

PROJET DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION SUR LA MESURE, LA PRÉVENTION ET LE CONTRÔLE, LA PRÉVISION, LA SURVEILLANCE ET LA DÉTECTION DES ODEURS LIÉES AUX OPÉRATIONS DE COMPOSTAGE

Rapport final



Un projet réalisé par :

Montréal 



SOLINOV 

Avec la collaboration financière de :

Programme de soutien au compostage,
Projet C-28

Février 2004

RECYC-QUÉBEC
Québec 

ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

VILLE DE MONTRÉAL:

Christiane Gélinas, M..A. , chargée de projet

Martin Héroux, ing., M.Sc.A, chargé de projet

Avec la collaboration de :

Albert Bastien, Analyste de matériaux - environnement

Josée Bisson, Analyste de matériaux - chimie

Francis Caron, Analyste de matériaux - environnement

Yves Longpré, Agent technique de laboratoire - chimie

Carlos Tirado, Chimiste

ODOTECH INC. :

Thierry Pagé, B. Ing., M. Sc.A., président d'Odotech, directeur de projet

Olivier Gayet, B. ing., chargé de projet

Avec la collaboration de:

Christophe Guy, ing., Ph.D

Philippe Micone, B. ing.

Philippe Barnéoud, B. ing.

Adeline Narjoux, M.Sc.A

François Giasson, B. ing.

Gille Daouaire, B. ing.

Patrice Guay, B. ing.

Éric Debeuf

Miguel Heredia

SOLINOV INC.

Françoise Forcier, ing., agr., M.Ing., directrice et chargée de projet

Avec la collaboration de :

Benoit Beaudoin, agr., M.Sc.Env.

Marilou Desjardins, ing. stag.

Bassam Abi Khalil, B. ing. agr.

Danielle J. Gaudet

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION	1
1.1 Problématique environnementale.....	1
1.2 Contexte général du projet	2
1.3 Étapes du projet	3
PARTIE A : REVUE DE LA LITTÉRATURE	5
2.0 MÉTHODOLOGIE DE LA REVUE	7
3.0 PRÉVENTION, CONTRÔLE ET SURVEILLANCE DES ODEURS	9
3.1 Les odeurs liées au compostage	9
3.2 Caractérisation des odeurs.....	15
3.3 Méthode de contrôle des procédés de compostage.....	16
3.4 Étude d'impact-odeur	23
3.4.1 Propositions méthodologiques pour la réalisation d'étude d'impact-odeur	23
3.4.2 Éléments constitutifs des études d'impact-odeur pour le compostage.....	25
3.4.3 Conclusions et renseignements à obtenir d'une étude d'impact-odeur.....	30
3.5 Méthodes d'atténuation et de surveillance des odeurs	32
3.5.1 Approches non technologiques	32
3.5.2 Masquant et neutralisants d'odeurs	33
3.5.3 Inhibiteurs bactériologiques.....	34
3.5.4 Technologies destructives et récupératrices de traitement	35
3.6 Liste de références	40
4.0 MÉTHODES DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE	45
4.1 Inspecteurs odeurs	45
4.2 Programmes de suivi avec les citoyens	45
4.3 Campagne de suivi et de modélisation de l'impact	47
4.4 Technologies de surveillance en temps réel des odeurs.....	49
4.5 Liste de références	51
5.0 CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ET ÉTUDES DE CAS	53
5.1 Les approches réglementaires générales pour les odeurs.....	53
5.2 Approches réglementaires appliquées au compostage.....	57
5.2.1 Exemples de réglementations en Amérique du Nord.....	61
5.2.2 Exemples de réglementations en Europe	71
5.3 Études de cas; interventions réglementaires à des problèmes d'odeurs	78
5.3.1 Des exemples en Amérique du Nord	78
5.3.2 Des exemples en Europe	86
5.4 Éléments à considérer pour un réglementation des odeurs	92
5.5 Liste de références	94

PARTIE B : DÉMONSTRATION – CONTRÔLE DES PARAMÈTRES DU COMPOSTAGE EN ANDAINS DE FEUILLES ET DE GAZON ET IMPACT SUR L'ÉMISSION D'ODEURS 97

6.0 PRÉVENTION DES ODEURS PAR LE CONTRÔLE DU PROCÉDÉ DE COMPOSTAGE ... 99

6.1	Objectifs et essais de compostage.....	99
6.2	Méthodologie détaillée des essais de démonstration.....	100
6.2.1	<i>Méthode de compostage étudiée au CESM.....</i>	<i>100</i>
6.2.2	<i>Essais de compostage pour l'étude de facteurs d'émission d'odeurs.....</i>	<i>102</i>
6.2.3	<i>Outils et méthodes de prélèvement et d'analyse</i>	<i>105</i>
6.3	Résultats et discussion.....	109
6.3.1	<i>Étapes de compostage et émission d'odeurs.....</i>	<i>109</i>
6.3.2	<i>Impact d'un retournement sur l'émission d'odeurs.....</i>	<i>112</i>
6.3.3	<i>Paramètres indicateurs du niveau d'émission d'odeurs</i>	<i>113</i>
6.3.4	<i>Caractéristiques chimiques de l'air odorant</i>	<i>117</i>
6.3.5	<i>Impact de la fréquence de retournement et du type d'équipement utilisé.....</i>	<i>121</i>
6.3.6	<i>Émission d'odeurs selon le type de résidus : gazon versus feuilles.....</i>	<i>128</i>
6.4	Conclusion.....	134

PARTIE C : SURVEILLANCE DES ODEURS AVEC DES CITOYENS VOISINS DU SITE DE COMPOSTAGE DE LA VILLE DE MONTRÉAL AU C.E.S.M. 137

7.0 SURVEILLANCE DES ODEURS AVEC DES CITOYENS..... 139

7.1	Objectifs	139
7.2	Contexte spécifique de l'étude	140
7.3	Surveillance par les citoyens	142
7.3.1	<i>Sélection et formation</i>	<i>142</i>
7.3.2	<i>Collecte des données par les citoyens.....</i>	<i>143</i>
7.3.3	<i>Éléments de base des cartes-réponses remplies par les citoyens</i>	<i>145</i>
7.3.4	<i>Les intensités d'odeurs perçues par les citoyens.....</i>	<i>150</i>
7.3.5	<i>Influence des conditions du ciel et du vent.....</i>	<i>157</i>
7.4	Validation des données observées	159
7.4.1	<i>Approche collective</i>	<i>159</i>
7.4.2	<i>Approche semi-collective</i>	<i>161</i>
7.4.3	<i>Observations de l'agent technique de la Ville</i>	<i>165</i>
7.4.4	<i>Journal des opérations du centre de compostage</i>	<i>166</i>
7.5	Effet de l'éloignement du site de compostage sur les observations.....	167
7.6	Effet de la direction des vents sur les observations d'odeurs.....	169
7.7	Modélisation de la dispersion des odeurs	180
7.7.1	<i>Modèle de dispersion</i>	<i>181</i>
7.7.2	<i>Provenance des émissions d'odeurs.....</i>	<i>186</i>
7.7.3	<i>Équivalences intensités-concentrations</i>	<i>186</i>
7.7.4	<i>Impact d'un retournement sur les débits d'odeurs</i>	<i>190</i>
7.7.5	<i>Simulation d'un retournement des andains de compostage</i>	<i>193</i>
7.7.6	<i>Simulations des 10 semaines de l'étude d'impact-odeurs</i>	<i>198</i>

