car ils peuvent franchir les clôtures et les autres barrières en volant. Les concepteurs et les exploitants peuvent installer des canons qui émettent des bruits puissants de manière aléatoire pour repousser les oiseaux. Toutefois, le bruit de ces canons peut agacer les voisins, et l'efficacité à long terme des dispositifs de contrôle par le bruit est discutable.

Il existe plusieurs mesures silencieuses de contrôle des oiseaux pouvant être intégrées à l'installation, comme l'adaptation des bâtiments et des structures du site afin de réduire le nombre de perchoirs éventuels, l'installation de filets japonais à l'intérieur des enceintes et l'utilisation de rideaux d'air ou d'autres obstacles sur les portes de garage; l'installation de serpentins ou de pics sur les surfaces horizontales; l'installation d'éoliennes dont les surfaces de l'hélice reflètent la lumière visible ou les rayons ultraviolets; l'installation de banderoles et de drapeaux; et l'installation de fils suspendus au-dessus des zones de travail afin de dévier la trajectoire des oiseaux.

Par rapport aux oiseaux, les insectes sont beaucoup plus faciles à contrôler. Les mesures de contrôle des insectes mettent principalement l'accent sur les mouches et les moustiques, qui sont tous deux des vecteurs de maladies et d'agents pathogènes.

Les moustiques pondent leurs œufs dans les eaux stagnantes; par conséquent, ils sont attirés vers les étangs d'eau de surface, les réservoirs ouverts et l'eau accumulée dans les fossés, les ornières et les dépressions. Bien qu'il ne soit pas rentable de recouvrir les étangs d'eau de surface, on peut habituellement recouvrir les réservoirs ou on peut placer des écrans sur les ouvertures et les événements. La réparation des routes et des plateformes endommagées et le nivellement fréquent des zones de travail peuvent aider à prévenir l'accumulation d'eau stagnante.

Mesures silencieuses de contrôle des oiseaux

- Confiner les zones de réception de résidus alimentaires
- Traiter et recouvrir rapidement les résidus alimentaires
- Installer des clignotants en métal ou en miroir
- Installer des bandes réfléchissantes et des banderoles
- Installer des filets et des fils suspendus.
- Utiliser des silhouettes de faucons et de hiboux
- Employer des patrouilles canines et d'oiseaux prédateurs
- Installer des éoliennes



Photo 15-8 : Les ornières limitent le passage, attirent les insectes et constituent une source d'odeurs.
© CH2M HILL

Les mouches sont attirées par les matières de base en décomposition. Elles sont également attirées par la chaleur dégagée par le processus de compostage; les mouches pondent souvent leurs œufs sur la surface extérieure des piles de compost où la température est supérieure à la température ambiante, mais pas assez élevée pour tuer les larves.

La principale mesure de contrôle des mouches consiste à traiter les matières de base aussi rapidement que possible, exposant ainsi les œufs à la chaleur ou à d'autres conditions qui tuent les larves avant leur éclosion. Les mouches peuvent également être contrôlées grâce à divers pièges et dispositifs électriques.

Les infestations de mouches dans les installations de compostage extérieures sont souvent observées, mais on peut les contrôler en retournant les andains tous les deux ou trois jours pendant une semaine. Le fait de retourner les andains expose les œufs et les larves de mouches aux températures plus élevées à l'intérieur des andains, ce qui brise le cycle de reproduction des mouches.

Mesures de contrôle des insectes

- Recouvrir les orifices d'entrée et les évents des réservoirs
- Niveler fréquemment les chemins et les plateformes de travail extérieures afin de prévenir l'accumulation d'eau stagnante
- Veiller à ce que les fossés soient correctement nivelés et exempts de limon ou de débris qui empêchent l'eau de s'écouler
- Traiter rapidement les matières de base
- Maintenir la température des processus à un niveau approprié
- Retourner les andains fréquemment pendant la phase active afin de briser le cycle de reproduction des insectes



16. Normes de qualité du compost



Les matières de base provenant du flux de déchets solides municipaux utilisées pour faire du compost pourraient contenir des matières non organiques ou d'autres matières non compostables. Par conséquent, les organismes de réglementation et l'industrie à l'échelle canadienne ont collaboré pour créer des normes relatives à la qualité du compost fini visant à protéger la santé humaine et à prévenir la dégradation de l'environnement. Ces normes ont également appuyé la croissance de l'industrie du compostage au Canada grâce à l'établissement d'exigences minimales relatives aux produits pour tous les producteurs, contribuant à renforcer la confiance du client.

En général, les normes adoptées par les organismes de réglementation mettent l'accent sur la protection de la santé publique et de l'environnement. Les critères ou les précisions relatives aux caractéristiques esthétiques du compost (p. ex., la texture, la couleur ou l'arôme) et les caractéristiques relatives à la croissance des plantes (p. ex., le pH, la teneur en sels solubles ou la teneur en éléments nutritifs) sont plus souvent élaborés par l'industrie et de nature volontaire.

Au Canada, les normes suivantes ont été élaborées conjointement pour contrôler la qualité du compost :

- La *Loi sur les engrains*
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), *Lignes directrices sur la qualité du compost*
- Bureau de normalisation du Québec (BNQ), *Amendements organiques—Compost*

Le tableau 16-1 présente un résumé des catégories couvertes par chaque norme. En raison de la nature prévoyante des organismes visés, ces normes sont étroitement harmonisées, de sorte que si une norme est respectée, il est très facile de respecter les exigences des autres normes.

En plus de ces normes, plusieurs provinces canadiennes ont adopté des lignes directrices ou des critères en vertu de leurs lois respectives sur l'environnement et la gestion des déchets. Ces normes provinciales sont également essentiellement harmonisées avec les trois normes principales et sont identiques dans certains cas.



Photo 16-1 : Matières non compostables se retrouvant couramment dans les matières de base provenant de résidus verts © CH2M HILL



Tableau 16-1 : Aperçu des normes de qualité du compost

	Agence canadienne d'inspection des aliments—Loi sur les engrais	Conseil canadien des ministres de l'environnement—Lignes directrices pour la qualité du compost	Bureau de normalisation du Québec—Amendements organiques—Composts
Concentration maximale en éléments traces	✓	✓	✓
Maturation	✓	✓	✓
Organismes pathogènes	✓	✓	✓
Corps étrangers (y compris les corps étrangers tranchants)	✓	✓	✓
Teneur en humidité et matière organique	✓		✓
Étiquetage	✓		

Le présent chapitre porte sur les éléments suivants :

- Section 16.1 : *Loi sur les engrais*
- Section 16.2 : Conseil canadien des ministres de l'environnement—*Lignes directrices pour la qualité du compost*
- Section 16.3 : Bureau de normalisation du Québec—*Amendements organiques—Composts*
- Section 16.4 : Exigences réglementaires provinciales
- Section 16.5 : Alliance de la qualité du compost

16.1 Loi sur les engrais

Au Canada, la *Loi sur les engrais* et les règlements connexes établissent des normes de sécurité et des exigences en matière d'étiquetage pour tous les engrais et les produits complémentaires (y compris le compost), comme il est décrit dans la présente section. L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) est chargée d'assurer et de contrôler l'application des lois suivantes : *Loi sur les engrais*, *Règlement sur les engrais*, ainsi que les directives d'homologation connexes.

16.1.1 Normes de qualité

Les normes de qualité du compost sont mandatées par le gouvernement fédéral par l'intermédiaire de la *Loi sur les engrais* ainsi que du *Règlement sur les engrais* et des directives d'homologation connexes.

Le *Règlement sur les engrais* exige que tout compost vendu ou importé au Canada réponde aux exigences minimales en matière de qualité figurant dans les directives d'homologation publiées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments, principalement les documents T-4-93 et T-4-120.

Directives d'homologation de l'Agence canadienne d'inspection des aliments

- Élaborées en vertu de la *Loi sur les engrais*
- Contiennent des renseignements sur les exigences et les protocoles auxquels on doit se conformer
- Documents ayant force exécutoire



Le document T-4-93 contient des normes relatives aux concentrations d'éléments traces dans les composts. Plus précisément, il établit le maximum admissible d'ajouts cumulatifs de plusieurs éléments traces au sol sur une période de 45 ans. Les normes pour le chrome et le cuivre ne figurent pas dans le document T-4-93; toutefois, des normes provisoires ont été élaborées par le Bureau de l'innocuité des engrains de l'Agence canadienne d'inspection des aliments et figurent dans le document T-4-120. Les tableaux 16-2 et 16-3 présentent un résumé des normes relatives aux éléments traces figurant dans les deux directives d'homologation. Le document T-4-120 contient un certain nombre d'exigences et de critères supplémentaires pour les produits de compost, qui sont également résumés dans le tableau 16-3.

Tableau 16-2 : Résumé des normes de l'Agence canadienne d'inspection des aliments relatives aux éléments traces (T-4-93 et T-4-120)

	Concentrations maximales admissibles d'éléments traces dans les produits (mg/kg de poids sec)	Maximum admissible d'ajouts cumulatifs de métaux au sol (kg/ha)
Arsenic	75	15
Cadmium	20	4
Chrome	—	210
Cobalt	150	30
Cuivre	—	150
Plomb	500	100
Mercure	5	1
Molybdène	20	4
Nickel	180	36
Sélénium	14	2,8
Zinc	1 850	370

Remarques :

kg/ha—kilogrammes par hectare

mg/kg—milligrammes par kilogramme

Tableau 16-3 : Résumé des normes supplémentaires de l'Agence canadienne d'inspection des aliments relatives à la qualité du compost (tiré du document T-4-120)

Paramètre	Norme
Maturation	Les composts doivent être matures pour correspondre à la définition du « compost » établie dans le <i>Règlement sur les engrains</i> . C'est le fabricant qui doit démontrer la maturité du compost à l'aide de méthodes analytiques validées.
Teneur en eau	Moins de 65 %
Matière organique	Plus de 15 %
Organismes pathogènes :	
• <i>Salmonella</i>	Indétectables
• Coliformes fécaux	Moins de 1 000 NPP par gramme de matières solides totales
Objets tranchants	Les composts ne devraient renfermer aucun objet pointu, comme du verre ou du métal, sous une taille ou une forme qui peut causer des blessures.

Remarques :

NPP—Nombre le plus probable



En plus de ces critères, les directives d'homologation contiennent des directives relatives à l'échantillonnage des produits de compost et établissent des méthodes d'analyse précises approuvées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Le personnel de l'Agence canadienne d'inspection des aliments procède régulièrement à l'échantillonnage des produits de compost afin de veiller à ce qu'ils respectent les normes du *Règlement sur les engrais* et des directives d'homologation. Pour ce faire, le personnel mène des inspections et procède à l'échantillonnage aléatoire dans les installations de compostage.

16.1.2 Étiquetage

L'Agence canadienne d'inspection des aliments a également le mandat de protéger les consommateurs en veillant à l'application des exigences minimales obligatoires en matière d'étiquetage des produits conformément au *Règlement sur les engrais*, notamment :

- le nom du produit;
- les renseignements sur le producteur;
- une garantie de la quantité minimale de matière organique et de la teneur maximale en humidité du produit;
- la teneur en éléments nutritifs (p. ex., la concentration d'azote, de phosphore et de potassium dans le produit) si une allégation expresse ou tacite est faite concernant la teneur en éléments nutritifs;
- mode d'emploi et mises en garde.

Il existe d'autres protocoles concernant la taille des étiquettes et les caractères figurant sur l'étiquette, ainsi qu'un ensemble complet de règles au sujet des allégations pouvant figurer ou non sur l'étiquette. Le numéro de lot du produit doit également figurer sur l'étiquette en cas de rappel.

16.2 Conseil canadien des ministres de l'environnement—*Lignes directrices pour la qualité du compost*

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement est une tribune intergouvernementale composée de représentants des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux qui collaborent dans le cadre de discussions et d'actions conjointes au sujet d'enjeux environnementaux ayant des répercussions à l'échelle nationale. L'objectif du Conseil canadien des ministres de l'environnement consiste à favoriser l'élaboration de normes, de pratiques et de lois uniformes à l'échelle du Canada.

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement a publié ses premières *Lignes directrices pour la qualité du compost* (les lignes directrices) en 1996, à la suite de discussions communes avec les provinces, Environnement Canada et Agriculture Canada. Une mise à jour des lignes directrices a été publiée en 2005 à la suite d'une consultation avec ces organismes gouvernementaux et les représentants de l'industrie.

Deux ensembles de critères figurent dans les lignes directrices permettant de classer le compost dans deux catégories : type A ou type B. Le compost qui répond à tous les critères du type A peut être utilisé dans toutes les applications, y compris, sans toutefois s'y limiter, dans les applications suivantes :



- terres agricoles et résidentielles;
- activités horticoles;
- pépinières.

L'utilisation du compost répondant aux critères du type B peut être restreinte dans certaines provinces, car il contient des corps étrangers tranchants ou sa teneur en éléments traces est plus élevée. Il convient de noter que les critères du Conseil canadien des ministres de l'environnement relatifs aux éléments traces pour le compost de type B sont harmonisés avec les critères relatifs aux éléments traces figurant dans le *Règlement sur les engrains* de l'Agence canadienne d'inspection des aliments.

Comme le montre le tableau 16-4, les lignes directrices comprennent des critères précis relatifs aux éléments traces, à la teneur en agents pathogènes, à la maturation, aux corps étrangers, aux corps étrangers tranchants et aux composés organiques. Les critères relatifs à la teneur en agents pathogènes, à la maturation et aux composés organiques sont identiques pour le compost de type A et B.

Tableau 16-4 : Résumé des *Lignes directrices pour la qualité du compost* du Conseil canadien des ministres de l'environnement

	Type A	Type B	
	Teneur maximale dans le compost (mg/kg base sèche)	Teneur maximale dans le compost (mg/kg base sèche)	Ajout cumulatif maximal dans le sol (kg/ha)
Éléments traces			
Arsenic	13	75	15
Cadmium	3	20	4
Chrome	210	1 060	210
Cobalt	34	150	30
Cuivre	400	757	150
Plomb	150	500	100
Mercure	0,8	5	1
Molybdène	5	20	4
Nickel	62	180	36
Sélénium	2	14	2,8
Zinc	700	1850	370
Organismes pathogènes^a			
Le compost produit uniquement à partir des résidus de jardin doit respecter le critère PFRP ^a ou les teneurs maximales en organismes pathogènes suivantes :			
Salmonella	Moins de 3 NPP/4 g (base sèche)		
Coliformes fécaux	Moins de 1 000 NPP/g (base sèche)		
Le compost produit à partir de toute autre matière de base doit respecter les critères PFPR et les teneurs maximales en organismes pathogènes.			



Tableau 16-4 : Résumé des *Lignes directrices pour la qualité du compost* du Conseil canadien des ministres de l'environnement (suite)

	Type A	Type B	
	Teneur maximale dans le compost (mg/kg base sèche)	Teneur maximale dans le compost (mg/kg base sèche)	Ajout cumulatif maximal dans le sol (kg/ha)
Corps étrangers et corps étrangers tranchants			
Corps étrangers	Pas plus d'un corps étranger dont la plus grande dimension dépasse 25 mm pour un échantillon de 500 mL	Pas plus de deux corps étrangers dont la plus grande dimension dépasse 25 mm pour un échantillon de 500 mL	
Corps étrangers tranchants	Aucun corps étranger tranchant dont la plus grande dimension dépasse 3 mm pour un échantillon de 500 mL	Teneur égale ou inférieure à trois corps étrangers tranchants par 500 mL, la plus grande dimension de ces corps étrangers tranchants ne doit pas dépasser 12,5 mm.	
Maturité/stabilité			
Les composts doivent donc être matures et stables au moment de la vente et de la distribution. Pour être jugé mature et stable, un compost doit avoir subi une phase de maturation d'au moins 21 jours et respecter l'une des exigences suivantes :			
<ul style="list-style-type: none"> le taux d'assimilation de l'oxygène est égal ou inférieur à 400 milligrammes d'oxygène (O_2) par kilogramme de solides volatils (ou matières organiques) par heure; le taux d'évolution du dioxyde de carbone (CO_2) est égal ou inférieur à 4 milligrammes de carbone sous forme de dioxyde de carbone par gramme de matières organiques par jour; l'augmentation de température du compost au-dessus de la température ambiante est inférieure à 8 °C. 			
Composés organiques			
Il est recommandé d'éviter le compostage de matières premières ayant une forte teneur en contaminants organiques persistants.			

Remarques :

^a Pour respecter le critère PFRP (Process to Further Reduce Pathogens) relatif au compostage en milieu fermé et en piles statiques aérées, les matières à composter doivent être maintenues à une température minimale de 55 °C pendant trois jours. Dans le cas du compostage en andains, les matières à composter doivent être maintenues à une température minimale de 55 °C pendant au moins 15 jours. Les andains doivent être retournés au moins cinq fois pendant la période où la température est élevée.

°C—degrés Celsius

C- CO_2 —carbone sous forme de dioxyde de carbone

ps—poids sec

g—gramme

mL—millilitre

mm—millimètre

O_2 —oxygène



16.3 Bureau de normalisation du Québec—*Amendements organiques—Composts*

Le Bureau de normalisation du Québec est une organisation québécoise qui fait partie du Système national de normes du Canada. Le mandat du Bureau de normalisation du Québec consiste à élaborer des normes nationales, à certifier des produits, des processus et du personnel et à certifier des systèmes de gestion de l'environnement. Au sein du Système national de normes du Canada, la responsabilité relative à l'établissement de normes nationales pour les amendements organiques a été confiée au Bureau de normalisation du Québec.

Le Bureau de normalisation du Québec a publié sa première norme nationale (CAN/BNQ 413-200, *Amendements organiques—Composts*) en 1997 dans le cadre d'une approche reposant sur le consensus à laquelle ont participé des fabricants de produits, des utilisateurs, des organismes gouvernementaux et des intervenants. La norme a été examinée et mise à jour en 2005.

Comme la norme du Bureau de normalisation du Québec a été élaborée à partir du Système national de normes du Canada plutôt que d'être adoptée en vertu d'une loi fédérale, elle n'a pas force de loi. Par conséquent, les producteurs de compost sont libres de l'adopter ou non.

La norme établit trois catégories de compost (AA, A et B) et comprend des critères relatifs aux caractéristiques physiques (p. ex., humidité, matière organique, corps étrangers, corps étrangers tranchants), aux caractéristiques chimiques (p. ex., éléments traces), à la maturation et aux caractéristiques biologiques (p. ex., coliformes fécaux et *Salmonella*). Le tableau 16-5 présente un résumé des critères précis figurant dans la norme du Bureau de normalisation du Québec.

Les critères relatifs à la plupart des caractéristiques physiques et chimiques pour les catégories A et B sont harmonisés avec les normes du Conseil canadien des ministres de l'environnement et de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Les critères de la catégorie AA sont les mêmes que ceux de la catégorie A, à l'exception des critères relatifs aux corps étrangers, qui sont plus stricts. C'est pourquoi le compost de catégorie AA est mieux adapté à la mise en sac.

La norme du Bureau de normalisation du Québec comprend également des méthodes d'échantillonnage et des références détaillées aux normes relatives aux méthodes d'analyse publiées par d'autres organismes de normalisation (p. ex., l'Environmental Protection Agency des États-Unis et de l'ASTM International). Ces méthodes d'échantillonnage et d'analyse sont adoptées par renvoi dans les lignes directrices du Conseil canadien des ministres de l'environnement.

En plus de publier la norme nationale, le Bureau de normalisation du Québec mène également un programme de certification volontaire à l'intention des producteurs de compost.

16.4 Exigences réglementaires provinciales

Comme il a été mentionné précédemment, plusieurs provinces ont également adopté des normes sur la qualité des produits de compost dans leurs règlements respectifs. Dans la plupart des cas, ces normes reposent partiellement ou entièrement sur les critères du Conseil canadien des ministres de l'environnement.



Tableau 16-5 : Résumé des critères du Bureau de normalisation du Québec relatifs à la qualité du compost

	Catégorie AA	Catégorie A	Catégorie B
Éléments traces			
Arsenic	13	13	75
Cadmium	3	3	20
Chrome	210	210	—
Cobalt	34	34	150
Cuivre	400	400	—
Plomb	150	150	500
Mercure	0,8	0,8	5
Molybdène	5	5	20
Nickel	62	62	180
Sélénum	2	2	14
Zinc	700	700	1 850
Organismes pathogènes			
Salmonella	Moins de NPP/4 g (poids sec)		
Coliformes fécaux	Moins de 1 000 NPP/g (poids sec)		
Corps étrangers et corps étrangers tranchants			
Teneur en corps étrangers	Teneur inférieure ou égale à 0,01 % en poids sec	Teneur inférieure ou égale à 0,5 % en poids sec	Teneur inférieure ou égale à 1,5 % en poids sec
Teneur en corps étrangers dont la dimension maximale est supérieure à 12,5 mm, mais inférieure à 25 mm	0	Sans objet	Sans objet
Teneur en corps étrangers dont la dimension maximale est supérieure à 25 mm	0	Inférieure ou égale à 1	Inférieure ou égale à 2
Corps étrangers tranchants	Aucun corps étranger tranchant de moins de 3 mm	Aucun corps étranger tranchant de plus de 3 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun corps étranger tranchant de plus de 3 mm si le produit est vendu en sac. • Aucun corps étranger tranchant de plus de 12,5 mm, et trois corps étrangers tranchants ou moins de 12,5 mm par 500 mL de produit, si le produit est vendu en sacs.



Tableau 16-5 : Résumé des critères du Bureau de normalisation du Québec relatifs à la qualité du compost (suite)

	Catégorie AA	Catégorie A	Catégorie B
	Teneur maximale dans le compost (mg/kg base sèche)	Teneur maximale dans le compost (mg/kg base sèche)	Teneur maximale dans le compost (mg/kg base sèche)
Maturité/stabilité			
Les composts doivent donc être matures et stables au moment de la vente et de la distribution. Pour être jugé mature et stable, un compost doit avoir subi une phase de maturation d'au moins 21 jours et respecter l'une des exigences suivantes :			
<ul style="list-style-type: none"> • le taux d'assimilation de l'oxygène est égal ou inférieur à 400 milligrammes d'oxygène (O_2) par kilogramme de solides volatils (ou matières organiques) par heure; • le taux d'évolution du dioxyde de carbone (CO_2) est égal ou inférieur à 4 milligrammes de carbone sous forme de dioxyde de carbone par gramme de matières organiques par jour; • l'augmentation de température du compost au-dessus de la température ambiante est inférieure à 8 °C. 			
Teneur en eau			
	Moins de 65 %	Moins de 65 %	Moins de 65 %
Matière organique			
	Plus de 50 % en poids sec	Plus de 30 % en poids sec	Plus de 30 % en poids sec

De nombreuses provinces ont également élaboré leur approche réglementaire selon le principe que le compost mature, qui répond aux critères provinciaux de qualité minimale, ne devrait pas représenter de préoccupations environnementales lorsqu'ils sont épandus sur le sol. Si ces critères ne sont pas respectés, la matière est considérée comme des déchets et doit être éliminée dans une installation de gestion des déchets approuvée par la province.

16.5 Alliance de la qualité du compost

L'Alliance de la qualité du compost (AQC) est un programme volontaire créé et géré par le Conseil canadien du compost. L'Alliance de la qualité du compost n'établit pas un ensemble de critères de qualité du produit. Au contraire, le programme vise à accroître la confiance des consommateurs à l'égard des produits de compost grâce à l'utilisation de méthodes normalisées d'essai et de divulgation des caractéristiques des produits. Le programme a l'avantage d'aider les consommateurs à choisir le compost qui leur convient et appuie la conformité réglementaire au sein de l'industrie.



Figure 16-1 : Logo de l'Alliance de la qualité du compost © Conseil canadien du compost

Le programme de l'Alliance de la qualité du compost met l'accent sur la qualité du produit final plutôt que sur les processus de fabrication. Les participants au programme de l'Alliance de la qualité du compost doivent respecter la fréquence d'échantillonnage établie (en fonction de la production annuelle) et les méthodes de production de rapports; grâce à une entente annuelle de licence, ils peuvent apposer le logo



de l'Alliance de la qualité du compost sur les emballages et l'utiliser aux fins de promotion du produit. Les produits commercialisés sous la bannière de l'Alliance de la qualité du compost sont mis à l'essai afin de veiller à ce qu'ils respectent les lignes directrices fédérales et provinciales en matière de réglementation.

Les producteurs qui sont membres du programme de l'Alliance de la qualité du compost doivent tester leurs produits dans des laboratoires canadiens ou américains membres du programme Compost Analysis Proficiency (CAP). Le Compost Analysis Proficiency est un programme d'assurance qualité des laboratoires géré par le Composting Council des États-Unis, qui est utilisé pour établir et évaluer le rendement des laboratoires. Les essais *Test Methods for Examination of Composting and Compost* constituent la base des méthodes d'analyse utilisées par les programmes de l'Alliance de la qualité du compost et le Compost Analysis Proficiency.



17. Considérations relatives au marché du compost



Pour mettre en marché les produits de compost avec succès, il est nécessaire de connaître les caractéristiques particulières du compost produit et la façon dont il sera utilisé (y compris les méthodes d'application et les taux). Il est également important de déterminer les segments de marché auxquels le compost devrait être destiné et tout produit concurrent au sein de ces marchés. Le présent chapitre aborde ces sujets, ainsi que des concepts généraux de planification des marchés. Les sujets suivants sont plus précisément abordés :

- Section 17.1 : Marchés du compost
- Section 17.2 : Développement et planification des marchés
- Section 17.3 : Options de distribution
- Section 17.4 : Vente de produits en vrac ou en sacs
- Section 17.5 : Produits concurrents
- Section 17.6 : Transport

Le chapitre 16 présente des renseignements supplémentaires concernant les normes de qualité des produits de compost.

17.1 Marchés du compost

Plusieurs marchés viables (ou segments de marché) existent pour le compost. Cette section scinde les marchés du compost en huit segments afin de mieux présenter leurs nuances et leur expérience relative avec le compost.

17.1.1 Agriculture

L'agriculture est généralement considérée comme le plus grand marché potentiel pour le compost, mais il demeure largement inexploité dans la plupart des régions géographiques.

Les agriculteurs tireraient profit de l'ajout constant de matière organique à leurs sols de culture. Au contraire, ils utilisent souvent uniquement des engrains chimiques, ou ils utilisent des matières d'origine animale provenant de leur propre ferme afin d'aider à atténuer les problèmes généraux de gestion de ces matières. Les producteurs de compost distribuent souvent du compost gratuitement aux agriculteurs, de sorte que des volumes de compost plus importants peuvent être facilement distribués.

Paramètres importants du compost pour les applications agricoles

- Riche en éléments nutritifs (N, P, K)
- Riche en matière organique
- Faible en contaminants biologiques (organismes pathogènes) et chimiques (métaux lourds)



Dans l'ensemble, la commercialisation du compost a obtenu plus de succès :

- dans les zones où les sols sont légers ou sablonneux;
- auprès des agriculteurs biologiques;
- auprès des agriculteurs produisant des cultures à fort rapport économique.

On utilise le compost dans les fermes biologiques ou dans le cadre de la production de cultures à fort rapport économique, comme les légumes et les baies, car la gestion par hectare de ces types de cultures est plus coûteuse pour les agriculteurs.

Utilisations du compost en agriculture

- Additif pour les grandes cultures, les cultures légumières et les cultures fruitières
- Composant des mélanges pour plates-bandes surélevées
- Composant des mélanges de culture en serre
- Engrais biologique ou engrais biologique certifié

De vastes recherches ont été menées au cours de la dernière décennie sur les avantages de l'utilisation du compost pour un éventail de cultures agricoles, illustrant la capacité du compost à améliorer le rendement des cultures ou à accroître la taille et la qualité des cultures. Toutefois, les agriculteurs comparent souvent la teneur en éléments nutritifs du compost (généralement de 1 à 2 % d'azote) avec celle des engrains chimiques à haute teneur en azote. Dans la plupart des cas, le compost ne peut gagner, car ces engrains chimiques (inorganiques) ont une teneur plus élevée en azote, ils sont moins coûteux en fonction du coût par kilogramme d'azote et ils sont plus faciles à épandre. Cela étant dit, la hausse du coût des engrains chimiques, ainsi que la capacité du compost à tamponner les sols acides, peut jouer en faveur du compost.

Il est utile d'illustrer la capacité du compost à améliorer la santé et la productivité à long terme des sols ou à accroître la productivité des zones moins productives d'une ferme. Le compost n'améliore pas la qualité du sol grâce à l'ajout de matière organique et d'éléments nutritifs (dont la plupart sont présents sous forme d'éléments à libération lente). Toutefois, comme l'agriculture biologique certifiée et l'agriculture durable continuent de prendre de l'expansion en raison de la réduction de l'épandage de produits chimiques et de l'amélioration de la santé des sols, les marchés agricoles prêts à payer pour se procurer du compost devraient se développer. Parmi les différents groupes d'utilisateurs de compost, les agriculteurs sont également un peu frileux en matière de risque, en partie en raison de leur scepticisme légitime, mais également en raison de la réalité économique. Comme la collectivité agricole a souffert sur le plan économique, il est plus difficile de l'amener à investir dans des produits visant à améliorer la santé du sol à long terme, mais n'offrant pas un rendement financier immédiat.

Des travaux de recherche et de projets de démonstration supplémentaires illustrant les avantages de l'utilisation du compost, lorsqu'il est épandu à de faibles doses, doivent être encouragés par l'industrie du compostage. L'épandage à faible dose correspond mieux aux pratiques agricoles classiques et répond aux exigences des agriculteurs sur le plan économique. Les doses d'application pour l'utilisation du compost varient considérablement au sein de l'agriculture, selon le type de culture et l'état du sol.

17.1.2 Contrôle de l'érosion et des sédiments

Le contrôle de l'érosion et des sédiments est l'une des utilisations du compost affichant la plus forte croissance, en particulier dans les régions géographiques où la gestion de l'érosion et de la perte de sédiments comme moyen de protéger les eaux de surface constitue une priorité. Dans ce cas, le compost doit être grossier (ligneux). Les marchés auxquels est destinée cette technologie reposant sur le compost comprennent l'aménagement paysager, les travaux de construction en général et l'aménagement des bordures de routes.



L'utilisation du compost pour couvrir les pentes ou pour fabriquer une levée de terre pyramidale est plus efficace que les technologies types, comme les clôtures de sédiments, les bottes de paille ou le recouvrement tissé, et peut être concurrentielle sur le plan économique. Le compost utilisé dans le cadre de cette application favorise également la croissance rapide et à grande échelle de la végétation, ce qui constitue souvent l'objectif à long terme dans le cas des sites visés par des mesures de contrôle de l'érosion et des sédiments.

L'épandage est l'élément le plus difficile et souvent le plus coûteux de l'utilisation du compost pour le contrôle de l'érosion et des sédiments, bien qu'il ait été nettement amélioré grâce à l'élaboration de matériel d'épandage spécialisé. Le compost utilisé à cette fin est généralement limité aux zones où l'eau s'écoule sur une pente de manière non concentrée (non dans un canal d'écoulement). Le compost placé dans des remblais tubulaires filtrants, fabriqués à partir d'un matériau à mailles pour contenir le compost grossier, peut être utilisé dans les cas où l'eau s'écoule de manière concentrée. Les levées de terres et les remblais tubulaires filtrants sont également utilisés comme barrière pour retenir le sol sur les chantiers de construction, ou de réduire les mouvements du sol dans les zones en pente (généralement des pentes présentant un rapport de 2:1 ou moins). Des travaux de recherche menés par des universités et des organisations privées ont montré que ces méthodes reposant sur l'utilisation du compost peuvent être de 10 à 20 fois plus efficaces que les méthodes classiques pour éliminer les particules du sol des eaux de ruissellement.

Pour le recouvrement de sol à base de compost, on applique généralement une couche de 25 à 50 millimètres (mm), alors que les levées de terre ont généralement une hauteur de 300 mm et une largeur de 600 mm.

17.1.3 Aménagement paysager

L'industrie de l'aménagement paysager s'est révélée être l'un des marchés rémunérateurs les plus importants pour le compost. Elle achète le compost en vrac et en sacs, et elle l'utilise à différentes fins. Les paysagistes utilisent principalement le compost en tant qu'amendement, mais l'utilisent également comme composant manufacturé de la terre végétale, comme terreau et comme paillis décoratif. Le compost est populaire auprès des paysagistes en raison de sa polyvalence et de son efficacité dans un éventail d'applications.

Paramètres importants du compost destiné aux applications de contrôle de l'érosion et des sédiments

- Stable et mature si végétalisé
- Exempt de contamination inerte (plastique, verre)
- Bonne distribution granulométrique de particules (compost grossier)



Photo 17-1 : Les camions souffleurs sont couramment utilisés pour épandre le compost dans le cadre des applications de contrôle de l'érosion. © Rexius Forest By-Products Inc.

Utilisations du compost pour le contrôle de l'érosion et des sédiments

- Recouvrement du sol (dans les pentes)
- Levées de terre filtrantes
- Substrat de végétation
- Substrat pour les remblais tubulaires filtrants

Le compost rivalise également sur le plan du prix avec d'autres produits couramment utilisés (p. ex., la terre végétale tamisée et la tourbe) et son utilisation semble réduire les pertes de plantes dans le cadre des projets d'aménagement paysager, réduisant ainsi le coût d'ensemble des projets.