7.8	Conclusions	204
7.9	Liste de références	207
PARTIE D : ÉTUDE D'IMPACT-ODEUR COMME OUTIL DE PRÉVENTION POUR LE COMPOSTAGE.....		209
8.0 MODÉLISATION DE LA DISPERSION DES ODEURS DE COMPOST		211
8.1	Concept de site de compostage étudié	211
8.2	Modèle de dispersion	213
8.2.1	<i>Données météorologiques pour la période simulée</i>	<i>214</i>
8.2.2	<i>Influence de la stabilité atmosphérique sur la dispersion des odeurs</i>	<i>216</i>
8.2.3	<i>Localisation et caractérisation des sources d'émissions (points émetteurs).....</i>	<i>217</i>
8.2.4	<i>Points récepteurs</i>	<i>224</i>
8.2.5	<i>Types de simulations.....</i>	<i>224</i>
8.2.6	<i>Interprétation des calculs de simulations</i>	<i>226</i>
8.2.7	<i>Présentation graphique des résultats de simulation.....</i>	<i>227</i>
8.3	Étude d'impact-odeurs sur une base annuelle	228
8.3.1	<i>Simulation des concentrations maximales</i>	<i>229</i>
8.3.2	<i>Simulation du dépassement de seuil de 1 u.o./m³</i>	<i>231</i>
8.3.3	<i>Simulation du percentile 95</i>	<i>233</i>
8.3.4	<i>Simulation du percentile 98</i>	<i>235</i>
8.3.5	<i>Simulation du percentile 99,5</i>	<i>237</i>
8.4	Références	239
PARTIE E : DÉTECTION EN TEMPS RÉEL DES ODEURS COMME OUTIL DE PRÉVENTION ET DE CONTRÔLE DES ODEURS		241
9.0 DÉTECTION DES ODEURS ET PRÉVISION DES IMPACTS POTENTIELS		243
9.1	Objectifs.....	243
9.2	Méthodologie	243
9.2.1	<i>Protocole détaillé des essais.....</i>	<i>243</i>
9.2.2	<i>Installation des équipements.....</i>	<i>243</i>
9.2.3	<i>Collecte, traitement et analyse des données</i>	<i>244</i>
9.3	Protocole détaillé des essais	244
9.4	Installation des équipements	245
9.5	Collecte, traitement et analyse des données.....	246
9.5.1	<i>Installation temporaire (mai 2002).....</i>	<i>246</i>
9.5.2	<i>Prélèvements</i>	<i>247</i>
9.5.3	<i>Prélèvements (novembre et décembre 2003).....</i>	<i>248</i>
9.6	Résultats.....	249
9.6.1	<i>Reconnaissance des odeurs</i>	<i>251</i>
9.6.2	<i>Quantification des odeurs.....</i>	<i>252</i>
9.6.3	<i>Affichage du panache olfactif</i>	<i>254</i>
9.6.4	<i>Variabilité de l'odeur de compost</i>	<i>255</i>

9.7	Conclusion.....	256
9.8	Références	256
GLOSSAIRE		257

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A	Échantillonnage des émissions gazeuses d'une source surfacique
ANNEXE B	Photographies des essais de compostage des feuilles au Complexe environnemental de Saint-Michel (CESM) et des essais de compostage du gazon réalisés au site de Ferme R. et B. Fafard à Saint-Basile Legrand
ANNEXE C	Extraits des données météorologiques utilisées pour la modélisation (chapitre 8.0)
ANNEXE D	Détermination de la vitesse d'éjection des gaz de la cheminée du bâtiment de tri (désensachage des feuilles)
ANNEXE E	Définition des classes de Pasquill
ANNEXE F	Résultats des simulations des concentrations moyennes lors d'un retournement d'andains
ANNEXE G	Résultats des simulations des pourcentages de dépassement de 2,5 et 5 u.o./m ³ pour les deux scénarios
ANNEXE H	Extrait de la proposition du projet de recherche

LISTE DES FIGURES

Figure 3-1	Schématisation de la méthodologie pour l'étude d'impact-odeur.....	24
Figure 3-2	Distribution de la concentration odeur au percentile 98	28
Figure 3-3	Distribution de la fréquence d'exposition aux odeurs.....	28
Figure 3-4	Vue aérienne de l'aménagement autour du site de compostage du Centre Environnemental Saint-Michel (CESM).....	33
Figure 3-5	Système de vaporisation de masquant	34
Figure 3-6	Schéma d'un biofiltre.....	36
Figure 3-7	Schéma de la colonne à jet à trois étapes du comté de Montgomery.....	38
Figure 4-1	Exemples de cartes réponses©	46
Figure 4-2	Schématisation des fluctuations des concentrations d'odeurs en fonction du temps dans l'air ambiant (adapté de Verein Deutscher Ingenieure, 1991).	48
Figure 4-3	Schématisation des fluctuations de concentration dans un panache odorant. ...	48
Figure 4-4	Comparaison entre le nez électronique et le système olfactif humain	50
Figure 5-1	Système de contrôle des émissions d'odeurs.....	54
Figure 5-2	Résultats de la modélisation (tiré de Wu, 2000).....	79

Figure 5-3	Impact-odeur simulé pour l'agrandissement projeté du site sans mesure de réduction des odeurs, où les courbes isoplètes représentent la concentration-odeur maximale, durant 10 minutes, sur une période d'un an (tiré de Wu,2000).....	80
Figure 5-4	Impact-odeur simulé pour le scénario retenu de réduction des odeurs par confinement captage et traitement par biofiltration de l'air (tiré de Wu, 2000)	82
Figure 6-1	Vue d'ensemble d'un CPG/SM.....	106
Figure 6-2	Représentation de la sonde Demista utilisée pour les mesures de température et de teneur en oxygène dans les andains en compostage.....	107
Figure 6-3	Olfactomètre à dilution dynamique et poste de flairage	108
Figure 6-4	Localisation des sources d'émission et des points de mesures des odeurs au site de compostage du CESM.....	110
Figure 6-5	Taux d'émission d'odeurs obtenus des principales sources émettrices au site du CESM.....	111
Figure 6-6	Répartition spatiale des points de mesure de la température (T) et de l'oxygène (O ₂) dans les andains en compostage	112
Figure 6-7	Effet d'un retournement sur l'émission d'odeur d'un andain de feuilles à différents stades de compostage	113
Figure 6-8	Évolution comparée de la température et du niveau d'oxygène (O ₂) suite à un retournement à divers stades correspondants de compostage.....	114
Figure 6-9	Évolution de la température (T) du niveau d'oxygène (O ₂) et du flux d'odeur 24 heures après le premier retournement de l'andain de feuilles F1, âgé de 9 jours, le 6 décembre 2000.....	115
Figure 6-10	Évolution de la température et du niveau d'oxygène suite au premier, deuxième et quatrième retournement de l'andain F1, le 6 décembre (F1R1, âge de 9 jours), le 19 décembre (F1R2, âge de 22 jours) et 16 janvier (F1R4, âge de 50 jours)	116
Figure 6-11	Distribution spatiale typique de la température et du niveau d'oxygène (O ₂) dans un andain de feuilles au cours des premiers mois de compostage	116
Figure 6-12	Principaux composés chimiques identifiés par chromatographie gazeuse dans des échantillons d'air émis de l'andain F1 au moment des retournements R2 (19 décembre 2000) et R4 (16 janvier 2001).....	118
Figure 6-13	Principaux composés chimiques identifiés dans les échantillons d'air prélevés provenant des diverses sources émettrices au site de compostage du CESM.	119
Figure 6-14	Évolution du flux d'odeurs et de la teneur en CO ₂ émis suite au retournement de l'andain F1 le 19 décembre 2000 (R2) et le 16 janvier 2001 (R4).....	120
Figure 6-15	Évolution du flux d'odeurs des andains F1 et F3 lors du retournement du 19 décembre 2000	123
Figure 6-16	Évolution du flux d'odeurs des andains F1, F2 et F3 lors du retournement du 16 janvier 2001	123
Figure 6-17	Évolution de la température et de la teneur en oxygène (O ₂) dans les andains F1, F2 et F3 lors du retournement du 19 décembre 2000.....	124

Figure 6-18	Évolution de la température et de la teneur en oxygène (O ₂) dans les andains F1, F2 et F3 lors du retournement du 16 janvier 2001	124
Figure 6-19	Évolution des flux d'odeurs et du dioxyde de carbone (CO ₂) dans les andains F1, F2 et F3 lors du retournement du 19 décembre 2000.....	125
Figure 6-20	Évolution des flux d'odeurs et du dioxyde de carbone (CO ₂) dans les andains F1, F2 et F3 lors du retournement du 16 janvier 2001	125
Figure 6-21	Comparaison des principaux composés chimiques identifiés dans les échantillons d'air prélevés des andains F1 et F3 lors des retournements du 1 ^{er} décembre 2000 et du 16 janvier 2001	127
Figure 6-22	Évolution de la température (T) et de l'oxygène (O ₂) dans les andains de gazon.....	131
Figure 6-23	Évolution de la température (T) et de l'oxygène (O ₂) dans les andains de feuilles et de gazon	131
Figure 6-24	Évolution de la température (T) et du niveau d'oxygène (O ₂) dans les andains G1 et G2 suite aux retournements du 21 août (G1R4 et G2R1) et du 6 septembre G1R7 et G2R2) 2001	132
Figure 6-25	Évolution du flux d'odeur des andains G1 et G2 suite aux retournements du 21 août (G1R4 et G2R1) et du 6 septembre (G1R7 et G2R2) 2001	132
Figure 7-1	Complexe environnemental de Saint-Michel.....	141
Figure 7-2	Cartes-réponse du soir, du matin et carte réponse spéciale ©	144
Figure 7-3	Pourcentage d'odeurs (toutes les cartes-réponses).....	146
Figure 7-4	Pourcentage d'odeurs (cartes-réponses régulières)	146
Figure 7-5	Répartition des types d'odeurs (toutes les cartes-réponses)	148
Figure 7-6	Répartition des types d'odeurs (cartes-réponses spéciales seulement)	149
Figure 7-7	Répartition des odeurs de type «autres»	150
Figure 7-8	Répartition des intensités d'odeurs perçues (toutes les cartes-réponses).....	152
Figure 7-9	Répartition des intensités d'odeurs perçues (cartes-réponses spéciales)	153
Figure 7-10	Répartition des intensités selon les types d'odeur.	154
Figure 7-11	Répartition des types d'odeurs selon les moments de la journée	155
Figure 7-12	Répartition des intensités selon les moments de la journée	156
Figure 7-13	Répartition des conditions du ciel selon les types d'odeurs	158
Figure 7-14	Répartition des observateurs percevant des types d'odeurs différents.....	160
Figure 7-15	Répartition des types d'odeurs pour la grappe I d'observateurs	162
Figure 7-16	Répartition des types d'odeurs pour la grappe II d'observateurs	162
Figure 7-17	Répartition des types d'odeurs pour la grappe III d'observateurs	163
Figure 7-18	Répartition des types d'odeurs pour la grappe IV d'observateurs.....	163
Figure 7-19	Répartition des types d'odeurs pour la grappe V d'observateurs.....	164

Figure 7-20	Effet de l'éloignement sur le nombre d'observations d'odeurs de compost et sur les intensités moyennes.	167
Figure 7-21	Exemples de simulations de la dispersion atmosphérique des odeurs.	168
Figure 7-22	Rose des vents réalisée à partir des données de Dorval (24h).....	171
Figure 7-23	Rose des vents réalisée à partir des données de Dorval (6h-9h et 16h-19h) ...	171
Figure 7-24	Rose des vents réalisée à partir des données du CESM (24h).....	172
Figure 7-25	Rose des vents réalisée à partir des données du CESM (6h-9h et 16h-19h) ...	172
Figure 7-26	Rose des observations totales	175
Figure 7-27	Rose pondérée des observations d'odeurs	175
Figure 7-28	Rose pondérée des odeurs de compost	176
Figure 7-29	Rose pondérée des odeurs de biogaz	176
Figure 7-30	Rose pondérée des odeurs d'œufs pourris	177
Figure 7-31	Rose pondérée des odeurs de déchets en putréfaction.....	177
Figure 7-32	Rose pondérée des odeurs d'égouts	178
Figure 7-33	Rose pondérée des odeurs de type autre	178
Figure 7-34	Schématisation des fluctuations des concentrations d'odeurs en fonction du temps dans l'air ambiant (Verein, 1991).....	181
Figure 7-35	Schématisation des fluctuations de concentration dans un panache odorant... ..	182
Figure 7-36	Provenance des émissions d'odeurs lors de la journée du 29 novembre	186
Figure 7-37	Exemple d'une simulation pour la comparaison entre l'Intensité déterminée par un observateur et la concentration estimée par Tropos Impact [®]	187
Figure 7-38	Correspondance entre les concentrations simulées d'odeurs de compost et les intensités déterminées par les participants.....	188
Figure 7-39	Courbe typique de concentration en fonction de l'intensité selon la loi de Stevens	189
Figure 7-40	Débits odeurs totaux libérés en fonction des heures par rapport à un retournement	191
Figure 7-41	Pourcentages des émissions d'odeurs provenant des andains en fonction des heures par rapport à un retournement.....	191
Figure 7-42	Provenance des émissions d'odeurs lors d'un retournement (émissions maximales	192
Figure 7-43	Comparaison entre les débits odeurs générés par les andains en été et en hiver.....	193
Figure 7-44	Simulation 1 heure avant le retournement.....	194
Figure 7-45	Simulation pendant le retournement.....	195
Figure 7-46	Simulation 1 heure après le retournement	195
Figure 7-47	Simulation 4 heures après le retournement.....	196
Figure 7-48	Simulation 8 heures après le retournement.....	196

Figure 7-49	Simulation 24 heures après le retournement	197
Figure 7-50	Simulation des concentrations moyennes pour la période des 10 semaines....	199
Figure 7-51	Simulation du dépassement de 1 u.o./m ³ pour la période des 10 semaines.....	200
Figure 7-52	Simulation du percentile 95 pour la période des 10 semaines.....	202
Figure 7-53	Simulations avec moyenne, dépassement de 1 u.o./m ³ et percentile 95	203
Figure 7-54	Roses des observations totales, des observations d'odeurs et des observations d'odeurs de compost.....	203
Figure 8-1	Schématisation des fluctuations de concentration dans un panache odorant. .	214
Figure 8-2	Roses des vents de Dorval et de Mirabel.....	215
Figure 8-3	Roses des classes de stabilité de Dorval et de Mirabel	217
Figure 8-4	Localisation des sources d'émissions pour le scénario 1	219
Figure 8-5	Localisation des sources d'émissions pour le scénario 2.....	219
Figure 8-6	Rose des directions pour le positionnement des sources	220
Figure 8-7	Algorithme qui présente les opérations exécutées lors des simulations	225
Figure 8-8	Zone de travail des résultats de simulation	228
Figure 8-9	Concentrations maximales du scénario 1 en zone urbaine.....	230
Figure 8-10	Concentrations maximales du scénario 1 en zone rurale	230
Figure 8-11	Concentrations maximales du scénario 2 en zone urbaine.....	230
Figure 8-12	Concentrations maximales du scénario 2 en zone rurale	230
Figure 8-13	Dépassement de 1 u.o./m ³ du scénario 1 en zone urbaine.....	232
Figure 8-14	Dépassement de 1 u.o./m ³ du scénario 1 en zone rurale	232
Figure 8-15	Dépassement de 1 u.o./m ³ du scénario 2 en zone urbaine.....	232
Figure 8-16	Dépassement de 1 u.o./m ³ du scénario 2 en zone rurale	232
Figure 8-17	Percentile 95 pour le scénario 1 en région urbaine.....	234
Figure 8-18	Percentile 95 pour le scénario 1 en région rurale.....	234
Figure 8-19	Percentile 95 pour le scénario 2 en région urbaine.....	234
Figure 8-20	Percentile 95 pour le scénario 2 en région rurale.....	234
Figure 8-21	Percentile 98 pour le scénario 1 en région urbaine.....	236
Figure 8-22	Percentile 98 pour le scénario 1 en région rurale.....	236
Figure 8-23	Percentile 98 pour le scénario 2 en région urbaine.....	236
Figure 8-24	Percentile 98 pour le scénario 2 en région rurale.....	236
Figure 8-25	Percentile 99,5 pour le scénario 1 en région urbaine.....	238
Figure 8-26	Percentile 99,5 pour le scénario 1 en région rurale.....	238
Figure 8-27	Percentile 99,5 pour le scénario 2 en région urbaine.....	238
Figure 8-28	Percentile 99,5 pour le scénario 2 en région rurale.....	238

Figure 9-1	Vue aérienne du CESM.....	244
Figure 9-2	Installation temporaire du nez électronique au CESM (mai 2002)	246
Figure 9-3	Système d'échantillonnage utilisé pour le prélèvement de l'odeur de compost	247
Figure 9-4	Table d'olfactométrie utilisée pour déterminer la concentration odeur	248
Figure 9-5	Évolution temporelle des signaux émis par les capteurs d'odeur suite à l'exposition du nez électronique à une odeur de compost.....	249
Figure 9-6	Réponse d'un capteur d'odeur en fonction de la concentration odeur de biogaz.....	250
Figure 9-7	Réponse d'un capteur d'odeur en fonction de la concentration odeur de compost.....	251
Figure 9-8	Quantification de l'odeur de biogaz du CESM à l'aide d'un réseau artificiel de neurones	253
Figure 9-9	Quantification de l'odeur de compost du CESM à l'aide d'un réseau artificiel de neurones	253
Figure 9-10	Simulation de la dispersion atmosphérique des odeurs provenant des andains de compostage du CESM	255