Les paysagistes sont moins frileux en matière de risque que les autres groupes d'utilisateurs de compost, ce qui signifie qu'ils sont plus disposés à essayer de nouveaux produits. Toutefois, les paysagistes ont des exigences en matière de caractéristique du produit (selon l'application visée) ainsi que des exigences en matière de livraison (la taille et l'emplacement de leurs projets varient). Comme cette industrie est saisonnière, les paysagistes exigent que les fournisseurs livrent le compost quand ils en ont besoin.

En général, le compost est épandu en couche de 25 à 50 mm pour les planches de jardin et l'établissement du gazon, on l'incorpore ensuite au sol à une profondeur de 150 à 200 mm.

17.1.4 Remise en état

Le compost est également utilisé pour la remise en état des sols de faible qualité ou des sols endommagés (p. ex., sites d'enfouissement et carrières fermés, remise en état des friches industrielles et des champs pétroliers) ou des sols contaminés par un éventail de contaminants chimiques (p. ex., les hydrocarbures pétroliers et les métaux lourds).

Le compost est non seulement un produit pouvant améliorer les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols « morts » (cycles du carbone ou de l'azote absents), mais il constitue également un moyen biologique de dégrader des contaminants précis à base de pétrole et de réduire la biodisponibilité des métaux lourds.

L'utilisation de compost dans le cadre des applications de remise en état est très viable sur le plan économique et permet également de traiter les sols sur place (*in situ*) au lieu de supprimer d'importants volumes de sol pour les remplacer ensuite par des sols importés. Comme les règlements provinciaux régissent la remise en état des sols endommagés, on doit les consulter au moment de planifier des projets.

En général, le compost est épandu en couche de 25 à 75 mm pour l'établissement de la végétation, on l'incorpore ensuite au sol à une profondeur de 150 à 300 mm.

Paramètres importants du compost pour les applications d'aménagement paysager

- Stable et mature
- Exempt de contamination inerte (plastique, verre)
- Faible odeur

Utilisations du compost pour l'aménagement paysager

- Établissement des massifs floraux et des planches de jardin
- Composant du mélange à jardinière (p. ex., mélanges pour massifs floraux surélevés et terrasses-jardins)
- Composant du mélange de remblayage pour arbres et arbustes
- Composant de la terre végétale manufacturée
- Paillis végétal décoratif
- Établissement, régénération et entretien du gazon
- Terreautage pour le gazon
- Engrais organique

Paramètres importants du compost pour les applications de remise en état

- Stable et mature
- Riche en matière organique

Utilisations du compost pour la remise en état

- Composant de la terre végétale manufacturée
- Additif de sol (valorisation des sols peu productifs)
- Biorestauration des sols contaminés (p. ex., par les métaux lourds et les contaminants à base de pétrole)
- Remise en état des sols morts sur le plan organique
- Établissement des plantes et du gazon dans le cadre des projets d'aménagement paysager
- Établissement des cultures agricoles et énergétiques



17.1.5 Revente

Les revendeurs représentent un éventail d'entreprises, y compris les centres de jardin, les fournisseurs de produits d'aménagement paysager, les entreprises de mise en marché de masse, les entreprises de commercialisation de la pierre, les dépositaires de terre végétale et les centres de rénovation.

Certains revendeurs peuvent vendre le compost soit en sacs ou en vrac, alors que d'autres peuvent vendre les deux. Les entreprises qui revendent les produits de compost exigent différents types de soutien, et ont des besoins propres en fonction de leur taille, de leur emplacement et de leur type de clientèle.

Les revendeurs préfèrent souvent stocker et distribuer des produits « de marque »; ces produits portant un nom reconnu sont plus faciles à vendre. La valorisation de la marque est plus difficile pour les produits en vrac (non emballés), car aucun sac ni aucun support publicitaire n'accompagnent le produit. Certains revendeurs préfèrent les produits de marque maison portant leur propre nom.

On peut faire la promotion du compost auprès des revendeurs comme produit polyvalent assez nouveau au sein de l'industrie de la pelouse et du jardinage. On peut également faire la promotion et la mise en marché du compost comme produit plus respectueux de l'environnement pouvant être vendu en vrac avec de la terre végétale et du paillis. On doit porter une attention particulière à la manière dont les revendeurs sont positionnés et à la composition de leur clientèle (p. ex., certains revendeurs se spécialisent dans la vente au grand public ou aux utilisateurs finaux professionnels, comme les paysagistes, alors que d'autres vendent aux deux types de clients). Ces deux facteurs peuvent avoir une incidence sur le potentiel de vente du compost.

17.1.6 Fabrication de terre végétale

La fabrication de la terre végétale, aussi connue sous le nom de préparation de terre végétale, est devenue un important marché rémunérateur pour le compost. Le compost a gagné en popularité pour cette application, car l'approvisionnement constant en terre végétale de haute qualité est de plus en plus difficile. Des produits de tourbe de faible qualité sont utilisés depuis de nombreuses années dans les mélanges de terre végétale. Les fournisseurs de terre végétale utilisent le compost pour créer des mélanges riches en matière végétale s'ils cherchent à diversifier leur gamme de produits ou à améliorer la qualité des sources de terre de faible qualité. Bien que les fournisseurs de terre végétale aient souvent besoin d'accroître la qualité de leur terre brute (ou d'accroître son homogénéité), ils sont également très soucieux du coût, car leurs produits sont plus génériques et sont vendus principalement en fonction du prix.

Comme l'industrie du compostage, l'industrie de l'approvisionnement en terre végétale repose sur le volume : comme le prix unitaire est relativement bas, on doit mettre en marché et réussir à vendre d'importants volumes de produits. Fait intéressant, la croissance de

Paramètres importants du compost pour les applications de revente

- Stable et mature
- Exempt de contamination inerte (plastique, verre)
- Faible odeur

Utilisations du compost pour la revente

- Revente pour les applications d'aménagement paysager
- Revente pour les applications générales relatives au gazon

Paramètres importants du compost pour la fabrication de terre végétale

- Stable et mature
- Riche en matière organique



l'industrie du mélange de terre végétale peut passer par une offre de produits plus évolués sur le plan technique, car il existe des besoins de plus en plus importants en matière de produits de terre végétale aux fins d'utilisation dans des applications précises (p. ex., le gazon pour terrains de sport, les jardinières d'aménagement paysager et l'assainissement de l'environnement).

Le compost peut contenir de 10 et 50 % (en volume) d'un mélange de terre, même si une concentration de 20 à 30 % est plus courante.

17.1.7 Application relative au gazon

Le compost est utilisé avec succès depuis de nombreuses années pour l'établissement, l'entretien et la régénération du gazon. Il existe un éventail d'applications résidentielles, commerciales et industrielles et d'applications en matière d'aménagement des bordures de routes et d'établissement du gazon pour terrains de sport dans le cadre desquelles on peut utiliser le compost. L'utilisation du compost comme moyen d'améliorer les caractéristiques du sol et de retenir l'eau permet l'enracinement plus important et l'établissement rapide d'un éventail d'espèces de gazon. Le compost est principalement utilisé comme amendement dans le cadre de cette application, mais il peut également être utilisé comme substrat de semence dans les applications de fumure de couverture. Le compost peut également être utilisé pour fournir des éléments nutritifs à libération lente (en particulier l'azote) souvent coûteux pour les gestionnaires d'espaces gazonnés, car le gazon exige beaucoup d'engrais. Les gestionnaires d'espaces gazonnés utilisent le compost pour assurer le succès à long terme de leur projet, car le compost est perçu comme un moyen acceptable d'améliorer les caractéristiques du sol tant pour les sols sablonneux que pour les sols argileux lourds. Plus récemment, l'utilisation du compost en tant que fumure de couverture pour le gazon a gagné en popularité dans le cas des espaces gazonnés commerciaux et réservés aux sports; par conséquent, la capacité de proposer du matériel d'épandage spécialisé permettra de développer ce marché.

Les gestionnaires de gazon pour terrains de sport et les gestionnaires d'espaces gazonnés d'utilisation générale utilisent le compost à des fins très semblables. Toutefois, les gazon de terrains de sport sont soumis à une utilisation intensive, ce qui occasionne l'usure du gazon et le compactage du sol. Bien que le compost soit utilisé pour l'aménagement des terrains de golf dans une certaine mesure depuis plusieurs années, son utilisation est de plus en plus courante à cette fin et pour l'aménagement des terrains de sport.

Utilisations du compost pour la fabrication de terre végétale

- Composant de la terre végétale pour les applications classiques d'aménagement paysager et pour la pelouse
- Composant du substrat du gazon des terrains de sports (p. ex., les terrains de sport de haute technologie et les terrains de golf)
- Composant du milieu environnemental (p. ex., jardins-terrasses et jardins de pluie)
- Aménagement paysager spécialisé et composant du mélange à jardinière

Paramètres importants du compost pour les applications liées aux espaces gazonnés

- Stable et mature
- Exempt de contamination inerte (plastique, verre)
- Exempt de mauvaises herbes

Utilisations du compost pour les applications liées aux espaces gazonnés

- Additif appliqué au sol pour l'établissement du gazon
- Additif appliqué au sol pour la régénération du gazon
- Terreauage pour le gazon (composant du terreau)
- Substrat de germination des graines
- Composant du mélange utilisé pour la construction des verts et tertres de départ des terrains de golf
- Composant du mélange utilisé pour la construction des terrains de sport
- Substrat des mottes de gazon (ou composant des mottes de gazon)
- Engrais organique (azote, fer)



Les terrains de golf commencent à utiliser le compost comme solution de rechange à la tourbe dans les substrats à base de sable, en raison de sa capacité à fournir des éléments nutritifs et à les conserver, ainsi que de sa capacité à supprimer un éventail de maladies du sol.

Le compost est généralement épandu en couche de 25 à 50 mm pour l'établissement du gazon, et on l'incorpore ensuite au sol à une profondeur de 150 à 200 mm, ou on l'épand à la surface du sol comme fumure de couverture en couche de 6 à 12 mm.

17.1.8 Pépinières

L'utilisation du compost en pépinière est peut-être le domaine ayant fait l'objet du plus grand nombre de travaux de recherche. Le compost peut être utilisé comme composant du substrat de culture en serres ou en contenants, ainsi que comme amendement pour la culture dans les champs, dans les pépinières et dans les planches de pépinières. Culturellement, les pépiniéristes connaissent bien l'utilisation des produits à base de tourbe ou d'écorce et des substrats pré-mélangés; toutefois, ces produits sont habituellement dépourvus d'éléments nutritifs pouvant être utilisés par les plantes, et leur pH est faible. C'est pourquoi l'utilisation à grande échelle du compost dans le substrat utilisé dans les pépinières (substrat horticole) exige une certaine formation.

L'utilisation du compost exige la modification des pratiques adoptées depuis des années pour la production des cultures (p. ex., la fertilisation, l'irrigation et le chaulage). Des projets de recherche réalisés au cours des dix dernières années ont prouvé que l'utilisation du compost de haute qualité permet d'établir des plantes plus saines et de plus grande taille, souvent plus rapidement, de fournir des oligo-éléments et de supprimer les organismes causant les maladies du sol. Des recherches ont également démontré que l'utilisation du compost dans les pépinières temporaires peut réduire la durée du cycle de culture (produisant des plantes ligneuses à croissance lente en moins de temps) et qu'elle constitue un moyen efficace d'éviter d'avoir à mettre les champs en jachère.

Les pépiniéristes sont probablement les utilisateurs finaux les plus frileux en matière de risque et les plus prudents, car leurs activités ne sont généralement pas diversifiées, et leur subsistance dépend souvent d'une espèce cultivée pendant quelques mois chaque année.

En général, le compost est mélangé à un taux d'inclusion de 20 à 35 % (en volume).

Grâce aux renseignements généraux sur le segment de marché présentés jusqu'à maintenant dans le présent chapitre, ainsi qu'aux renseignements suivants sur les taux d'épandage et les caractéristiques suggérées, les producteurs de compost devraient être en mesure de positionner leur produit de manière plus efficace au sein du marché.

Paramètres importants du compost dans les applications liées aux pépinières de gros

- Très stable et mature
- Faible conductivité électrique (sels solubles)
- Caractéristiques très homogènes

Utilisations du compost pour les pépinières de gros

- Composant des mélanges de culture en serres et en contenants
- Additif appliqué au sol dans les pépinières temporaires
- Additif appliqué au sol dans les planches de pépinières
- Planche de pépinière ou paillis de pépinière temporaire (compost grossier)
- Engrais organique



17.2 Développement des marchés et planification

Les installations de compostage ont souvent du mal à élaborer leurs programmes de marketing et de distribution du compost au début de leurs activités en raison d'une mauvaise planification, d'un manque d'activités efficaces de vente et d'un manque général de compréhension du développement des marchés.

La décision de tenter de récupérer les coûts de traitement par l'intermédiaire des frais de déversement uniquement ou de générer des recettes supplémentaires par la mise en marché systématique du produit est un point majeur dont on doit tenir compte pour la distribution du compost. De toute évidence, la principale motivation liée à la vente est de nature financière. Les recettes supplémentaires permettent d'accroître la rentabilité générale des installations exploitées par le secteur privé, ou elles peuvent servir à réduire le coût d'exploitation général des installations exploitées par le secteur public.

De nombreux spécialistes estiment que le plus grand avantage d'un programme de marketing solide et planifié est de protéger la valeur intrinsèque du produit; tandis que les programmes d'utilisation par les producteurs ou les programmes de distribution gratuite ne protègent pas la valeur du compost, car ces programmes exigent tout de même une gestion supplémentaire et entraînent des coûts supplémentaires non recouvrables.

Une bonne compréhension du marché et la production de compost adapté aux exigences techniques des utilisateurs finaux sont des facteurs importants dans l'élaboration de marchés robustes pour les produits de compost. Une bonne planification des marchés est également importante pour réussir à développer des marchés de manière efficace. L'expérience a démontré que les installations qui n'investissent pas de ressources (p. ex., du temps, des efforts et de l'argent) dans le développement des marchés sont plus souvent vouées à l'échec.

Les installations qui produisent d'importantes quantités de compost doivent se concentrer sur la mise en marché tôt dans le processus et affecter plus de ressources à cette activité. La planification des marchés est essentielle pour les plus grandes installations de compostage, car le produit fini doit être vendu de manière permanente.

L'élaboration d'un plan de mise en marché permet d'aborder les ventes de manière pragmatique, donnant ainsi l'occasion au personnel de mieux comprendre les nuances démographiques de la zone géographique du marché. Plus important encore, l'élaboration d'un plan de mise en marché efficace permet de gagner du temps et d'économiser de l'agent. Le plan de mise en marché constitue simplement un guide pour le programme de ventes et de mise en marché. On devrait le modifier à mesure qu'on obtient des renseignements, qu'on acquiert de l'expérience, et que les forces concurrentielles évoluent. Certains éléments du plan de mise en marché de base du compost sont propres à l'industrie du compost, alors que d'autres sont communs à tous les plans de mise en marché. Le tableau 17-1 présente les grandes lignes d'un plan de mise en marché générique du compost.



Tableau 17-1 : Grandes lignes d'un plan de mise en marché générique du compost

Éléments	Mesures requises
Production du compost/ gestion de l'installation	Élaborer un plan d'assurance de la qualité; envisager la certification et l'homologation du produit, ainsi que l'élaboration de procédures de stockage et de chargement du produit.
Étude de marché	Quantifier ou qualifier les segments du marché éventuels, recenser les concurrents, déterminer si le produit a des défauts, et évaluer le prix des produits semblables et des produits concurrents.
Recherche sur le produit	Déterminer s'il est nécessaire de mener une étude universitaire ou une étude sur le terrain pour mettre le produit à l'essai ou pour démontrer les caractéristiques et les avantages du produit, réaliser une recherche documentaire et élaborer un programme interne de mise à l'essai du produit.
Promotion	Recenser les occasions de promotion auprès des publics cibles (p. ex., participer à des conférences professionnelles, publier des articles et concevoir un logo) et envisager des méthodes visant à dresser des pistes sur les acheteurs potentiels et à favoriser la reconnaissance de la marque.
Éducation	Élaborer des programmes pour éduquer les marchés cibles, les professionnels ou les groupes qui créent les spécifications (p. ex., les architectes-paysagistes), ainsi que le personnel de l'installation.
Ventes/distribution	Déterminer les segments de marché cible et la géographie; élaborer une structure de prix; évaluer les options de distribution et définir les méthodes, et créer de la documentation ainsi que des programmes cibles de ventes et de mise en marché.

La quantité de compost produite, les ressources disponibles pour les programmes (budget, personnel) et les conditions précises du marché permettent d'établir lequel de ces éléments doit réellement faire partie du plan de mise en marché, et dans quelle mesure.

17.3 Options de distribution

Il existe différentes options de distribution du compost, et un éventail de décisions doivent être prises en ce qui concerne la distribution du produit. Dès le début de l'élaboration d'un programme de compostage, on doit établir qui sera responsable de la distribution du produit : le personnel interne de mise en marché ou une entreprise spécialisée (comme une agence de publicité ou de relations publiques). Voici les principaux avantages de la mise en marché du produit par les employés de l'installation :

Facteurs liés à la distribution

- Quantité de compost produite
- Dotation en personnel actuelle et à venir
- Compétences en matière de ventes et compétences techniques du personnel
- Exigences financières de l'installation et objectifs connexes
- Ressources générales

- le producteur de compost contrôle entièrement le programme de mise en marché et peut mieux réagir aux exigences continues de l'installation;
- le producteur de compost reçoit l'essentiel des recettes générées par le produit, car il n'a pas à partager les recettes ou à payer une entreprise externe.

Toutefois, l'embauche d'une agence de mise en marché est susceptible de permettre une distribution plus rapide et plus efficace, car cette dernière comprend l'industrie et a des relations.



17.4 Vente de produits en vrac ou en sacs

Le compost peut être vendu en vrac ou en sacs, ainsi que mélangé à un éventail d'autres matières pour créer de nouveaux produits novateurs. Bon nombre des producteurs de compost sont attirés par le concept de mise en sacs, même si la plus grande partie du compost est distribué en vrac. Bien que la mise en sacs offre l'occasion d'accroître les recettes et favorise la reconnaissance de la marque, le caractère pratique de la manipulation et de l'utilisation des produits en sacs constitue probablement le plus grand avantage si on vise la vente au détail à grande échelle. Le caractère pratique du compost en sacs peut mener à une utilisation répandue du produit par les paysagistes. Le tableau 17-2 présente une comparaison des deux manières de vendre le compost.

Tableau 17-2 : Avantages et inconvénients de la vente en vrac et de la vente en sacs

Forme	Avantages	Inconvénients
Vrac	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût de fabrication, prix de vente inférieur • Moins de risques financiers • Valeur intrinsèque plus faible • Livraison simplifiée • Stockage simplifié 	<ul style="list-style-type: none"> • Image de marque plus difficile à afficher • Plus touché par les conditions météorologiques
Sacs	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de la mise en marché à l'intention des petits clients (p. ex., vente de détail et propriétaires) • Plus facile à manipuler—au moins pour les petits utilisateurs finaux • Valeur intrinsèque supérieure (augmentation des recettes par unité) • Reconnaissance accrue de l'image de marque (plus facile d'afficher l'image de marque) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts supérieurs • Risque financier accru • Logistique et infrastructure de livraison complexes • Compost mature et stable à faible teneur en eau requis

Toutefois, il convient de noter que certains producteurs de compost ayant opté pour la mise en sacs ont connu un échec, car ils ne comprenaient pas la complexité de l'industrie des produits en sacs et ils ont sous-estimé les coûts supplémentaires liés à la mise en sacs.

Avant d'être mis en sacs, le compost doit être mature et avoir une teneur en eau de moyenne à faible afin d'éviter qu'il ne moisisse dans le sac. On doit également tenir compte de la taille et de la solidité du sac afin de veiller à ce que les acheteurs puissent facilement le manipuler. En outre, on doit se conformer rigoureusement aux règlements en matière d'étiquetage au moment de l'élaboration du libellé figurant sur l'étiquette.

Avant d'adopter la mise en sacs, on doit réaliser une étude de marché. La vente de compost en sacs peut accroître la capacité du producteur à commercialiser le produit et augmenter sa valeur, mais la mise en sacs entraîne de nombreux coûts supplémentaires et exige des installations de stockage et un système de distribution. Les producteurs de compost de petite taille et de taille moyenne peuvent souvent générer des profits supérieurs grâce à la vente de compost en vrac.



17.5 Produits concurrents

La connaissance des produits concurrents constitue un élément important du développement des marchés. On compare souvent le compost à la tourbe, car les deux produits peuvent être utilisés dans de nombreuses applications semblables. Toutefois, chaque produit comporte des avantages et des inconvénients lorsqu'ils sont utilisés dans des applications précises. On peut également comparer le compost à la terre végétale, à l'écorce et aux engrais, en fonction de la manière dont on l'utilise. Il est important de connaître les différences entre le compost et ces produits lorsqu'on communique avec certains segments de marché.

17.6 Transport

Le transport est un service important et fondamental que la plupart des producteurs de compost prospèrent gèrent avec soin. L'élaboration d'une infrastructure efficace de transport et de livraison est importante pour les ventes et pour soutenir le personnel des ventes. Comme la plupart des applications relatives au compost sont de natures saisonnières et temporelles, il est essentiel de livrer le produit à temps.

Il est nécessaire d'avoir accès à l'équipement approprié pour traverser les périodes de pointe sur le plan de la production et des ventes (saisons), et à l'équipement spécialisé de taille convenable pour livrer le produit aux clients. La majorité des producteurs de compost ne s'aventurent pas dans la livraison du compost parce qu'ils le souhaitent, mais parce que la livraison leur permet d'accroître les ventes. En outre, bon nombre des producteurs de compost ne possèdent pas et n'exploitent pas des camions de livraison; ils impartissent simplement la livraison à des entreprises de camionnage qui assurent la gestion de la logistique pour leurs clients. La propriété et l'exploitation du matériel de livraison exigent un ensemble de compétences totalement différentes, ce qui, en plus des besoins en matière de personnel et de matériel et des assurances, peut représenter de sérieux obstacles à l'entrée. Il est peut-être préférable de recenser plusieurs entreprises de transport à l'échelle de la région pouvant offrir le service souhaité et d'établir des relations avec elles afin de se concentrer sur la production et la vente de compost.

Le transport du compost en vrac et en sacs est assez différent. Dans le cas du compost en vrac, en général, on achète un chargement complet (de 5 à 100 mètres cubes [m^3], en fonction du type de camion de livraison). Dans le cas du compost en sacs, de nombreux clients n'achètent pas un chargement complet d'un seul type de compost en sac. Par conséquent, si un producteur de compost tient sérieusement à se lancer dans la mise en sacs, il devra sans doute produire une série de produits en sacs (p. ex., amendement, terre végétale, mélange de culture et paillis). En offrant une gamme de produits à ses clients, un producteur de compost peut exécuter une commande de taille suffisante pour la livrer de manière concurrentielle.



18. Sélection des systèmes



Les chapitres précédents du présent document technique ont fourni des renseignements détaillés sur les éléments spécifiques et les technologies disponibles pour la gestion des matières organiques des déchets solides municipaux. L'objectif du présent chapitre consiste à démontrer la manière dont ces diverses composantes peuvent être ajoutées aux programmes existants ou prévus pour former un système intégré. Le présent chapitre indique également la façon dont la gestion des matières organiques peut s'ajouter à d'autres composantes du système de gestion des déchets, détermine si les répercussions sur la collecte et l'élimination des résidus seront importantes, et définit les principaux avantages pour la collectivité découlant de l'adoption d'un programme de gestion des matières organiques. Le présent chapitre aborde les points suivants :

- Section 18.1 : Facteurs à prendre en considération
- Section 18.2 : Combinaisons courantes des technologies
- Section 18.3 : Évaluation des combinaisons entre les programmes et les technologies

18.1 Facteurs à prendre en considération

De nombreux facteurs ont une incidence sur le choix des programmes de collecte des matières organiques et des technologies de traitement devant être mis en œuvre, y compris les cibles de réacheminement des déchets de la collectivité, le degré de commodité souhaité pour les utilisateurs du système, le choix du site de l'installation de traitement, les engagements en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre et les coûts.

L'importance relative de ces facteurs aide à déterminer quelles sont les technologies les plus pertinentes, comme un système de compostage, un système de digestion anaérobiose ou une combinaison des deux systèmes. Les répercussions des combinaisons de technologies sur le système intégré d'une collectivité ou d'une région doivent également être évaluées.

Le choix de la taille de l'installation de traitement est un autre facteur clé qui repose fortement sur le type et la quantité de matières de base réacheminées par l'intermédiaire du programme de collecte, ainsi que sur l'emplacement de l'installation de traitement proposée.

Une fois le programme et la technologie choisis, on devrait tenir compte de la manière dont ces deux éléments s'intégreront au système existant de gestion des déchets. En particulier, on doit déterminer les répercussions sur la dotation et la réaffectation éventuelle du personnel, les coûts d'investissement et d'exploitation, les méthodes de financement et les modifications apportées aux budgets de fonctionnement.



18.2 Combinaisons courantes de technologies

L'objectif du présent chapitre ne consiste pas à recommander le meilleur système intégré, mais à démontrer la façon dont les systèmes intégrés peuvent être élaborés et à décrire un moyen de choisir la solution la mieux adaptée à une situation précise. Comme il ne serait pas pratique de dresser la liste de toutes les combinaisons de technologies possibles et de définir leur incidence sur les différents aspects d'un système intégré ou la façon dont elles permettent d'atteindre les objectifs souhaités, cinq combinaisons courantes de technologies ont été désignées et sont décrites afin de démontrer comment appliquer et combiner les renseignements figurant dans les chapitres précédents. Ces combinaisons de technologies ne sont pas globales, mais elles représentent les systèmes intégrés les plus courants. Ces systèmes peuvent s'appliquer directement à la situation du lecteur, mais il est plus probable qu'on y apporte des modifications ou qu'on élabore de nouvelles options mieux adaptées aux conditions régionales.

La liste des systèmes présentés va de la forme la plus simple de compostage des résidus verts aux systèmes plus sophistiqués principalement adaptés aux vastes zones métropolitaines dont les objectifs en matière de réacheminement et de réduction des gaz à effet de serre sont ambitieux. Le tableau 18-1 présente un résumé de haut niveau des composants des systèmes de traitement des matières organiques.

Tableau 18-1 : Combinaisons courantes des technologies relatives aux matières organiques des déchets solides municipaux

Option	Matières de base		Méthode de traitement		Produits
	Résidus verts	Résidus alimentaires	Compostage	Digestion anaérobie	
1	✓	✗	Andains	s.o.	Compost
2	✓	✓	Traitements combinés au sein d'un système de compostage actif aéré	s.o.	Compost
3	✓	✓	Résidus verts traités en andains Résidus alimentaires traités séparément au sein d'un système de compostage actif aéré	s.o.	Compost
4	✓	✓	Résidus verts traités en andains	Résidus alimentaires traités au sein d'un système de digestion anaérobie le digestat est composté	Compost et énergie
5	✓	✓	Résidus verts traités en andains	Résidus alimentaires co-digérés au sein du système de digestion anaérobie existant à l'usine de traitement des eaux usées; le digestat est composté	Compost et énergie



Les programmes et les méthodes de collecte porte-à-porte et de transfert doivent également être pris en compte au cours de l'élaboration de systèmes de gestion des matières organiques. Non seulement les matières spécifiques comprises dans les programmes de collecte des matières organiques séparées à la source permettent de définir les systèmes de traitement, mais le trajet des camions de collecte porte-à-porte, la taille du parc de camions de collecte et les exigences en matière de transfert peuvent avoir d'importantes répercussions sur les coûts d'ensemble du système. Dans certains cas, les coûts relatifs à la collecte et au transfert ont des répercussions plus importantes sur les coûts d'ensemble du système que les coûts relatifs à la construction et au fonctionnement de l'installation de traitement.

Chacun de ces systèmes, ainsi que les répercussions qu'ils ont sur l'ensemble du système de gestion des déchets, est décrit dans les sections suivantes. Les répercussions sont réparties dans les catégories suivantes :

- Quantité des déchets : types et quantités habituelles de matières organiques pouvant être réacheminées du flux de déchets solides municipaux.
- Potentiel de réacheminement des déchets : certains systèmes sont plus efficaces pour le réacheminement des matières organiques du flux de déchets.
- Programme de collecte : facilité de collecte, en fonction des méthodes de collecte et des flux de collecte.
- Commodité pour l'utilisateur : degré d'effort requis par les producteurs de déchets pour trier et préparer les matières organiques séparées à la source pour la collecte.
- Qualité du compost : degré de contrôle de la qualité des matières de base.
- Marchés du compost : incidence sur l'approvisionnement, le prix et la facilité à vendre le compost.
- Énergie : consommation ou récupération d'énergie (p. ex., production d'énergies renouvelables).
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre : la réduction éventuelle des émissions de gaz à effet de serre dépend du degré de réacheminement des matières organiques des sites d'enfouissement, de la consommation d'énergie du système intégré et la production d'énergies renouvelables.
- Coûts relatifs : exigences en matière de coûts d'investissement et d'exploitation.

Comme les combinaisons de technologies varient grandement, certaines des répercussions varient également. Les effets des différentes combinaisons de technologies sur le programme de traitement des matières organiques du système de gestion des déchets sont présentés sur une base qualitative.

La façon dont l'infrastructure existante peut avoir une incidence sur le choix des combinaisons de technologies pour la gestion des matières organiques est tout aussi importante. Par exemple, l'acquisition récente d'un parc de véhicules de collecte peut réduire le choix de technologies de compostage à celles qui n'exigent pas de nouveau matériel de collecte, ou un système de traitement des eaux usées dont la capacité de digestion anaérobiose est suffisante pour traiter les résidus alimentaires pourrait éliminer le besoin relatif à une nouvelle infrastructure de compostage en milieu fermé.



18.2.1 Combinaison 1 : Collecte et compostage en andains des résidus verts seulement

Il s'agit d'un programme bien connu qui a été mis en œuvre par un grand nombre de municipalités au Canada. Il permet le réacheminement des résidus verts (faible taux de réacheminement) générés par les ménages et les entreprises d'aménagement paysager professionnel desservant les propriétés multifamiliales et commerciales. La quantité de résidus verts varie en fonction des saisons; les périodes de pointe (en fonction du poids) sont habituellement à la fin du printemps, au début de l'été et à l'automne, une faible quantité est collectée pendant l'hiver. Les matières organiques provenant des résidus alimentaires des secteurs résidentiels et commerciaux ne sont pas couvertes par cette combinaison. La figure 18-1 illustre la façon dont la combinaison 1 s'inscrit dans un système global de gestion des déchets, et le tableau 18-2 présente un résumé des principales mesures relatives au programme.

La combinaison 1 s'applique habituellement aux petites collectivités ayant des budgets limités ou aux régions principalement composées de ménages unifamiliaux desservies par des systèmes municipaux de collecte des déchets. Toutefois, certaines grandes villes ont mis en œuvre ce type de programme de réacheminement et en dépendent.

Tableau 18-2 : Combinaison 1 : Collecte et compostage en andains des résidus verts seulement

Combinaison 1	Collecte et compostage en andains de résidus verts seulement
Quantité	De 500 à 30 000 t/an de résidus verts
Potentiel de réacheminement	Seuls les résidus verts sont réacheminés. Les résidus alimentaires ne sont pas réacheminés et sont éliminés dans les sites d'enfouissement.
Programme de collecte	<p>La séparation à la sources et la collecte porte-à-porte des résidus verts exigent plus d'efforts de la part des participants au programme et un nombre plus élevé de déplacements des camions de collecte. Toutefois, la collecte est saisonnière (du printemps à l'automne).</p> <p>Dans la plupart des cas, il convient d'utiliser des dépôts de récupération. Les dépôts sont plus simples et moins coûteux à gérer que les programmes de collecte porte-à-porte. Toutefois, la participation et les taux de réacheminement seraient faibles par rapport à ceux des programmes de collecte porte-à-porte, qui sont plus pratiques.</p>
Commodité pour les utilisateurs	<p>La commodité (par conséquent, la quantité de résidus verts réacheminés) dépend du programme de collecte. Les programmes de récupération sont généralement moins pratiques et ne permettent pas de récupérer autant de matière, mais ils sont moins coûteux que les programmes de collecte porte-à-porte.</p> <p>Les programmes de collecte porte-à-porte permettent de réacheminer plus de matière, mais le degré de commodité plus élevé pourrait nuire à l'adoption de pratiques de réduction des matières organiques sur place (p. ex., le compostage domestique).</p>
Qualité du compost	Le compost produit à partir des résidus verts est généralement de grande qualité, en particulier lorsque l'utilisation de sacs en plastique est défendue dans le cadre du programme de collecte. Ce compost convient généralement à une utilisation sans restriction.
Marchés du compost	Le produit est facile à vendre lorsque les quantités sont faibles. De nombreuses collectivités ont déjà un certain degré de compostage de résidus verts, les marchés sont établis, et le produit est accepté. Les programmes de plus grande taille pourraient devoir distribuer leurs produits dans au moins deux marchés, et on doit se méfier de la concurrence entre les produits régionaux (p. ex., la terre végétale et la tourbe).



Tableau 18-2 : Combinaison 1 : Collecte et compostage en andains des résidus verts seulement (suite)

Combinaison 1	Collecte et compostage en andains de résidus verts seulement
Énergie	Faible utilisation d'énergie, car on a recours à une technologie simple, mais aucune production d'énergie renouvelable.
Réductions des gaz à effet de serre	Découle du réacheminement à partir des sites d'enfouissement et de l'utilisation du compost. La réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres avantages sur le plan environnemental dépendent du type de programme de collecte et du taux de réacheminement. Dans ce scénario, l'enfouissement des résidus alimentaires contribuerait aux émissions des sites d'enfouissement.
Coûts relatifs	Le coût général relatif du système de compostage saisonnier des résidus verts est le plus faible.