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1	Composés spécifiquement identifiés ou associés aux odeurs provenant d'activités de compostage ⁽¹⁾	12
Tableau 3-2	Proportion de soufre dans diverses matières résiduelles utilisées pour compostage.....	13
Tableau 3-3	Proportion d'azote dans diverses matières résiduelles utilisées pour compostage.....	14
Tableau 3-4	Valeurs limites visées, mécanismes de contrôle et outils de mesure utilisés pour la régulation des paramètres du compostage	21
Tableau 3-5	Temps correspondant aux percentiles	27
Tableau 3-6	Temps correspondant aux pourcentages annuels d'heures durant lesquelles une odeur est perçue	29
Tableau 3-7	Dimensions des colonnes à jet.....	37
Tableau 5-1	Exemples de limites d'odeur utilisées aux États-Unis	59
Tableau 5-2	Exemples de réglementations nord-américaines pour le contrôle d'émission d'odeur issues d'activités de compostage	62
Tableau 5-3	Réglementations européennes sur les émissions d'odeur issues du compostage.....	72
Tableau 5-4	Méthodes de détermination de l'impact odeur.....	74
Tableau 5-5	Valeurs limites d'immission	74
Tableau 5-6	Distances séparatrices et valeurs limites	77

Tableau 5-7	Hauteur d'émissions et débits d'odeur	77
Tableau 5-8	Nombre d'incidents d'impacts d'odeur à certains points récepteurs selon divers scénarios de réduction des odeurs étudiées à l'aide de la modélisation..	81
Tableau 5-9	Sommaire des études de cas.....	85
Tableau 5-10	Tableau comparatif des différentes techniques utilisées dans le but de réduire les odeurs sur un site de compostage italien	86
Tableau 5-11	Répartition des émissions d'odeurs au site selon les différentes sources	88
Tableau 6-1	Caractéristiques des essais de compostage de feuilles et de gazon réalisés. .	104
Tableau 6-2	Principales sources et taux d'émission d'odeurs au site du CESM.....	111
Tableau 6-3	Âge des andains F1, F2 et F3 et nombre de retournements effectués lors des campagnes d'échantillonnage du 19 décembre et du 16 janvier	121
Tableau 6-4	Résultats d'analyses chimiques des feuilles prélevées des andains F1, F2 et F3	122
Tableau 6-5	Âge des andains G1 et G2 et nombre de retournements effectués lors des campagnes d'échantillonnage du 21 août et du 6 septembre 2001	128
Tableau 6-6	Résultats d'analyses chimiques des matières prélevées des andains G1 et G2	130
Tableau 7-1	Répartition des cartes-réponses recueillies	145
Tableau 7-2	État physique des observateurs.....	147
Tableau 7-3	Fréquence d'observations des types d'odeurs pour les cartes-réponses régulières.....	147
Tableau 7-4	Équivalence entre l'échelle numérique d'intensité et la perception olfactive.....	151
Tableau 7-5	Fréquences d'observations des intensités d'odeurs pour les observations	151
Tableau 7-6	Fréquences d'observations des intensités d'odeurs pour les observations	151
Tableau 7-7	Distribution des intensités identifiées pour les observations d'odeurs de compost.....	152
Tableau 7-8	Distribution des observations d'odeurs de compost selon les intensités déterminées.....	153
Tableau 7-9	Influence des conditions atmosphériques sur les odeurs perçues.....	157
Tableau 7-10	Influence des conditions du vent sur les odeurs perçues.....	159
Tableau 7-11	Correspondance entre les intensités du vent déterminées par les observateurs et les mesures réelles de vitesses.....	159
Tableau 7-12	Correspondances entre les intensités des odeurs de compost perçues par les observateurs et les concentrations simulées avec Tropos Impact®	188
Tableau 8-1	Quantités de matières reçues et principales modalités d'opération, considérées pour les scénarios de modélisation.....	212
Tableau 8-2	Fréquence d'occurrence des vents dominants pour Mirabel.....	216
Tableau 8-3	Fréquence d'occurrence des vents dominants pour Dorval	216
Tableau 8-4	Description des sources d'émissions	218

Tableau 8-5	Caractéristique des sources surfaciques du scénario 1	222
Tableau 8-6	Caractéristiques des sources surfaciques du scénario 2	223
Tableau 8-7	Caractéristiques des sources ponctuelles des scénarios 1 et 2.....	223
Tableau 9-1	Taux de reconnaissance des odeurs.....	252

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 6.1	Échantillonnage de l'air à l'aide de la chambre Odoflux ^{MC}	105
Photo 6.2	L'andain G2 devant et le G1 derrière, après 24 jours de compostage (6 sep. 2001)	129

1.0 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE

Depuis que le gouvernement provincial a rendu publique la « *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998–2008* », la gestion des résidus putrescibles au Québec, selon les filières de la récupération et la valorisation ira en augmentant de façon importante au cours des prochaines années. Les municipalités sont affectées directement par les enjeux de la « *Politique 1998-2008* »; elles doivent dès maintenant non seulement souscrire à la « *Politique 1998-2008* » mais aussi enclencher les pratiques qui y sont préconisées.

Considérant que l'objectif de la « *Politique 1998-2008* » est de mettre en valeur 60 % des résidus putrescibles générés par le seul secteur municipal, c'est environ 763 000 tonnes de ces résidus qui devront être récupérées d'ici 2008. Il s'agit de neuf (9) fois plus de résidus putrescibles que les 84 000 tonnes qui furent récupérées en 2002 à des fins de valorisation par le compostage (données tirées du *Bilan 2002 sur la gestion des matières résiduelles du Québec de Recyc-Québec*).

Qu'il s'agisse de sites de compostage existants ou de l'implantation de nouveaux sites, les exploitants devront être à même de gérer un accroissement des tonnages de résidus putrescibles jusqu'en 2008. Par ailleurs, toutes les installations de compostage devront être exploitées selon des pratiques qui soient respectueuses de l'environnement et des communautés avoisinantes afin de susciter l'acceptation inconditionnelle du compostage comme technique de valorisation des résidus putrescibles et de favoriser le développement viable de cette industrie.

Même si l'industrie du compostage est relativement bien implantée au Québec, les nuisances liées aux odeurs et la récurrence des événements d'odeurs pour les populations riveraines demeurent réelles. Dans ce contexte, la gestion adéquate des odeurs, associées au compostage et à ses nuisances réelles ou potentielles, repose non seulement sur la connaissance des facteurs de production des odeurs ou sur celle des techniques de détection, de prévention et de contrôle des nuisances, mais aussi sur la maîtrise des conditions qui favorisent le compostage des résidus putrescibles et des outils qui permettent de bien exploiter la technique.

Le compostage au Québec connaîtra donc un essor durant les prochaines années afin de répondre à l'objectif de mise en valeur de 60 % des résidus putrescibles municipaux. De l'avis des spécialistes dans le domaine de la gestion des résidus putrescibles, le contrôle et la prévention des nuisances causées par les odeurs constituent un des grands défis qu'ont et auront à relever les exploitants de sites de compostage.

Déjà, la réglementation adoptée par plusieurs états américains et pays européens exige la mise en place de plans de prévention, de contrôle et d'atténuation des nuisances des exploitations de compostage ainsi que le respect de zones de protection entre les sites de compostage et les utilisations du sol riverain. Les outils, les techniques et les solutions existent pour mieux gérer les

nuisances causées par les odeurs; ils ont démontré leur efficacité dans des secteurs industriels variés. Toutefois, leur application au domaine du compostage n'est pas commune et peu connue au Québec.

Le Service des travaux publics et de l'environnement de la VILLE DE MONTRÉAL, la firme SOLINOV inc. et l'entreprise ODOTTECH inc. ont proposé de relever le défi. L'équipe tripartite a réalisé le projet suivant intitulé: «*Projet de recherche et de démonstration sur la mesure, la prévention et le contrôle, la prévision, la surveillance et la détection des odeurs liées aux opérations de compostage*». Le projet fait appel à l'expertise et à l'expérience des trois équipes; il s'inscrit directement dans le prolongement d'activités de collaboration menées antérieurement pour gérer adéquatement les nuisances associées aux opérations de compostage du site de compostage de la Ville de Montréal.

1.2 CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

La Ville de Montréal est gestionnaire d'un site de compostage de résidus putrescibles attenant au lieu d'enfouissement sanitaire du Complexe environnemental de Saint-Michel (CESM). Le site de compostage d'une capacité de 12 000 tonnes fait partie intégrante d'un groupe d'installations de gestion des matières résiduelles. Outre les opérations du lieu d'enfouissement sanitaire, le site de compostage côtoie un centre de récupération des matières recyclables, une usine de valorisation des biogaz, un éco-centre et des activités intenses de concassage de pierre, de béton et de roc et de déchiquetage de résidus de bois.