Remarques :
t/an—tonnes par année

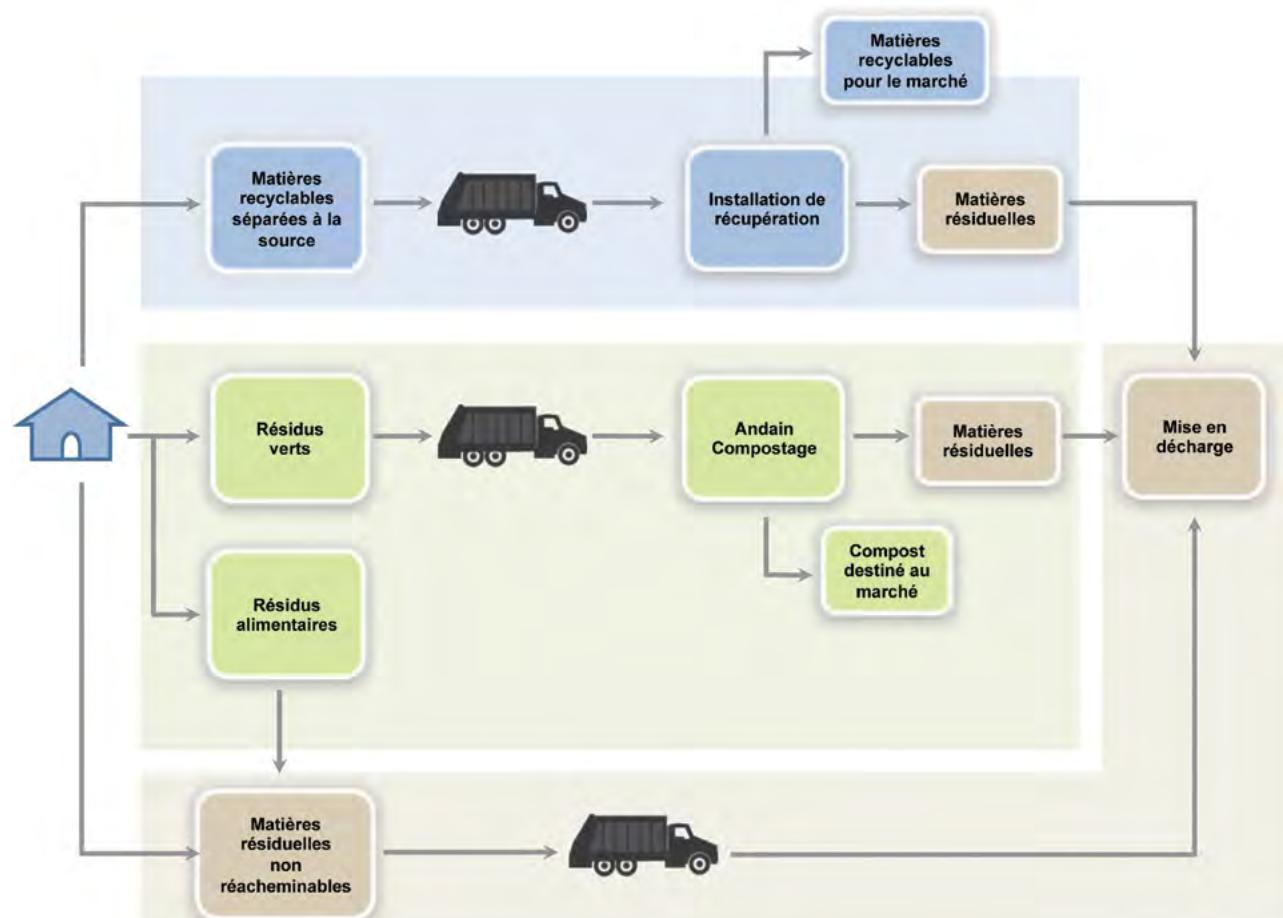


Figure 18-1 : Combinaison 1 : Collecte et compostage en andains des résidus verts seulement



18.2.2 Combinaison 2 : Collecte et compostage combiné des résidus alimentaires et des résidus verts dans un système de compostage actif aéré

La prochaine étape logique consiste à ajouter les résidus alimentaires produits par les ménages unifamiliaux et multifamiliaux, les entreprises commerciales (p. ex., les restaurants, les épiceries et les fabricants de produits alimentaires) et les institutions (p. ex., les hôpitaux et les écoles). Les résidus alimentaires constituent l'une des principales composantes restantes du flux de déchets actuellement enfoui dans la plupart des collectivités, ils représentent donc une cible de collecte et d'utilisation.

Dans cette combinaison de technologies, les résidus alimentaires et les résidus verts sont collectés ensemble dans le cadre des programmes de collecte porte-à-porte. Les matières sont livrées à une ou plusieurs installations centrales où elles sont compostées ensemble à l'aide d'une technologie de compostage actif aéré adaptée à la quantité de matière (p. ex., piles statiques aérées couvertes, tunnels, lits agités, ou autres, comme il est décrit au chapitre 5). La figure 18-2 illustre la façon dont la combinaison 2 s'inscrit dans un système global de gestion des déchets, et le tableau 18-3 présente un résumé des mesures clés du programme.

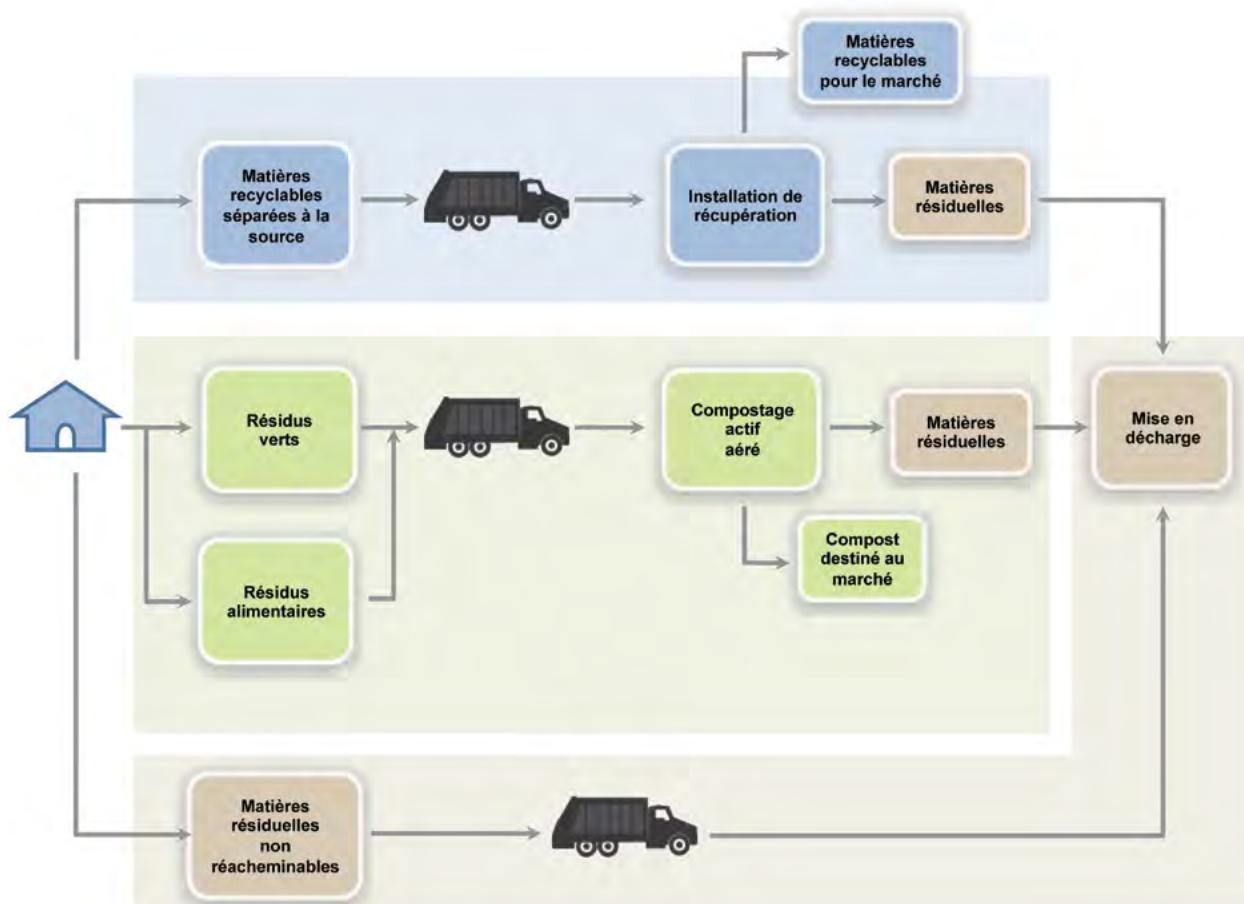


Figure 18-2 : Combinaison 2 : Collecte et compostage combinés des résidus alimentaires et des résidus verts dans un système de compostage actif aéré

Tableau 18-3 : Combinaison 2 : Collecte et compostage combinés des résidus alimentaires et des résidus verts dans un système de compostage actif aéré (suite)

Combinaison 2	Collecte et compostage combinés de résidus alimentaires et de résidus verts dans un système de compostage actif aéré
Quantité	De 1 000 à 150 000 t/an de matières organiques séparées à la source
Potentiel de réacheminement	Comme cette combinaison peut accepter pratiquement tous les résidus alimentaires et les résidus verts, elle permet un réacheminement des déchets élevé.
Programme de collecte	<p>L'ajout des résidus alimentaires accroît la possibilité de nuisance et le besoin de collecte fréquente. Les dépôts de récupération ne conviennent généralement pas à la collecte de matières de base composées de résidus alimentaires. Il est possible d'établir des dépôts communautaires dans les petites collectivités, mais cette approche est peu utilisée.</p> <p>Les programmes de collecte porte-à-porte sont plus courants, mais ils exigent généralement l'utilisation de contenants rigides, particulièrement si on a recours à la collecte automatisée. La taille des contenants rigides requis (et le fait qu'on collecte ou non d'autres matières dans des sacs en plastique) dépend de la quantité de résidus verts et de la collecte de l'ensemble des résidus verts ou d'une quantité limitée de résidus verts dans le cadre du programme.</p> <p>Les programmes peuvent être adaptés aux sources commerciales, bien que la quantité de résidus verts provenant de ces sources soit souvent bien inférieure à celle provenant de sources résidentielles.</p>
Commodité pour les utilisateurs	<p>La collecte combinée des résidus alimentaires et des résidus verts représente l'un des programmes de réacheminement des matières organiques les plus pratiques pour les résidents, car elle exige moins de travail pour trier et préparer les matières organiques en vue de la collecte.</p> <p>De grands contenants sont nécessaires pour accueillir les grandes quantités de résidus verts générés au cours des périodes de pointe, mais ces contenants sont en grande partie vides pendant l'hiver lorsque seuls des résidus alimentaires sont produits. Le maintien de collectes régulières au cours de l'hiver est important pour maintenir un niveau de participation élevé.</p>
Qualité du compost	Le compost produit à partir de résidus alimentaires et de résidus verts est généralement un produit de grande qualité convenant à l'utilisation sans restriction. Comme dans le cas de la combinaison précédente, la qualité du compost est accrue si l'utilisation des sacs en plastique est interdite dans le cadre du programme de collecte.
Marchés du compost	On doit développer les marchés dès le début du processus. Dans le cas des programmes de grande taille, une abondance soudaine de compost pourrait faire baisser le marché des amendements, au moins à court terme, et avoir un effet négatif sur les aspects économiques du projet; en outre, le compost invendu pourrait s'accumuler.
Énergie	Aucune énergie renouvelable n'est produite, mais les technologies de compostage sont des utilisateurs nets d'énergie.
Réductions des gaz à effet de serre	La conservation des résidus alimentaires et des résidus verts hors des sites d'enfouissement présente des avantages moyens à élevés sur le plan des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'enfouissement, car les matières organiques enfouies produisent des gaz d'enfouissement. Les avantages sur le plan des gaz à effet de serre sont maximisés lorsque les taux de réacheminement élevés sont atteints.



Tableau 18-3 : Combinaison 2 : Collecte et compostage combinés des résidus alimentaires et des résidus verts dans un système de compostage actif aéré (suite)

Combinaison 2	Collecte et compostage combinés de résidus alimentaires et de résidus verts dans un système de compostage actif aéré
Coûts relatifs	De nombreuses technologies de compostage sont disponibles pour le traitement combiné des résidus alimentaires et des résidus verts. Le choix de la technologie dépend de la quantité de matières de base, des variations saisonnières et des facteurs relatifs à l'emplacement (voir le chapitre 8). Les coûts de traitement sont inférieurs à ceux des systèmes comprenant la digestion anaérobiose, mais ils sont supérieurs à ceux des systèmes reposant uniquement sur le compostage extérieur en andains.
Applications habituelles et variations	Dans le cas des programmes de petite taille et de taille moyenne (p. ex., moins de 15 000 t/an), une variation de cette combinaison peut comprendre le compostage en andains avec une zone de réception intérieure.

18.2.3 Combinaison 3 : Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte distincte et compostage en andains des résidus verts

Comme le montre la figure 18-3, cette approche exige des programmes de collecte distincts pour les résidus alimentaires et les résidus verts, ce qui a des répercussions évidentes sur les coûts généraux de collecte. Toutefois, le compostage distinct des résidus alimentaires et des résidus verts permet de réduire les coûts de traitement.

Le volume des résidus alimentaires est relativement constant pendant toute l'année. Un système conçu pour collecter et traiter les résidus alimentaires peut être exploité à près de 100 % de sa capacité tout au long de l'année afin de maximiser le réacheminement.

La quantité de résidus verts varie selon les saisons, tant sur le plan de la quantité que de la composition. Si on collecte les résidus verts avec les résidus alimentaires, la matière combinée peut varier de façon considérable tout au long de l'année, ce qui entraîne la sous-utilisation du système de compostage pendant plusieurs mois de l'année et la hausse des coûts d'exploitation. Le succès du compostage en andains pour le traitement des résidus verts est bien documenté. Comme les coûts d'investissement et de fonctionnement liés à cette approche sont relativement faibles, il peut être utile de séparer les résidus verts.



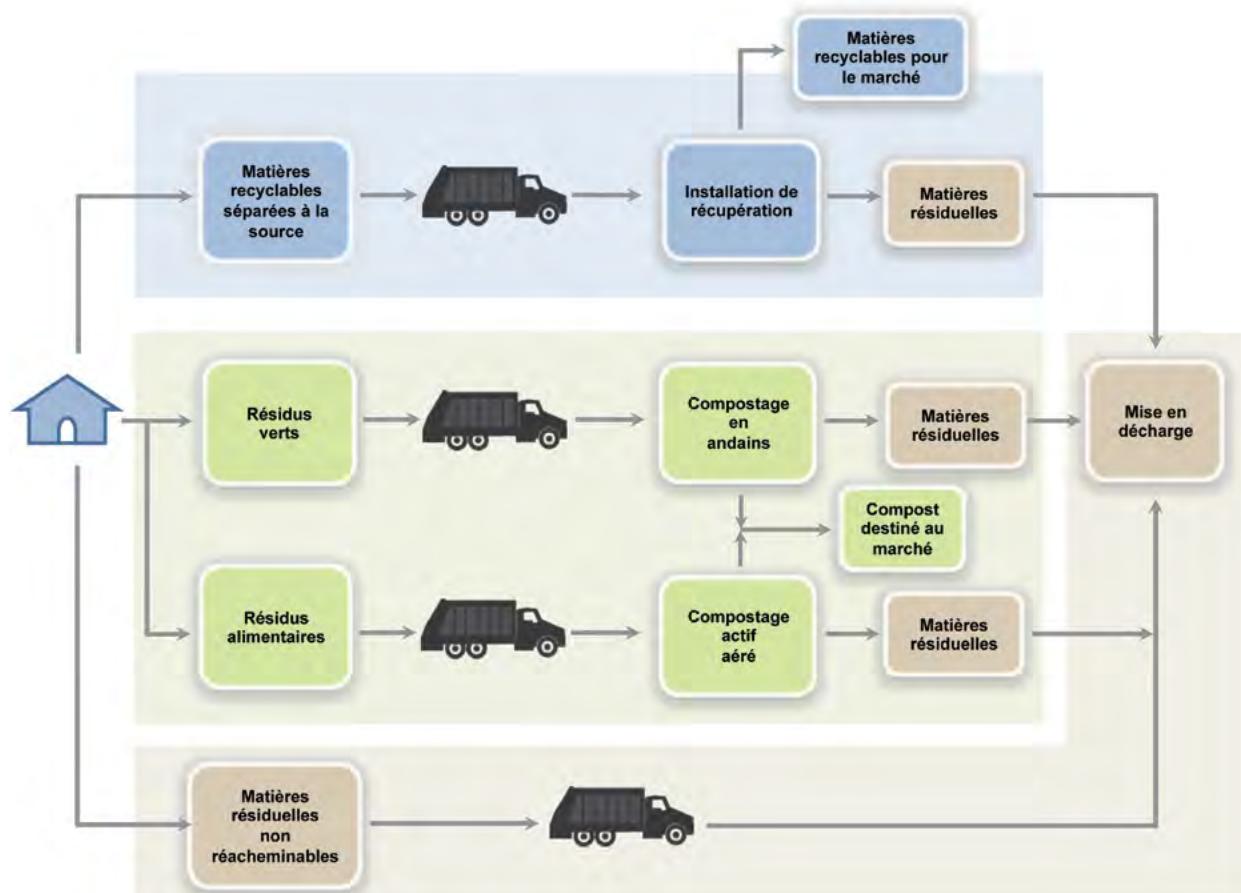


Figure 18-3 : Combinaison 3 : Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte et compostage en andains des résidus verts

Le volume réduit de résidus alimentaires peut alors être traité dans une installation de compostage plus petite et plus efficace conçue pour fonctionner à pleine capacité pendant la majeure partie de l'année.

La figure 18-3 illustre la manière dont cette combinaison s'inscrit dans un système global de gestion des déchets.

Le Tableau 18-4 présente un résumé des mesures clés du programme.

Tableau 18-4 : Combinaison 3 : Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte et compostage en andains des résidus verts (suite)

Combinaison 3	Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte et compostage en andains des résidus verts
Quantité	De 5 000 à 150 000 t/an de matières organiques séparées à la source
Potentiel de réacheminement	Comme cette approche peut accepter pratiquement toutes les matières organiques de base, les taux de réacheminement sont élevés.
Programme de collecte	<p>La collecte des résidus alimentaires accroît le risque de nuisance. Les dépôts de récupération ne conviennent généralement pas à la collecte de matières de base composées de résidus alimentaires. Les programmes de réacheminement des résidus alimentaires porte-à-porte exigent une collecte régulière et fréquente. Toutefois, l'élimination des matières organiques du flux de déchets solides municipaux signifie qu'il pourrait être possible de réduire la fréquence de collecte des autres déchets, en particulier pendant l'hiver.</p> <p>La collecte séparée des résidus alimentaires et des résidus verts exige un nombre plus élevé de déplacements pour la collecte. La collecte des résidus verts n'est pas nécessaire au cours de l'hiver dans la plupart des régions du Canada. On peut ajouter des dépôts de récupération à la collecte des résidus verts afin de réduire la fréquence de la collecte porte-à-porte pendant l'été (p. ex., deux fois par mois au lieu d'une fois par semaine) ou de réduire la quantité de matière pouvant être déposée en bordure de rue.</p> <p>Comme la production de résidus alimentaires est relativement uniforme tout au long de l'année, il peut être possible et plus rentable de collecter les résidus alimentaires au même moment que d'autres matières (p. ex., les déchets et les matières recyclables) à l'aide d'un camion de collecte à deux compartiments. Cette approche exige que la destination des résidus alimentaires et la destination des autres matières soient relativement près l'une de l'autre.</p> <p>La collecte des résidus alimentaires de sources commerciales peut être intégrée à ce système, mais cela exige souvent des incitatifs financiers ou des mesures réglementaires (p. ex., l'interdiction de jeter des matières organiques et l'imposition de redevances sur l'élimination) afin d'accroître la participation des secteurs industriel, commercial et institutionnel.</p>
Commodité pour les utilisateurs	<p>La collecte porte-à-porte séparée des résidus alimentaires et des résidus verts exige deux contenants ou sacs (en plus des contenants ou des sacs nécessaires pour la collecte des déchets résiduels et des matières recyclables), ce qui peut causer des problèmes aux résidents ayant peu d'espace.</p> <p>La collecte des matières organiques, des déchets et des matières recyclables selon un calendrier hebdomadaire alternatif peut réduire les coûts de collecte, mais peut semer la confusion chez les résidents si l'horaire n'est pas bien annoncé.</p>
Qualité du compost	Le compost produit à partir de résidus verts et des matières organiques séparées à la source est généralement un produit de grande qualité convenant à l'utilisation sans restriction.



Tableau 18-4 : Combinaison 3 : Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte et compostage en andains des résidus verts (suite)

Combinaison 3	Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte et compostage en andains des résidus verts
Marchés du compost	Identique à la combinaison 2. Cette approche permet également de proposer différents types de compost convenant à différentes applications, ce qui pourrait favoriser la vente du produit. La qualité du produit constitue un avantage.
Énergie	<p>Le fait d'offrir deux programmes de collecte parallèles entraîne une consommation énergétique plus élevée. Toutefois, la réduction de la fréquence de collecte des autres déchets pourrait réduire la consommation énergétique.</p> <p>Le traitement des résidus verts au moyen d'un système de compostage en andains exige un système de compostage actif aéré de plus petite taille par rapport au système de la combinaison 2; par conséquent, la consommation énergétique est généralement plus faible. Cette combinaison ne permet pas de produire de l'énergie renouvelable.</p>
Réductions des gaz à effet de serre	La conservation des matières organiques hors des sites d'enfouissement présente des avantages moyens à élevés sur le plan des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'enfouissement, car les matières organiques enfouies produisent des gaz d'enfouissement.
Coûts relatifs	<p>Les coûts de collecte peuvent être plus élevés par rapport à un système dans le cadre duquel les résidus alimentaires et les résidus verts sont collectés ensemble.</p> <p>Si les installations de compostage des résidus alimentaires et des résidus verts sont complètement séparées, un certain chevauchement des frais généraux est probable, entraînant ainsi l'augmentation de l'ensemble des coûts de traitement du système. Si les deux installations sont situées sur le même site, on peut utiliser le compostage en andains pour la maturation des résidus alimentaires ainsi que pour le compostage des résidus verts. Ce partage des frais généraux et des ressources peut réduire l'ensemble des coûts de traitement du système.</p> <p>Dans l'ensemble, les coûts de traitement sont moins élevés que ceux des systèmes de digestion anaérobiose, mais ils sont plus élevés que ceux des systèmes de traitement qui utilisent uniquement le compostage extérieur en andains.</p>
Applications habituelles et variations	<p>Cette combinaison convient particulièrement aux grandes zones urbaines où les résidus alimentaires peuvent être collectés dans de petits contenants à l'aide de camions à deux compartiments et où les stations de transfert ou les installations de traitement des résidus alimentaires et des matières collectées au même moment sont près les unes des autres.</p> <p>Il est généralement impossible d'établir une installation de compostage extérieur en andains dans une zone fortement urbanisée, même si elle ne traite que les résidus verts. Cette combinaison favorise une installation de compostage en andains située à une grande distance des zones urbaines.</p> <p>Si le programme est mis en œuvre au sein d'une grande région ou d'une zone métropolitaine, il peut être possible de construire plusieurs petites installations de traitement et de réduire l'ensemble des coûts de collecte grâce à la réduction de la distance de transport.</p> <p>Une autre option consiste à effectuer le compostage actif des résidus alimentaires dans une installation intérieure située dans une zone urbaine et à transférer la matière vers une installation éloignée de compostage de résidus verts pour la maturation et le tamisage final.</p>



18.2.4 Combinaison 4 : Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobie et collecte et compostage en andains des résidus verts

Cette combinaison de technologies met l'accent sur la production d'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les matières organiques provenant des résidus alimentaires qui conviennent le mieux à la digestion anaérobie sont collectées séparément, comme dans le cas de la combinaison 3, mais au lieu d'être compostées en milieu fermé, elles sont soumises à la digestion anaérobie pour créer un biogaz qui peut remplacer les combustibles fossiles. Le digestat provenant du système de digestion anaérobie doit généralement être composté avant d'être utilisé comme amendement. Le compostage des résidus verts est toujours réalisé séparément. La figure 18-4 illustre le système global de gestion des déchets de la combinaison 4.

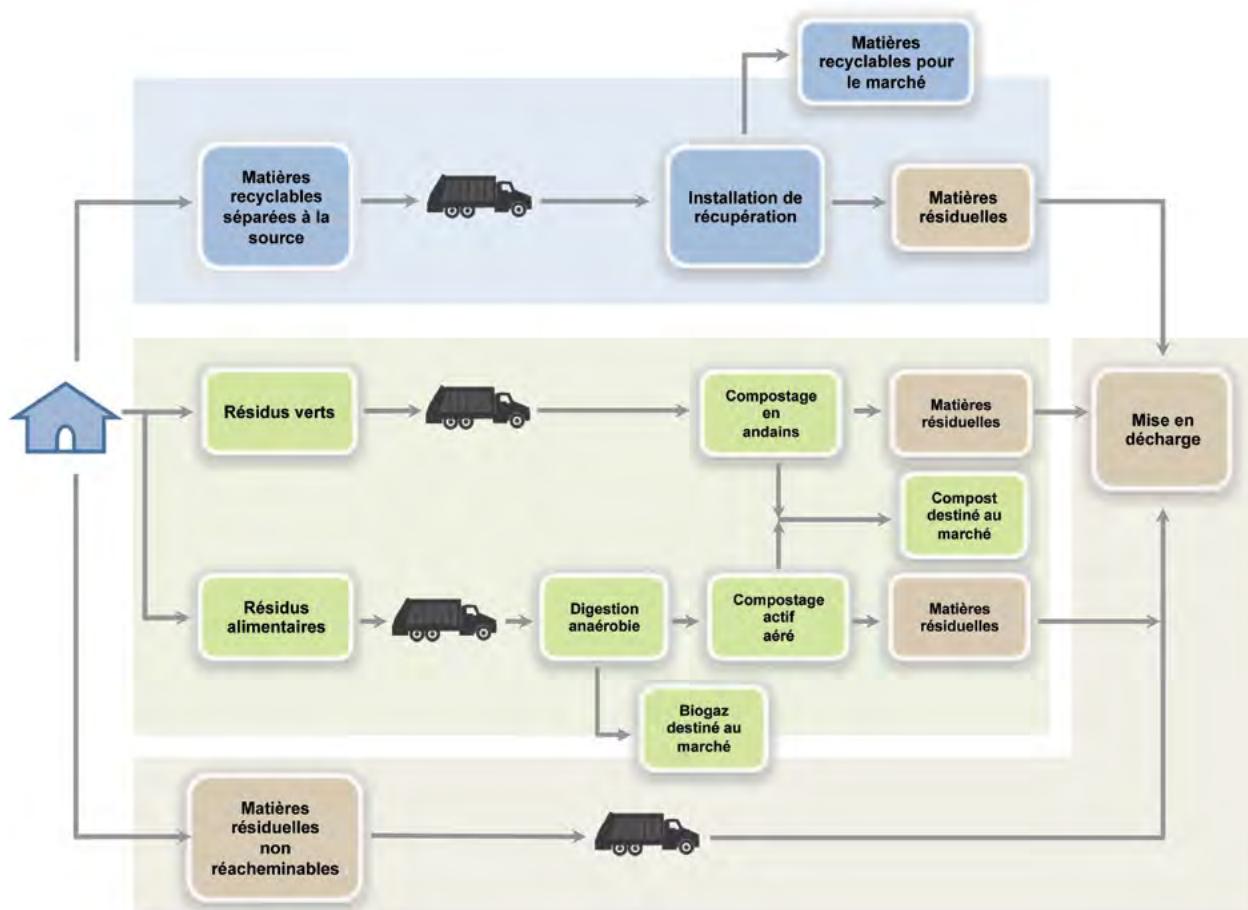


Figure 18-4 : Combinaison 4 : Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobie et collecte et compostage en andains des résidus verts

Comme dans le cas de la combinaison 3, les systèmes de collecte seront probablement touchés par la séparation à la source des résidus verts et des résidus alimentaires, car ces deux matières devront être collectées séparément. Le tableau 18-5 présente un résumé des mesures clés du programme.

Tableau 18-5 : Combinaison 4 : Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobiose et collecte et compostage en andains des résidus verts

Combinaison 4	Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobiose et collecte et compostage en andains des résidus verts
Quantité	De 10 000 à plus de 150 000 t/an de matières organiques séparées à la source
Potentiel de réacheminement	Identique à la combinaison 3
Programme de collecte	Identique à la combinaison 3
Commodité pour les utilisateurs	Identique à la combinaison 3
Qualité du compost	Le compost produit à partir de résidus verts et des matières organiques séparées à la source digérées est généralement un produit de grande qualité convenant à l'utilisation sans restriction.
Marchés du compost	Le compost produit à partir des résidus verts peut être utilisé dans un large éventail de marchés. La qualité du digestat est généralement élevée (à la suite du traitement nécessaire), bien que le volume soit plus faible en raison de l'extraction de l'énergie.
Énergie	Le biogaz produit à partir de la digestion anaérobiose constitue une forme d'énergie renouvelable pouvant être utilisée pour produire et remplacer l'électricité consommée par les systèmes de compostage, comme combustible fossile de recharge pour le chauffage industriel ou comme carburant pour véhicule. Là où on ne produit pas d'électricité à partir de sources renouvelables (p. ex., l'hydroélectricité), la conversion du biogaz en combustible fossile de recharge entraîne une hausse des avantages sur le plan environnemental.
Réductions des gaz à effet de serre	Avantages importants sur le plan de la réduction des émissions de gaz à effet de serre en raison du réacheminement des matières organiques destinées aux sites d'enfouissement et de la production d'énergie renouvelable pouvant remplacer les combustibles fossiles.
Coûts relatifs	Les coûts d'investissement et de fonctionnement des systèmes de digestion anaérobiose sont généralement très élevés, en fonction des économies d'échelle, et il faut beaucoup de temps pour générer suffisamment de revenus provenant de la vente d'énergie pour aider à rembourser les coûts d'investissement. En général, la mise en œuvre de cette approche est plus coûteuse que la mise en œuvre d'un système de compostage distinct pour les résidus alimentaires et les résidus verts. Toutefois, la possibilité d'obtenir des crédits énergétiques, du financement écologique et d'utiliser l'énergie à l'échelle locale peut rendre cette option rentable si on tient compte de tous les avantages directs et indirects sur le plan des coûts dans le cadre d'une évaluation complète du cycle de vie.



Tableau 18-5 : Combinaison 4 : Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobiose et collecte et compostage en andains des résidus verts (suite)

Combinaison 4	Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobiose et collecte et compostage en andains des résidus verts
Applications habituelles et variations	<p>Comme dans le cas de la combinaison 3, il peut être plus facile de construire l'installation de traitement des résidus alimentaires dans une zone densément peuplée où l'empreinte et les distances de séparation constituent des enjeux importants. Les facteurs économiques liés aux options d'utilisation du biogaz sont généralement préférables lorsque l'installation de digestion anaérobiose est située dans une zone urbaine.</p> <p>Le facteur de capacité est particulièrement important, car les économies d'échelle sont plus importantes dans le cas de la digestion anaérobiose que dans le cas du compostage.</p> <p>Le digestat provenant du système de digestion anaérobiose exige généralement un traitement supplémentaire (p. ex., le compostage) pour créer un amendement de grande qualité pouvant être utilisé pour améliorer l'état du sol. Le transfert et le traitement du digestat dans une installation autonome ou dans une installation de compostage des résidus verts sont deux options qui peuvent être mises en œuvre.</p>

18.2.5 Combinaison 5 : Collecte et digestion anaérobiose des résidus alimentaires avec les biosolides à l'usine locale de traitement des eaux usées et compostage en andains des résidus verts dans une installation distincte

Cette combinaison de technologies tire avantage de toute capacité excédentaire de l'infrastructure de digestion anaérobiose généralement utilisée à l'usine de traitement des eaux usées de la municipalité pour traiter les biosolides et produire du biogaz. Comme aucune installation distincte de digestion anaérobiose n'est nécessaire, cette approche permet de réduire les coûts d'investissement lorsque les résidus alimentaires peuvent être traités à l'usine de traitement des eaux usées à la suite de légères modifications. Des études ont montré que cette approche peut constituer un moyen rentable d'assurer la gestion des résidus alimentaires organiques. Comme des études techniques recommandent parfois l'adoption de cette stratégie, elle figure dans le présent document à titre de combinaison potentielle. Dans le cas de ce système, les résidus verts sont collectés et compostés séparément, comme le montre la figure 18-5.