Le CESM occupe toute la superficie de l'ancienne carrière Miron; il est localisé au centre du territoire de la ville et au coeur d'un voisinage résidentiel des districts municipaux de Saint-Sulpice et de Saint-Michel. Le plan de développement du site est déjà amorcé avec la venue de nouvelles infrastructures sur le pourtour du CESM : le siège social du Cirque du Soleil, un supermarché MAXI et une quincaillerie Canadian Tire. Un parc linéaire ceinturera bientôt le CESM et un centre d'expertise sur les matières résiduelles y a déjà vu le jour.

L'équipe tripartite formée de la VILLE DE MONTRÉAL, SOLINOV inc. et ODOTTECH inc. a proposé ce projet de recherche et de démonstration afin d'implanter, de valider scientifiquement et de vérifier socialement un programme complet de mesure, de prévention et de contrôle, de prévision, de surveillance et de détection des odeurs potentielles provenant des opérations du site de compostage du CESM. Le compostage au site du CESM est effectué selon la technique de l'andainage, largement utilisée au Québec et en Amérique du Nord pour ce type de résidus.

L'étude visait à réaliser, à travers une recherche documentaire, la revue de certains outils et approches éprouvés afin d'en démontrer l'efficacité et l'utilité pour la mesure, la prévention et le contrôle, la prévision, la surveillance et la détection des odeurs liées aux opérations de compostage. L'équipe chargée de sa réalisation a révisé les différents outils normatifs ou réglementaires pertinents qui encadrent l'implantation et l'exploitation de sites de compostage du point de vue du contrôle et de la surveillance des nuisances d'odeurs perçues par les populations avoisinantes.

Le projet mis en action au site de compostage du CESM pourra être appliqué autant à des installations déjà opérationnelles que potentielles. Il met de l'avant un modèle de suivi environnemental qui permet de mesurer, prévenir et contrôler, surveiller et détecter la dispersion des odeurs à toutes les heures du jour et d'en prédire les incidences pour les jours qui viennent.

1.3 ÉTAPES DU PROJET

La première étape correspond à la partie recherche du projet proposé. Elle comprend une revue de la littérature sur le contexte réglementaire applicable à l'émission d'odeurs liées à des opérations de compostage et sur des applications pratiques qui démontrent l'utilisation d'outils de prévention et de contrôle, de surveillance et de détection des odeurs liées à des activités de compostage. Cette première étape correspond à la PARTIE A du document constituée des chapitres 2 à 5.

PARTIE A Revue de la littérature

Elle présente :

- 1) sommairement, l'état des connaissances scientifiques et techniques sur les odeurs associées au compostage, les techniques et les approches disponibles pour mesurer, prévenir, contrôler et détecter ces odeurs et leurs nuisances potentielles, dans un contexte d'exploitation de sites de compostage à grande échelle ;
- 2) des approches réglementaires pertinentes, en application hors du Québec, qui encadrent l'implantation et l'exploitation de sites de compostage du point de vue des nuisances d'odeurs pour le voisinage, et ;
- 3) des études de cas sur l'efficacité et l'utilité de techniques et d'approches de prévention et de contrôle d'odeurs; ces études s'adressent autant à l'opération et à l'expansion de sites existants, au diagnostic et à la résolution de problèmes qu'à l'implantation de nouveaux sites.

La deuxième étape du projet en est une de démonstration. La deuxième étape correspond aux PARTIES B, C, D ET E, soit les chapitres 6, 7, 8 et 9 respectivement. Le but principal de cette étape consistait à démontrer l'utilité et l'efficacité de divers outils de mesure, de prévention et de contrôle, de prévision, de surveillance et de détection, existants et en développement, dans un contexte d'exploitation d'un site de compostage à grande échelle.

Cette étape dite de démonstration a principalement été réalisée au site de compostage de la Ville de Montréal. Les outils étudiés dans ce projet ont été mis à l'épreuve durant certaines phases déterminantes du processus de compostage qui sont les plus susceptibles de générer des odeurs.

PARTIE B : Contrôle des paramètres du compostage en andains de feuilles et de gazon et impact sur l'émission d'odeurs :

Elle porte sur le contrôle du procédé de compostage en andains retournés par le suivi des principaux paramètres du compostage (température, aération, humidité, C/N) et la gestion des interventions opérationnelles pour la prévention et le contrôle des émissions d'odeurs.

PARTIE C : Surveillance des odeurs avec des citoyens voisins d'un site de compostage :

Cette partie du projet concerne la surveillance des odeurs impliquant la participation d'un groupe de résidents voisins du site de compostage du CESM de la Ville de Montréal.

PARTIE D : Étude d'impact-odeur comme outil de prévention pour le compostage :

La mesure olfactométrique des odeurs provenant de situations susceptibles de causer des nuisances et la prévision des nuisances potentielles associées à l'émission d'odeurs par l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique des odeurs fait l'objet de cette partie.

PARTIE E : Détection en temps réel des odeurs comme outil de prévention et de contrôle des odeurs :

La partie E concerne la détection et le suivi en temps réel des odeurs pour la prévision des impacts potentiels pour le voisinage à l'aide du nez électronique développé par l'entreprise Odotech inc.

PARTIE A : REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.0 MÉTHODOLOGIE DE LA REVUE

La revue de la littérature comprend la réalisation des activités suivantes :

- recherche d'informations sur des banques de données informatiques;
- consultation et analyse des documents scientifiques et techniques sélectionnés.

Les sections qui suivent présentent la revue succincte de la littérature scientifique sur ces sujets. Les banques de données *Compendex* et *Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST)* ont été privilégiées pour la recherche. Ces deux bases de données permettent de faire un tour d'horizon très large des publications scientifiques parues depuis les trente dernières années.

Pour la recherche sur la banque de donnée *Compendex* des références bibliographiques d'articles ont été sélectionnés de 2 700 périodiques et celle de l'*ICIST* a permis de tirer les articles identifiés par les tables de matières de plus de 17 000 revues. Les mots-clés utilisés pour la recherche sont donnés dans la liste qui suit (l'étoile est le symbole de troncature; à l'intérieur des parenthèses, si applicable, sont données les possibilités de mots provenant de cette troncature) :

- compost* (compost, compostage, composting);
- odo* (odor, odors, odour, odours);
- mask* (mask, masking);
- control;
- on-line;
- monitoring;
- electronic nose;
- mitigation;
- damping;
- attenuation;
- neutralizer.

La recherche a permis de trouver une centaine de résumés d'articles pertinents au projet de recherche et de démonstration. De ce nombre, une trentaine a été retenue pour fins de consultation et d'analyse plus détaillée. Presque tous ces articles sont en langue anglaise. Il est important de souligner que la présente section ne fait pas directement référence à tous les articles sélectionnés. Pour ce qui est de la recherche sur les produits commerciaux, tels les neutralisants d'odeurs ou les nez électroniques, le moteur de recherche *Google* sur Internet a été privilégié. Finalement, quelques ouvrages de référence ont été utilisés.

3.0 PRÉVENTION, CONTRÔLE ET SURVEILLANCE DES ODEURS

3.1 LES ODEURS LIÉES AU COMPOSTAGE

Sources d'odeurs associées au compostage

Les sources d'odeurs sont nombreuses sur un site de compostage. Elles sont principalement associées aux matières résiduelles qui y sont reçues, et aux différentes étapes de manutention et de traitement de ces matières depuis leur réception jusqu'à leur transformation en compost.

Les odeurs peuvent provenir, en plus des matières résiduelles elles-mêmes, de la rétention et du traitement des eaux usées issues du compostage, en particulier dans les systèmes de compostage aménagés en tout ou en partie sur aire ouverte. Les eaux de précipitations entrant en contact avec les résidus à composter entraînent une charge organique, potentiellement source d'odeur, qui se retrouve dans les eaux de lixiviation. Ces lixiviats, retenus à la surface du site de compostage, accumulés dans des bassins de captage ou traités sur place avant leur rejet peuvent, dans une certaine mesure, occasionner des émissions d'odeurs venant s'ajouter le cas échéant à celles provenant des résidus solides. Toutefois, ces contributions qui émanent des lixiviats ne constituent pas de façon générale, les principales sources d'odeurs associées au compostage. La présente section s'attarde donc spécifiquement aux odeurs générées par le processus de compostage.

D'origine animale ou végétale de par leur composition, la plupart des matières résiduelles destinées au compostage sont à priori, et ce à divers degrés, odorantes à leur arrivée sur un site de compostage. Ainsi, toute forme de manutention de ces résidus suivant leur arrivée sur le site est susceptible de représenter une source d'émissions d'odeurs qui est fonction de leurs caractéristiques spécifiques au moment de leur réception. Les activités de reprise, de mélange, d'agitation mécanique et toute opération préparant les résidus au processus de compostage comme tel peuvent émettre des composés odorants.