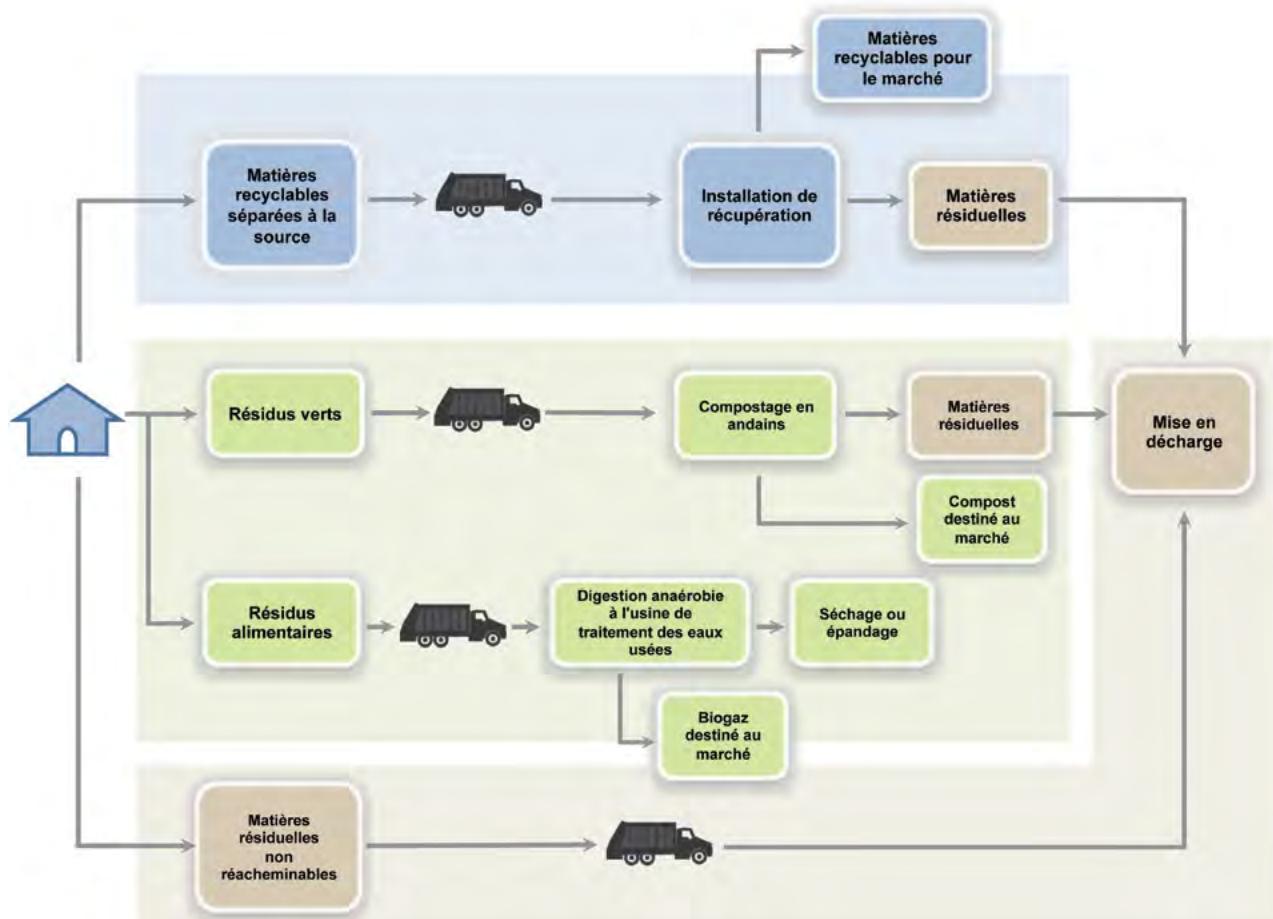


Figure 18-5 : Combinaison 5 : Collecte et digestion anaérobiose des résidus alimentaires avec les biosolides à l'usine locale de traitement des eaux usées et compostage en andains des résidus verts dans une installation distincte



Le tableau 18-6 présente un aperçu des mesures clés du programme.

Tableau 18-6 : Combinaison 5 : Collecte et digestion anaérobie des résidus alimentaires avec les biosolides à l'usine locale de traitement des eaux usées et compostage en andains des résidus verts dans une installation distincte

Combinaison 5	Collecte et digestion anaérobie des résidus alimentaires avec les biosolides à l'usine locale de traitement des eaux usées et compostage en andains des résidus verts dans une installation distincte
Quantité	De 20 000 à plus de 150 000 t/an
Potentiel de réacheminement	Identique à la combinaison 3
Programme de collecte	Identique à la combinaison 3
Commodité pour les utilisateurs	Identique à la combinaison 3
Qualité du compost	<p>Le compost produit à partir de résidus verts est généralement un produit de grande qualité convenant à l'utilisation sans restriction.</p> <p>Le compost produit à partir d'un mélange de résidus alimentaires et de biosolides peut avoir des propriétés avantageuses, mais sa teneur en éléments traces peut être plus élevée. Dans certaines provinces, les règlements peuvent limiter l'utilisation ou l'épandage de ce produit.</p>
Marchés du compost	<p>Le compost produit à partir des résidus verts peut être utilisé dans un large éventail de marchés.</p> <p>Selon les exigences, les règlements et la perception du public à l'échelle locale, le compost fabriqué à partir de biosolides peut ou non trouver un marché.</p>
Énergie	<p>Cette option offre un degré élevé de récupération d'énergie, car le biogaz est récupéré à partir des résidus alimentaires et des biosolides.</p> <p>Le biogaz produit peut être utilisé pour produire et remplacer l'électricité consommée par l'usine de traitement des eaux usées.</p>
Réductions des gaz à effet de serre	Avantages importants sur le plan de la réduction des émissions de gaz à effet de serre en raison du réacheminement des matières organiques destinées aux sites d'enfouissement et de la production d'énergie renouvelable pouvant remplacer les combustibles fossiles.
Coûts relatifs	<p>L'utilisation des digesteurs anaérobies existants ou l'agrandissement et la modification des digesteurs anaérobies des usines de traitement des eaux usées entraîne une réduction des coûts d'investissement et des économies d'échelle sur le plan des coûts de fonctionnement. Sur le plan de l'investissement et du fonctionnement, cette option est peut-être concurrentielle par rapport aux systèmes de compostage en milieu fermé, car les revenus de la vente d'énergie sont généralement plus élevés que les revenus de la vente d'amendements.</p> <p>Le compostage saisonnier des résidus verts a une faible incidence sur l'ensemble des coûts du système.</p>



18.3 Évaluation des combinaisons de programmes et de technologies

Les cinq combinaisons courantes de programmes de réacheminement et de traitement des matières organiques décrites à la section précédente représentent les systèmes intégrés les plus courants et offrent un éventail de taux de réacheminement. Le tableau 18-7 présente un résumé des caractéristiques qualitatives des ces combinaisons courantes de technologies.

Une fois que les systèmes ont été entièrement définis, l'étape suivante du processus d'évaluation et de décision consiste à analyser les systèmes au moyen d'un ensemble uniforme de critères environnementaux et sociaux propres à la région afin d'établir la valeur relative des systèmes. Il existe de nombreuses méthodes pour évaluer les répercussions environnementales et sociales des programmes et des projets. Ces méthodes vont des simples systèmes de notation à trois niveaux (p. ex., : élevé, moyen, faible) aux processus reposant sur les systèmes de notation complexes, de pondération des critères, de vote des intervenants. Une discussion approfondie au sujet de ces différentes méthodes dépasse la portée du présent document technique.

Parallèlement à l'analyse de la valeur, on prépare habituellement une évaluation des coûts d'investissement et de fonctionnement du cycle de vie du système afin de définir les répercussions financières. La combinaison des évaluations de la valeur et des répercussions financières pour chaque système permet ensuite aux évaluateurs et aux décideurs de retenir le système privilégié.

Peu importe le processus d'évaluation utilisé, il est important que tous les intervenants participent au processus décisionnel, et que leurs opinions soient reconnues, évaluées et traitées. Le processus d'évaluation devrait également reposer sur le consensus afin que les commentaires de tous les intervenants profitent d'une pondération équivalente.



Tableau 18-7 : Combinaisons courantes de technologies : résumé des caractéristiques qualitatives

Nº	Combinaison de technologies	Quantité (t/an de matières organiques séparées à la source)	Potentiel de réacheminement	Commodité pour les utilisateurs	Qualité du compost	Marchés du compost	Énergie	Réductions des gaz à effet de serre	Coûts relatifs
1	Collecte et compostage en andain de résidus verts seulement	De 500 à 30 000	Faible	Faible à moyenne	Élevée	Élevés	s.o.	Faible	Faibles
2	Collecte et compostage combinés de résidus alimentaires et de résidus verts dans un système de compostage actif aéré	De 1 000 à 150 000	Élevé	Élevée	Élevée	Moyens	s.o.	Moyenne à élevée	Moyens
3	Collecte et compostage actif aéré des résidus alimentaires et collecte et compostage en andains des résidus verts	De 5 000 à 150 000	Élevé	Moyenne	Élevée	Moyens à élevés	s.o.	Moyenne à élevée	Moyens
4	Collecte et traitement des résidus alimentaires dans une installation de digestion anaérobiose et collecte et compostage en andains des résidus verts	De 20 000 à 150 000	Élevé	Moyenne	Élevée	Moyens à élevés	Moyenne à élevée	Élevée	Élevés
5	Collecte et digestion anaérobiose des résidus alimentaires avec les biosolides dans une usine de traitement des eaux usées et compostage en andains des résidus verts dans une installation distincte	De 20 000 à 150 000	Élevé	Moyenne	Moyenne à élevée	Moyens à élevés	Moyenne à élevée	Élevée	Moyens à élevés

Remarques :

s.o. : Sans objet



Références



[ACIA] Agence canadienne d'inspection des aliments. 1985. *Loi sur les engrais*. L.R.C., ch. F-10.

[ACIA] Agence canadienne d'inspection des aliments. 1993. *Loi sur les engrais et son règlement d'application*, Circulaire à la profession T-4-93 : Normes pour les métaux dans les engrais et les suppléments.

[ACIA] Agence canadienne d'inspection des aliments. 2009. *Loi sur les engrais et son règlement d'application*, Circulaire à la profession T-4-120 : Réglementation du compost.

[ACIA] Agence canadienne d'inspection des aliments. 2011. *Règlement sur les engrais*. C.R.C., ch. 666.

[ACG] Association Canadienne du Gaz. 2012. Biomethane Guidelines for the Introduction of Biomethane into Existing Natural Gas Distribution & Transmission Systems. Standing Committee on Operations, Biomethane Task Force. Février.

Agro Énergie. 2012. Pelletizing.

[AIE] Agence internationale de l'énergie. 2008. From Biogas to Green Gas, The Netherlands. IEA Bioenergy Task 37.

Alexander, R. 2003. The Practical Guide to Compost Marketing and Sales. 1^{ère} éd. R. Alexander Associates, Inc.

Arsova, L. 2010. Anaerobic digestion of food waste: Current status, problems and an alternative product. Thèse de maîtrise inédite, Université Columbia. Mai.

[ASTM] ASTM International. 2011. Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds By a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits. ASTM E679-04 (2011).

BioCycle. 2002. Harnessing Energy from Manures and Bean Curd in Japan. The BioCycle Guide to Anaerobic Digestion. JG Press.

Bogg, J., vice-président, ZeroWaste Energy. 2012. Communication personnelle avec Tom Kraemer, CH2M HILL. 24 avril.

Bujoczek, G. 2001. Influence of Ammonia and Other Abiotic Factors on Microbial Activity and Pathogen Inactivation During Processing of High-Solid Residues. Thèse de doctorat, Université du Manitoba.

[BNQ] Bureau de normalisation du Québec. 2005. Amendements Organiques—Composts. CAN/BNQ 0413-200-2005. Janvier.

[BNQ] Bureau de normalisation du Québec. 2007. Sacs en plastique compostables—Programme de certification. BNQ 9011-911-2007. Septembre.



[CIWMB] California Integrated Waste Management Board. 2008. Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste. Préparé pour la California Environmental Protection Agency. Mars.

Cammack, R., Atwood, T., Campbell, P., Parish, H., Smith, T., Stirling, J., Vella, F. (éd.) 2006. Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology. 2^e éd. Août.

[CCME] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2005. Lignes directrices pour la qualité du compost.

Central Marin County. 2011. Central Marin County Commercial Food-to-Energy (F2E) Program. Présenté à la California Biomass Collaborative, Oakland (CA). 6 avril.

[CH2M HILL] CH2M HILL Canada Limited. The City of Calgary 2010 Residential Waste Composition Study. Préparé pour la Ville de Calgary. Mai.

Chynoweth, D.P., et al. 1993. Biochemical Methane Potential of Biomass and Waste Feedstocks. *Biomass & Bioenergy* 5:95-111.

Clarke, W.P. 2000. Cost-benefit analysis of introducing technology to rapidly degrade municipal solid waste. *Waste Management & Research* 18(6):510-524.

CM Consulting. 2007. Measuring the benefits of composting source separated organics in the Region of Niagara. Préparé pour la région de Niagara. Décembre.

[Cornerstone] Cornerstone Environmental Group, LLC. 2011. Small Landfill Gas to Compressed Natural Gas Vehicle Fuel Project. Présenté par Mark J. Torresani à la 11th Annual Biocycle Renewable Energy from Organics Recycling Conference, tenue à Madison (WI). 31 octobre.

Coward, H.F. and G.W. Jones. 1952. "Limits of Flammability of Gases and Vapors." Bulletin 503 Bureau of Mines. United States Department of the Interior. Washington, DC: United States Government Printing Office.

Eder, B., Schulz, H. 2006. Biogas Practice: Fundamentals, Planning, Construction, Examples, Economics. 3^e éd. Staufen (Allemagne) : Ökobuch Verlag.

Erdal, Z.K., Soroushian, F., Cambiaso, P., Whitman, E. 2006. Steps to Implementation of Biosolids and Manure Management and Bioenergy Recovery through Co-Digestion with Food Waste. In: Proceedings from WEF/AWWA Joint Residuals and Biosolids Management Conference. Cincinnati (OH) : Water Environment Federation, American Water Works Association.

[FCM] Fédération canadienne des municipalités. 2009. Getting to 50% and Beyond: Waste Diversion Success Stories from Canadian Municipalities. Fonds municipal vert.

GPI Atlantic. 2004. The Nova Scotia GPI Solid Waste-Resource Accounts. Juillet.

Graubard, D., Rouleau, W., Bogner, J. 2011. Cost-Effective Technologies for Removing H₂S from Landfill Gas. Merichem.

- Heguy, D., Bogner, J. 2011. Cost-Effective Hydrogen Sulfide Treatment Strategies for Commercial Landfill Gas Recovery: Role of Increasing C&D (Construction and Demolition) Waste. Merichem.
- [ICF] ICF Consulting. 2005. Analyse des effets des activités de gestion des matières résiduelles sur les émissions de gaz à effet de serre—Mise à jour 2005. Rapport final. Préparé pour Environnement Canada et Ressources naturelles Canada. 31 octobre.
- Kelleher, M. 2007. Anaerobic Digestion Outlook for MSW Streams. *BioCycle* 48(8):51-55. Août.
- Kennedy/Jenks Consultants. 2008. Methane Capture Feasibility Study—City of San Rafael and Central Marin Sanitation Agency. Décembre.
- Kocar, G., Eryasar, A. 2007. An Application of Solar Energy Storage in the Gas: Solar Heated Biogas Plants. *Energy Sources Part A* 29:1513-1520.
- Luning, L., van Zundert, E.H., Brinkmann, A.J. 2003. Comparison of dry and wet digestion for solid waste. *Water Sci. Technol.* 48(4):15-20.
- McCartney, D.M., Oleszkiewicz, J.A. 1993. Competition Between Methanogens and Sulfate Reducers: Effect of COD: Sulfate Ratio and Acclimation. *Water Environment Research* 65:655-664.
- Metcalf and Eddy. 2002. Wastewater Engineering. 4^e éd. McGraw Hill.
- [MPO] Pêches et Océans Canada. 1985. *Loi sur les pêches*. L.R.C., ch. F-14.
- Moffatt, B., Stormfisher Biogas. 2011. Communication personnelle avec Tom Kraemer, CH2M HILL. Octobre.
- Morawski, C. 2008. The New 'Eco-Currency'. *Solid Waste & Recycling*. Décembre/janvier.
- Morris, J. 2005. Comparative LCAs for Curbside Recycling Versus Either Landfilling or Incineration with Energy Recovery. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 10(4):273-284.
- Murray, C.M., Thompson, J.L. 1986. Strategies for Aerated Pile Systems. *BioCycle* 7, 22. Juillet.
- [OSHA] Occupational Safety and Health Administration des États-Unis. 2005. Hydrogen Sulfide (H₂S). OSHA Fact Sheet. Octobre.
- Ostrem, K. 2004. Greening Waste: Anaerobic Digestion for Treating the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. Thèse de maîtrise, Université Columbia. Mai.
- Owens, J.M., Chynoweth, D.P. 1993. Biochemical Methane Potential of MSW Components. *Water Sci. Technol.* 27:1-14.
- Palmisano, A., Barlaz, M. 1996. Microbiology of Solid Waste. CRC Press.
- Pierce, J. 2005. Siloxane quantification, removal and impact on landfill gas utilization facilities. Présentation à la 8th Annual Landfill Methane Outreach Program Conference and Project Expo, tenue à Baltimore (MD), les 10 et 11 janvier.
- R. Alexander Associates, Inc. 2003. National Erosion/Sediment Control Specifications for Composted Products.