Le processus de compostage caractérisé par la transformation biologique de la matière organique conduit à la formation de divers composés chimiques. Ces composés se retrouvent dans les fractions solides, liquides et gazeuses d'une masse en compostage; certains de ces composés sont odorants et différents de ceux initialement présents dans les résidus et peuvent être libérés au cours de la biodégradation d'une substance initiale non odorante (Haug, 1995). Ce sont des composés intermédiaires de décomposition produits par l'activité biologique durant le processus de transformation, éventuellement convertis sous d'autres formes retrouvés dans les produits finaux du compostage, le compost, l'eau, le gaz carbonique et autres substances gazeuses.

Les produits de la décomposition biologique des matières organiques sont différents selon que celle-ci se déroule dans des conditions d'aérobies ou d'anaérobies. Le métabolisme anaérobie libère beaucoup plus de composés malodorants et en plus grande concentration que le métabolisme aérobie, notamment des composés sulfurés, azotés et des composés organiques volatils. Certains

composés malodorants sont également produits en aérobiose bien qu'il soit reconnu que le dégagement des odeurs nuisibles origine principalement de conditions en anaérobiose.

Les émissions d'odeurs associées au procédé de compostage peuvent être sous forme gazeuse ou particulaire (Hammond et al., 1977). Les particules peuvent fixer les composés odorants et contribuer à leur émissions et à leur propagation. L'émission de poussières et de substances gazeuses est associée particulièrement à toute opération qui implique une agitation mécanique des matières en compostage. Les substances gazeuses sont également libérées dans l'air émis d'une masse en décomposition soit sous l'effet de l'aération naturelle (ou passive), soit sous l'action d'une aération mécanique ou forcée qui induit par le biais de soufflantes l'air à travers les résidus en décomposition.

Les poussières sont associées aux dernières étapes du compostage, alors que les matières organiques ont été converties en compost, composé de particules fines et sèches. Les émissions gazeuses quant à elles sont libérées au début du processus de compostage, alors que les résidus putrescibles sont frais, humides, riches en composés très fermentescibles et volatiles, et parfois déjà odorants. Il est, de plus, reconnu que divers facteurs liés aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques résidus ainsi qu'aux diverses conditions et paramètres de contrôle du procédé de compostage soient impliqués dans la production et l'émission d'odeurs.

Principaux composés chimiques responsables des odeurs

La plupart des odeurs associées au compostage résultent de l'oxydation microbienne incomplète de la matière organique, principalement des hydrates de carbone et des protéines dans les substrats. Les hydrates de carbone contiennent du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène sous forme de glucose, cellulose et autres composés organiques, qui, sous des conditions d'anaérobies, sont rapidement décomposés par les microorganismes en produits odorants tels que les alcools, les esters, les aldéhydes et les acides organiques. Les protéines contiennent du carbone, de l'hydrogène, de l'azote, de l'oxygène et du soufre et sont responsables de la production de composés odorants comme l'ammoniac, les amines et les mercaptans. Les composés odorants les plus souvent associés au compostage sont des acides gras, des composés azotés, des composts soufrés, des cétones, des aldéhydes et des composés aromatiques.

Les précurseurs de ces composés odorants sont abondants dans les divers résidus organiques traités par compostage. Les principaux sont les hydrates de carbone, les protéines et les acides aminés. Les odeurs sont présentes dans certains résidus avant même leur compostage; ceux contenant une fraction élevée de matière organique facilement biodégradable et riches en azote (C/N faible) fermentent rapidement et sont souvent malodorants à leur arrivée au site de compostage. C'est le cas des boues municipales peu ou pas digérées, des fumiers et lisiers de boues d'abattoirs ou de boues secondaires de papetières avec peu ou pas de litière, des résidus alimentaires et des rognures de gazon accumulées pendant plusieurs jours dans des sacs de plastique.

Toutefois, c'est surtout la fermentation (décomposition en absence d'oxygène) qui provoque une oxydation incomplète de la matière organique par les microorganismes à laquelle on associe de nombreux composés malodorants.

La plupart des résultats de caractérisations chimiques des odeurs rapportées dans la littérature durant les années 1990 concernent le compostage des boues de stations d'épuration des eaux usées municipales auxquelles sont notamment associés des composés sulfurés tels les sulfides et les thiols, responsables d'une odeur distincte à des seuils très bas. Dans une étude réalisée sur le compostage en piles statiques aérées de boues municipales, Fisher et al. (1986) concluent que les composés tels que le diméthyl sulfide, diméthyl disulfide, diméthyl trisulfide, disulfide de carbone et le benzothiazole, étaient la principale source d'odeur produite par les émissions du procédé. Dans une autre étude sur le compostage en piles statiques aérées de boues, Hentz et al. (1992) ont trouvé, que malgré la présence d'autres composés, le diméthyle disulfide constituait le composé odorant dominant.

L'ammoniac (NH_3) a reçu aussi une attention particulière du fait qu'elle peut se distinguer facilement des autres composés odorants du procédé, et qu'elle se dégage dans certains cas en quantités importantes. Selon Witter et Lopez-Real (1998), jusqu'à la moitié de l'azote est volatilisé sous forme d'ammoniac durant le compostage de résidus azotés, tels que les boues municipales. De même, Knoodsma (1987) a noté la volatilisation de 4,47 kg d'ammoniac par tonne humide (42,6 % d'humidité) durant le compostage de fumiers de volaille.

Les acides gras volatils représentent aussi une classe importante des composés odorants, produits habituellement durant la décomposition des matières végétales (Lynch et al, 1980). Ils se caractérisent par une odeur nauséabonde même à de bas niveaux. La plupart des composés identifiés comme étant potentiellement associés au compostage sont listés au Tableau 3-1. L'odeur caractéristique et le seuil de détection d'odeur tels que rapportés dans la littérature et rapportés par Miller (1992) sont fournis à titre indicatif au Tableau 3-1

Tableau 3-1 Composés spécifiquement identifiés ou associés aux odeurs provenant d'activités de compostage ⁽¹⁾

COMPOSÉ ODORANT	QUALITÉ DE L'ODEUR	SEUIL DE DÉTECTION ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁽²⁾	
		BAS	HAUT
Composés soufrés			
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	Œufs pourris	0,7	14
Oxysulfure de carbone (COS)	Âcre	⁽³⁾	⁽³⁾
Disulfure de carbone (CS ₂)	Sucré	24,3	23 000
Sulfure de diméthyle	Choux pourris	2,5	50,8
Disulfure de diméthyle	Soufré	0,1	346
Trisulfure de diméthyle	Soufré	6,2	6,2
Méthanethiol	Soufré	0,04	82
Éthanethiol	Soufré, terreux	0,032	92
Composés azotés			
Ammoniac (NH ₃)	Aigu	26,6	39 600
Aminométhane	Poisson, âcre	25,2	12 000
Diméthylamine	Poisson	84,6	84,6
Triméthylamine	Poisson, âcre	0,8	0,8
3-Méthylindole (skatole)	Fécales, chocolatés	4,0 X 10 ⁻⁵	268
Acides gras volatils			
Acide formique	Apre	45,0	37 800
Acide acétique	Vinaigre	2,500	250 000
Acide propionique	Rance	84,0	60 000
Acide butyrique	Rance	1,0	9 000
Acide valérique	Déplaisant	2,6	2,6
Acide isovalérique	Fromage, rance	52,8	52,8
Cétones			
Acétone	Sucré, menthe	47 500	1 610 000
Butanone	Sucré, acétone	737	147 000
2-pentanone	Sucré	28 000	45 000
Autres composés (aldéhydes, aromatiques)			
Benzothiazole	Pénétrante	442	2 210
Ethanane (acétaldéhyde)	Sucré	0,2	4 140
Phénol	Médicinal	178	2 240

(1) Adapté de Miller (1992).

(2) Données citées par Miller (1993), provenant de Ruth (1986); Derikx et al. (1990); Miller et al. (1991); Fisher et al. (1986); Chanyasak et al. (1982); Golueke et al. (1954); Koe and Ng (1987).

(3) Aucune valeur disponible dans la littérature.

Précurseurs et production des composés odorants

Composés soufrés :

Le soufre se trouve principalement dans la plupart des acides aminés, notamment la cystine et la méthionine, et en moindre concentration dans les autres composés organiques. Le tableau suivant présente la proportion du soufre, sur une base de poids total, dans les matières premières suivantes.

Tableau 3-2 Proportion de soufre dans diverses matières résiduelles utilisées pour compostage

MATIÈRES PREMIÈRES	SOUFRE (%)
Résidus alimentaires	0,4 %
Résidus verts	0,3 %
Papier et carton	0,2 %
Bois	0,1 %
Biosolides municipaux	0,3 – 1,2 %
Paille	0,1 – 0,22 %
Fumier	0,25 – 0,3 %
Fumier de volailles	0,56 %

Source : Tchobanoglous et al. (1977)

Parmi les composés sulfurés, on retrouve principalement le sulfure d'hydrogène ou H₂S reconnaissable par son odeur d'œufs pourris. Il peut être détecté à des niveaux aussi faibles qu'une partie par 2 x 10⁹. Produit principalement en condition anaérobie, il résulte en partie de la décomposition des protéines ou d'autres composés organiques sulfurés. Sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 1 jour (Miller, 1992).

Les mercaptans sont aussi des composés sulfurés reconnaissables pour leur odeur repoussante et exécrable. Ils sont formés à partir d'acides aminés soufrés, tant en conditions d'aérobies que d'anaérobies. La cystine et la méthionine se retrouvent parmi les précurseurs les plus importants des composés sulfurés odorants. Ces acides aminés, utilisés comme suppléments aux chaînes alimentaires des volailles pour l'amélioration du développement et de la résistance aux maladies, se retrouvent dans le fumier de volailles utilisé pour la préparation du compost utile à la culture des champignons.

La formation des composés sulfurés volatils durant la décomposition de la matière organique a été étudiée en détail par plusieurs auteurs notamment Freney et Stevenson 1966, Francis et al. 1976, Farwell et al. 1979, et beaucoup d'autres). Même sous des conditions d'aérobies, 15-50 % de méthionine décomposée se retrouve parmi les composés sulfurés volatils (Banwart et Bremmer, 1975).

Composés azotés :

L'ammoniac (NH_3) est défini comme étant la forme commune d'azote volatilisé dans l'atmosphère, produit lors de la décomposition aérobie ou anaérobie des protéines et acides aminés. Un rapport de C/N du substrat inférieur à 20-25 et un pH supérieur à 7 sont deux facteurs qui augmentent le risque de perte d'ammoniac dans l'atmosphère.

Le tableau suivant présente le pourcentage d'azote retrouvé, sur une base sèche de poids total, dans les matières premières suivantes.

Tableau 3-3 Proportion d'azote dans diverses matières résiduelles utilisées pour compostage

MATIÈRES PREMIÈRES	AZOTE (%)
Résidus alimentaires	2,6 %
Papier et carton	0,3 %
Résidus verts	3,4 %
Bois	0,1 %
Biosolides municipaux	0,8 – 5 %
Paille	0,6 %

Source : Tchobanoglous et al., (1977).

À un pH voisin de la neutralité, un équilibre s'établit entre la production d'ammoniac (NH_3 , volatile) et la production de l'ion ammonium (NH_4 , non volatile). Lorsque le pH dépasse 7 à 8 (selon les conditions), l'équilibre est perturbé et plus d'ammoniac est produit. Le seuil de détection de l'ammoniac se situe à une concentration très élevée, si bien qu'une fois libéré dans l'air ambiant, il est rapidement dilué sous le seuil de détection. L'ammoniac représente rarement une nuisance hors du site de compostage et il peut également masquer d'autres odeurs. La durée de vie de l'ammoniac dans l'atmosphère est d'environ 7 jours.

Les amines sont des dérivés de l'ammoniac produits lors de la décomposition anaérobie des protéines et des acides aminés. Elles sont caractérisées par une odeur putride et de poisson. Les polyamines sont des composés aminiques complexes stables formées durant la phase thermophile du processus.

Acides gras volatils :

Les acides gras volatils, tels que l'acide acétique, l'acide propionique, l'acide butyrique et l'acide formique sont produits lors de la décomposition de la matière organique. Ils sont présents dans l'environnement comme constituants des huiles et des graisses et sont facilement biodégradables.

L'ammoniac et les acides gras volatils sont très solubles dans l'eau et sont donc rapidement « neutralisés » par le biais des précipitations et par les végétaux où ils sont rapidement absorbés et rapidement dégradés. D'autres composés peuvent contribuer aux problèmes d'odeurs associés au compostage, mais ceux-là ont reçu moins de considération du fait de leur présence peu évidente.

Entre autres, on rapporte dans la littérature que les amines ont été associées à des problèmes d'odeurs suite à la manipulation des résidus de porc (Miner et Hazen, 1969). Les odeurs liées aux amines peuvent devenir significatives en particulier lorsque les pertes azotées sous forme aminique, représenteront 1 % des formes ammoniacales (Witter et Lopez-Real, 1987).

Autres composés odorants :

Les aldéhydes, les phénols et les esters qui sont des produits communs de la décomposition organique peuvent générer des odeurs nauséabondes de forte intensité. En effet, les phénols, produits de la décomposition des végétaux ligneux, peuvent contribuer d'une façon significative aux problèmes d'odeurs rencontrés dans la gestion des résidus produits par les bétails (O'Neill et Phillips, 1991).

Des cétones à majorité du butanone ont été identifiées par Van Durme et al. (1992) dans l'analyse des émissions émanant du système de ventilation négative de piles statiques de boues sanitaires. Ces composés sont en général peu odorants, mais peuvent le devenir en s'associant à d'autres composés à caractère nauséabond.

Les composés aromatiques tels les terpènes, limonènes, pinènes sont issus de la dégradation de la lignine donc plus abondants dans les gaz de décomposition de produits dérivés du bois (écorces, sciures et copeaux) et autres résidus ligneux. Les terpènes sont responsables de diverses fragrances des plantes; leur extraction des tissus végétaux produit des huiles essentielles.

3.2 CARACTÉRISATION DES ODEURS

Dans l'optique où des mesures de contrôle efficaces des odeurs doivent être mises en place, il est parfois nécessaire de caractériser les composés responsables d'odeurs liées à des activités de compostage. La caractérisation permet aux gestionnaires des opérations de compostage de faciliter le diagnostic d'un problème d'odeurs et d'identifier des modifications nécessaires concernant les stratégies, méthodes ou techniques de compostage utilisées.

Pour bien comprendre ce dont il est question il est important de faire la distinction entre l'odeur et les composés odorants qui la constituent. Cette distinction est importante puisque les deux grandes classes de techniques de mesure des odeurs s'appuient sur l'un ou l'autre de ces concepts. Ainsi, la méthode traditionnelle de l'olfactométrie, dite de mesure sensorielle, repose exclusivement sur la perception de l'odeur par un jury de sujets humains. À l'opposé, les techniques de mesure analytique s'appuient sur la séparation des odorants de l'odeur afin d'en identifier et quantifier chaque composantes chimiques.

Les auteurs s'entendent habituellement sur quatre dimensions de l'odeur, soit la concentration, l'intensité, le caractère et le ton hédonique. La concentration de l'odeur est une mesure physique de l'odeur, faisant l'objet d'unité de mesure (unité-odeur/m³) et dont la dispersion peut être modélisée. L'intensité fait référence à la magnitude de la sensation que procure la perception de l'odeur. Le

caractère de l'odeur est ce qui la rend reconnaissable par rapport aux autres odeurs, tel la saveur pour les aliments. Le ton hédonique est le niveau d'appréciation, donc du plaisir, du sujet par rapport à l'odeur perçue.

3.3 MÉTHODE DE CONTRÔLE DES PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE

La production et l'émission d'odeurs au cours du processus de décomposition qu'est le compostage est certainement le problème le plus commun de ce type d'activités. Les mécanismes de production des odeurs associés aux procédés de traitement biologique des résidus organiques ont fait l'objet de nombreuses recherches au cours des dernières décennies.

Durant les premières phases du compostage, les odeurs se retrouvent essentiellement sous forme de gaz, les matières étant initialement à teneur élevée en humidité (supérieur à 60%) ce qui limite la libération de poussières. Un gaz odorant est la plupart du temps constitué d'un mélange complexe de diverses substances volatiles rendant la caractérisation des odeurs et l'identification des composés responsables de celles-ci difficiles.

Toutefois, les principaux facteurs responsables de la production d'odeurs au cours du processus de compostage et d'autres procédés de traitement biologique aérobie sont relativement bien connus et similaires. En effet, il est généralement reconnu que les facteurs associés au maintien de conditions aérobies dans une masse en compostage, au maintien d'une température interne limitant les pertes gazeuses, et aux diverses caractéristiques physico-chimiques initiales des substrats sont à l'origine de la production d'odeurs.