- Recycling Council of Alberta. 2006. Municipal Solid Waste (MSW) Options: Integrating Organics Management and Residual Treatment/Disposal. Avril.
- Rittman, B.E., McCarty, P. 2001. Environmental Biotechnology: Principles and Applications. McGraw Hill.
- Rosenfeld, P.E., Clark, J.J., Hensley, A.R., Suffet, I.H. 2007. The use of an odour wheel classification for the evaluation of human health risk criteria for compost facilities. *Water Sci. Technol.* 55(5):345-357.
- Seereeram, S. 2004. Anaerobic Digestion Trials.
- Smith Bellerby Limited. 2007. Recycling household food waste—The Low Carbon approach. 30 août.
- Speece, R.E. 2008. Anaerobic Biotechnology and Odor/Corrosion Control for Municipalities and Industries. Archae Press.
- Steffen, R., Szolar, O., Braun, R. 1998. Feedstocks for Anaerobic Digestion. Vienne (Autriche) : Institute for Agrobiotechnology, Tulln University of Agricultural Sciences. 30 Septembre.
- Transports Canada. 1985. *Loi sur l'aéronautique*. L.R.C., ch. A-2.
- Tsilemou, K., Panagiotakopoulos, D. 2006. Approximate cost functions for solid waste treatment facilities. *Waste Management & Research* 24(4):310-322.
- Verma, S. 2002. Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes. Thèse de doctorat, Université Columbia.
- Verschueren, K. 1983. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. 2^e éd. Van Nostrand Reinhold Company.
- [WEF] Water Environment Federation. 2004. Control of Odors and Emissions from Wastewater Treatment Plants. Alexandria (VA) : WEF Press.
- [WEF] Water Environment Federation. 2009. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. American Society of Civil Engineers (ASCE), Environmental & Water Resources Institute. Alexandria (VA) : WEF Press.
- Wheless, E., Pierce, J. 2004. Siloxanes in Landfill and Digester Gas Update. In: Proceedings of the 2004 Solid Waste Association of America Landfill Gas Symposium.
- Zhang, R., et al., 2007. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. *Bioresource Technology* 98:929-935.

Glossaire



Adsorption modulée en pression	Technologie utilisée pour affiner les biogaz en vue de les utiliser comme carburant ou de les injecter dans un système de distribution de gaz naturel.
Aération	Processus par lequel l'air pauvre en oxygène présent dans le compost est remplacé par de l'air provenant de l'atmosphère. L'aération peut être améliorée grâce au retournement du compost, à l'aération passive ou par l'aération forcée au moyen de ventilateurs.
Aération forcée	Pratique consistant à utiliser des ventilateurs pour faire circuler l'air dans la matière de compostage d'une pile ou d'une cuve.
Aération passive	Mouvement naturel de l'air dans les andains et les piles de compost causé par la convection et qui fournit de l'air. Aucun dispositif mécanique n'est utilisé.
Agent structurant	Ingrédient présent dans un mélange de matières premières de compostage ajouté pour améliorer la structure et la porosité du mélange. En général, les agents structurants sont rigides et secs, et contiennent souvent de grosses particules (p. ex., de la paille ou des copeaux de bois).
Amendement	Matière supplémentaire mélangée à la matière de base compostable en vue du compostage afin de créer une condition favorable au compostage, soit par l'ajustement de la teneur en eau ou du rapport carbone-azote (C:N).
Andain	Pile basse, longue et relativement étroite. La grande taille de la surface exposée des andains favorise l'aération passive et le séchage.
Bassin de rétention	Bassin conçu pour stocker l'eau de traitement et les eaux de ruissellement provenant des événements pluvio-hydrologiques.
Biodégradation	Processus par lequel les matières organiques sont dégradées par des micro-organismes.
Biogaz	Sous-produit gazeux de la digestion anaérobiose. Les principaux composants des biogaz sont le dioxyde de carbone (CO ₂) et le méthane (CH ₄).
Composés organiques volatils (COV)	Composés chimiques naturels ou synthétiques dont la pression de vapeur est élevée dans des conditions normales, entraînant l'évaporation de grandes quantités de molécules dans l'air ambiant, ce qui produit des odeurs.
Compost	Matière stable semblable à l'humus découlant de la décomposition biologique et de la stabilisation de matières organiques dans des conditions aérobies et thermophiles. Le compost favoriserait la croissance des plantes et il atteint un degré d'aseptisation qui protège la santé humaine et la santé des plantes.
Compost mature	Compost stable qui contient peu ou pas de substances organiques phytotoxiques pouvant retarder la germination des semences lorsqu'il est utilisé comme amendement, et qui répond aux exigences de qualité en matière de maturité du compost figurant dans les <i>Lignes directrices pour la qualité du compost</i> publiées par le Conseil canadien des ministres de l'environnement, telles que modifiées.
Compost stable	Compost dont le taux de respiration et la hausse de température sont réduits et pouvant encore contenir des phytotoxines organiques.



Compostage	Procédé biologique contrôlé par lequel une matière organique est dégradée dans des conditions aérobies en un produit relativement stable, semblable à l'humus, appelé compost.
Compostage en système fermé	Méthode de compostage consistant à confiner complètement les matières traitées pendant le processus de compostage.
Conditions aérobies	Environnement favorable à la dégradation microbienne des matières organiques solides en présence d'oxygène.
Conditions anaérobies	Environnement au sein duquel la dégradation microbienne des matières organiques solides se produit en l'absence d'oxygène.
Contaminant	Élément, composé, substance ou organisme dont la présence ou la concentration a un effet néfaste sur l'environnement ou sur les utilisations qu'on peut en faire.
Contamination	Introduction dans l'environnement (eau, air, sol) de micro-organismes, de produits chimiques, de déchets ou d'eaux usées dans des concentrations qui rendent l'environnement impropre à l'utilisation qu'on peut en faire.
Corps étranger	Toute matière qui résulte de l'intervention humaine, de nature organique ou inorganique, comme du métal, du verre, des polymères synthétiques (p. ex., le plastique et le caoutchouc) et qui peut se retrouver dans le compost.
Corps étrangers tranchants	Corps étranger de dimension supérieure à 3 mm pouvant causer des blessures aux êtres humains ainsi qu'aux animaux pendant ou après une utilisation du compost. Les corps étrangers tranchants peuvent comprendre, sans toutefois s'y limiter, les objets suivants : objets métalliques, verre, porcelaine, ou des fragments de ces matières.
Critère PFRP	Ensemble de critères utilisé pour définir le temps et la température requis pour réduire les niveaux d'organismes pathogènes dans une matière. Dans le cas du compostage en milieu fermé ou du compostage en pile statique aérée, le PFRP exige que les matières soient maintenues à une température d'au moins 55 °C pendant 3 jours. Dans le cas du compostage en andains, les matières doivent être maintenues à une température d'au moins 55 °C pendant au moins 15 jours; les andains doivent être retournés au moins 5 fois pendant cette période.
Déchets solides municipaux (DSM)	Déchets solides provenant de sources résidentielles, industrielles, commerciales, institutionnelles, ainsi que de la construction et de la démolition, mais ne comprenant pas les déchets dangereux.
Digestat	Matière solide ou semi-solide restante à la suite de la digestion anaérobie.
Digesteur	Cuve ou réservoir dans lesquels le processus de digestion anaérobie se produit.
Digesteur de boue liquide à haute teneur en solides	Type de digesteur utilisé pour traiter les matières de base sous forme de boue (c.-à-d., dont la teneur en eau est entre 60 et 80 %). On peut ajouter de l'eau ou des effluents aux matières de base pour créer la boue.
Digesteur de matières empilables haute teneur en solides	Type de système de digestion anaérobie qui utilise des tunnels scellés. Des à matières « empilables » (c.-à-d., dont la teneur en eau est inférieure à 60 %) sont chargées dans les tunnels à l'aide de chargeuses frontales, et l'eau qui s'écoule des matières au cours du processus est recyclée vers des pulvérisateurs situés au-dessus des matières afin de faire recirculer les micro-organismes et les éléments nutritifs dans la masse de déchets.



Digesteur humide (basse teneur en solides)	Type de digesteur utilisé pour traiter les matières de base liquides (p. ex. dont la teneur en eau est supérieure à 80 %). En général, on ajoute de l'eau ou des effluents aux matières de base solides pour les rendre liquide avant la digestion.
Digestion anaérobie (DA)	Processus biologique géré et contrôlé qui utilise des micro-organismes afin de décomposer les matières organiques en l'absence d'oxygène.
Eaux de ruissellement	Toute eau de pluie ou de fonte s'écoulant en surface à partir des zones de réception, de traitement, de maturation et des zones d'entreposage connexes d'une installation de compostage.
Eaux souterraines	Ensemble de l'eau sous la surface du sol, soit à l'état liquide ou à l'état solide.
Écoulement piston	Terme utilisé pour décrire le mouvement de matières dans une cuve en tant que masse distincte.
Effluent	Liquide qui sort du digesteur à la suite de la digestion anaérobie.
Éléments traces	Éléments chimiques présents dans le compost à une concentration très faible.
Espace lacunaire	Mesure de l'espace entre les particules individuelles dans la pile de compost qui sont remplies d'air. L'espace lacunaire est essentiel au compostage actif et à la maturation, car il doit y avoir un espace vide suffisant dans la pile de compost pour l'oxygène. Il est également essentiel que les espaces entre les particules soient interconnectés afin que l'air puisse circuler de façon passive à travers la pile de compost, ou qu'il soit soufflé à travers la pile par les ventilateurs.
Humus	Résidu foncé ou noir, riche en carbone, relativement stable provenant de la décomposition des matières organiques.
Inoculum	Matière de base déjà soumise au processus de compostage ou de digestion, ou effluent issu de ces processus, mélangé à des matières de bases fraîches pendant le prétraitement pour lancer l'activité microbienne.
Lixiviat	Liquide issu du contact de l'eau avec un solide et qui extrait une matière, soit dissoute ou en suspension, de ce solide.
Matières de base	Toutes les matières autorisées dans les installations de compostage et utilisées dans le processus de compostage, y compris les amendements et les agents structurants.
Matières empilables	Terme utilisé pour décrire les matières à faible teneur en eau (p. ex., moins de 60 %) et pouvant être empilées.
Matières organiques séparées à la source	Fraction organique des déchets solides municipaux accumulée et triée par le producteur de déchets et recueillie séparément des matières dangereuses et des matières non compostables domestiques.
Maturation	Étape finale du compostage où la stabilisation du compost se poursuit, mais le taux de décomposition a ralenti à tel point que le retournement ou l'aération forcée ne sont plus nécessaires. La maturation se produit généralement à des températures mésophiles plus basses.
Membrane d'étanchéité	Couche continue composée de matières naturelles ou synthétiques, placée sous ou sur les côtés d'une structure ou d'une installation empêchant la migration vers le bas ou la migration latérale du contenu de la structure ou de l'installation.
Mésophile	Plage de température la plus propice à la croissance des micro-organismes mésophiles. Généralement de 20 à 45 °C.



Micro-organismes	Organisme vivant de si petite taille qu'il doit être observé au microscope.
Oligo-éléments	Éléments nutritifs requis par les micro-organismes à de faibles concentrations pour différentes fonctions physiologiques, mais qu'un organisme ne peut pas produire par lui-même.
Organismes pathogènes	Organismes, y compris des bactéries, des virus, des champignons et des parasites, capables de causer une infection ou une maladie chez un hôte réceptif, soit un humain, un animal ou une plante.
pH	Mesure de la concentration des ions d'hydrogène dans une solution. Le pH est représenté par un exposant négatif. Par conséquent, une solution dont le pH est de 8 contient dix fois moins d'ions d'hydrogène qu'une solution dont le pH est de 7. Plus le pH est faible, plus la concentration en ions d'hydrogène est élevée, et plus la solution est acide. Plus le pH est élevé, plus la concentration en ions d'hydrogène est faible, et plus la solution est basique. Un pH de 7 est neutre.
Phytotoxique	Se dit des substances toxiques pour les plantes. Le compost immature ou anaérobiose peut contenir des acides ou des alcools qui peuvent endommager les semis ou les plantes sensibles.
Pile statique	Méthode de compostage n'exigeant pas le retournement des piles de compostage et dans le cadre de laquelle on n'utilise pas de dispositifs mécaniques pour ajouter de l'oxygène dans les piles.
Pile statique aérée (PSA)	Méthode de compostage dans le cadre de laquelle on ajoute de l'air de façon mécanique à la pile de compost, soit par aspiration ou par soufflage. Peu ou pas d'agitation ou de retournement effectué.
Porosité	Mesure des espaces vides entre chaque particule de compost. Elle représente le volume total des pores dans un échantillon divisé par le volume total de l'échantillon.
Putrescible	Substance organique qui se biodégrade rapidement.
Rapport carbone-azote (C:N)	Rapport entre la quantité de carbone (C) dans une matière (poids sec) et la quantité d'azote (N) dans la matière (poids sec).
Redevances de déversement	Frais exigés au point de réception pour le traitement ou l'élimination des déchets.
Résidus alimentaires	Matières végétales et animales jetées provenant des aliments et la préparation des aliments; les sources comprennent les résidences et les établissements commerciaux, comme les épiceries, les restaurants, les kiosques de fruits et légumes, les cafétérias et les cuisines institutionnelles, et les sources industrielles, comme les salles à manger des employés.
Résidus verts	Matière végétale issue du jardinage, de l'horticulture, de l'agriculture, de l'aménagement paysager ou du défrichement, y compris les matières comme les résidus d'ébranchage d'arbres ou d'arbustes, les restes de plantes, le gazon coupé, les feuilles, les arbres et les souches.
Retournement	Action consistant à mélanger et à agiter la matière dans un andain, une pile ou une cuve. Le retournement permet d'accroître la porosité, d'introduire de l'oxygène, de répartir l'humidité et de rendre la matière plus homogène.
Séparation à la source	Séparation des déchets en au moins deux groupes distincts avant la collecte afin de limiter la contamination éventuelle d'un flux de matières par un autre.



Solides volatiles	Composés organiques (d'origine végétale ou animale) éliminés ou réduits grâce à des processus biologiques, ayant une valeur calorifique et pouvant créer des odeurs ou d'autres nuisances.
Stabilité (du compost)	Taux réduit de variation ou de décomposition du compost à mesure qu'il atteint la maturité. Habituellement, la stabilité désigne l'absence de variation ou la résistance au changement. Un compost stable continue de se décomposer très lentement et demande peu d'oxygène.
Surface de travail	Surface extérieure permettant de réaliser les activités de traitement (p. ex., le broyage, le mélange, le compostage, le tamisage) ou de stocker les matières. En général, ces surfaces sont conçues pour supporter le poids de l'équipement de compostage et résister à l'usure.
Tamisage	Processus consistant à séparer de manière mécanique les particules en fonction de leur taille. En général, le tamisage est utilisé pour retirer les particules de grande taille ou les contaminants du compost et accroître l'homogénéité et la qualité du produit fini.
Temps de résidence à lit vide (TRLV)	Temps théorique pendant lequel l'air vicié est en contact avec le substrat du biofiltre, en supposant que l'air circule dans 100 % du volume du biofiltre, comme s'il n'y avait pas de substrat
Temps de rétention/séjour	Période pendant laquelle les matières doivent demeurer dans un système de compostage ou de digestion anaérobiose (p. ex., une cuve, un andain ou une pile).
Teneur en eau	Proportion ou pourcentage d'eau dans une matière.
Thermophile	Plage de température la plus propice à la croissance des micro-organismes thermophiles. Généralement supérieure à 45 °C.
Zone de compostage actif	Zone où des andains ou les piles de matières de base sont placés pour le compostage actif.
Zone de maturation	Zone où les matières de compostage sont placées pour se stabiliser et atteindre la maturité.
Zone de préparation avant le des matières de base	Zone où les matières de base sont temporairement placées pour traitement compostage actif.
Zone de réception	Zone utilisée pour recevoir les matières de base entrantes.
Zone de traitement	Combinaison des zones de traitement des matières de base et des zones de compostage actif.
Zone tampon	Zone séparant la zone de compostage actif des limites de la propriété.



www.ec.gc.ca

Pour obtenir des renseignements supplémentaires :

Environnement Canada

Informathèque

10, rue Wellington, 23^e étage

Gatineau (Québec) K1A 0H3

Téléphone : 819-997-2800

Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)

Télécopieur : 819-994-1412

Télimprimeur : 819-994-0736

Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