Ainsi, il importe au départ de constituer un mélange de matières organiques de façon à:

- Créer l'équilibre nutritif nécessaire au processus biologique de dégradation et rétablir des conditions susceptibles de défavoriser la production d'odeurs, notamment le rapport carbone/azote et la biodégradabilité des substrats, la teneur en eau et le pH (ex : l'alcalinité conduit à des pertes d'azote ammoniacal).
- Donner une structure et une porosité au mélange pour permettre la diffusion adéquate de l'oxygène interstitiel dans les espaces lacunaires.

Par la suite, c'est-à-dire au cours du procédé de décomposition de la matière organique, la production d'odeurs est limitée par le contrôle des paramètres du compostage qui sont :

- Le taux d'oxygène lacunaire : plus le niveau d'oxygène dans une masse en compostage s'éloigne de celui de l'air ambiant (20,9 %), plus le potentiel de production de composés odorants est élevé.
- La température : plus elle s'élève dans la zone de températures thermophiles, plus la volatilisation de composés odorants est favorisée.

- La porosité : une porosité adéquate et homogène est nécessaire à la circulation de l'air pour permettre le renouvellement de l'oxygène interstitiel.
- L'humidité : lorsqu'en excès, elle réduit la porosité et peut causer l'anaérobiose.
- Le pH : lorsque dans certains cas le pH est au-delà de la neutralité, il peut contribuer à libérer l'azote sous forme ammoniacale.

L'équilibre nutritif initial

Un ensemble de conditions initiales doivent être établies dans les résidus putrescibles à composter de façon à favoriser leur dégradation biologique conformément aux objectifs spécifiques que nécessite un procédé de compostage donné. C'est l'étape de conditionnement initial et elle est fonction bien sûr des caractéristiques de départ des résidus compostés, mais aussi des méthodes de contrôle utilisées plus tard, au cours du procédé de compostage.

Le carbone et l'azote sont des éléments majeurs et leurs proportions sont critiques dans le mélange de résidus putrescibles à composter. En phase de décomposition aérobie, les micro-organismes consomment de 15 à 30 fois plus de carbone que d'azote. Le rapport C/N optimal lors du mélange varie de 25 à 40 selon le type de substrat. Par contre, si le rapport C/N du matériel à composter est faible, aux alentours de 10, la vitesse de compostage est contrôlée par la teneur en carbone disponible; et l'excès d'azote est alors perdu volatilisé/perdu sous forme d'ammoniac, ce qui se traduit par une production désagréable d'odeurs.

Selon Stevenson (1982), le ratio de C/N/S des fractions organiques stables tel que l'humus est approximativement de l'ordre de 100 :7 :1. Dans le cas où les concentrations d'azote et de soufre sont beaucoup plus importantes que celles ci-dessus indiquées, il en résulte la formation d'ammoniac et de composés sulfurés odorants.

Dans le cas des fumiers de volailles, à titre d'exemple, le ratio de C/N/S peut avoir la valeur de 100/18/2. mais durant le processus de décomposition ils perdent des quantités importantes de composés sulfurés comparativement à des fumiers qui ont un ratio plus élevé de C/S (Banwart et Bremner, 1985). Avec un tel ratio d'azote, on constate également des pertes importantes d'ammoniac par volatilisation. Hansen et al. (1989) ont enregistré dans le compostage du fumier de volailles, des pertes cumulatives de 1,83 g/kg de matières sèches initiales de NH₃-N pendant 14 jours pour un ratio de C/N de 20, comparé à 5,61 g/kg pour un rapport de C/N de 15. Selon Willson (1989), un ratio de C/N inférieur à 15 peut mener à des problèmes d'odeurs causés par des pertes d'ammoniac, mais des ratios plus près de 30/1 préviennent généralement les problèmes d'odeurs.

Le taux d'oxygène lacunaire

L'oxygène représente l'élément déterminant non seulement du déroulement du procédé métabolique de compostage mais aussi de la nature et de la concentration des produits résultants. Il peut pénétrer dans la masse du compost, soit passivement ou par l'intermédiaire d'une ventilation

active. Cette dernière fournit l'oxygène à l'atmosphère interstitiel et est complétée par la diffusion qui transporte l'oxygène aux agrégats organiques à composter.

Étant donné que la diffusion du gaz est 10 000 fois plus lente dans l'eau que dans l'air, l'épaisseur du film d'eau entourant les agrégats organiques joue un rôle déterminant du stade d'évolution du compost. C'est ainsi qu'une activité anaérobie peut se reproduire même si l'oxygène interstitiel est présent (Miller 1989, Pel et al. 1991). Cette anaérobiose se manifeste aussi lorsque le diamètre des particules devient important laissant le centre de ces agrégats en anaérobie, même en présence d'oxygène interstitiel. De même, la structure physique de la masse en compostage affecte grossièrement le transfert du gaz. Cette diffusion est fonction de la distance parcourue par unité de temps.

L'insuffisance en oxygène d'un mélange de résidus inadéquatement structurés aboutit à la formation d'odeurs, au même titre que des composés organiques réduits, spécialement des sulfures (Deriky et al., 1990) et des acides organiques volatils (Miller et al., 1991) sont produits. Le compostage de ces mêmes matériaux sous des conditions aérobies (sans limitation d'oxygène) diminue les odeurs par la réduction de plus de 90 % des composés sulfurés des émissions (Deriky et al., 1991).

L'ammoniac est en fait une exception du fait que les pertes volatilisées sont plus importantes en phase aérobie. En effet, sous les conditions d'anaérobies, la formation de l'acide organique diminue le pH et l'ion ammonium NH_4^+ non volatile est formé malgré que le pH tend souvent à devenir alcalin sous les conditions d'aérobiose, déplaçant l'équilibre envers la formation de l'ammoniac volatil (Witter et Lopez-Real 1989, Kirchman et Witter 1989, Miller et al., 1991).

Plusieurs auteurs s'entendent pour dire que l'aérobiose est maintenue à un niveau d'oxygène lacunaire supérieur à 6%. Ainsi lorsque ce taux s'abaisse à moins de 6%. L'anaérobiose est dominante et les points de la fermentation sont prédominants par rapport à ceux de la respiration. À l'opposé, on peut considérer qu'au-dessus de 16%, l'aérobiose domine largement.

La température

Selon MacGregor et al. (1981), le maintien de la température de la masse du compost aux alentours de 60°C réduit la production d'odeurs durant le compostage. La réduction des odeurs à de faibles températures est généralement attribuée à une utilisation aérobie rapide des composés volatils intermédiaires (Finstein et al., 1986). D'autre part, la libération des odeurs à des températures élevées est due à plusieurs facteurs dont l'élévation de la tension de vapeur.

Deriky et al. (1991) rapportent que la formation des composés sulfurés, spécialement le disulfide de carbone et le diméthyl disulfide croît avec l'élévation de la température et elle serait moins importante en deçà de 70°C. Le contrôle approprié de la température peut limiter la libération d'odeurs présentes dans une masse en compostage, puisqu'elles sont plus facilement volatilisées à des températures excédant 60°C (Stentiford, 1992).

Plusieurs facteurs, notamment la température, la concentration d'oxygène, le pH et le rapport C/N, influencent le métabolisme microbien. Selon Strom (1985), la température joue un rôle déterminant

dans la diversité des espèces microbiennes qui diffèrent entre-elles selon leur capacité d'assimilation. Cette situation peut affecter par la suite la production et l'accumulation des composés odorants intermédiaires issus de la métabolisation. Par exemple, les champignons peuvent assimiler 30-40 % du carbone métabolisable, comparativement aux bactéries aérobies, assimilant à 5-10 %, et aux bactéries anaérobies, 2-5 % (Alexander, 1977). Les champignons ont démontré leur efficacité à assimiler des sources complexes du carbone, comme la cellulose et la lignine, jusqu'au moment critique où la température augmente au-dessus de 55°C (Bagstam, 1978, Nakasaki et al., 1985).

Les paramètres du compostage sont le plus souvent intimement liés entre eux; aussi, un compromis est le plus souvent nécessaire pour établir les valeurs optimales de chacun des paramètres. En fait, l'établissement initial et le maintien d'une porosité appropriée sont primordial au maintien des conditions aérobies dans une masse en compostage tout au long du processus. De plus, le contrôle du taux d'oxygène lacunaire et de la température est possible grâce au maintien d'une porosité adéquate. Le contrôle de l'ensemble de ces paramètres est réalisé par différentes méthodes que constitue le procédé de compostage.

Il importe donc de contrôler les variables déjà mentionnées selon les objectifs et priorités établies pour chacun des stades d'évolution du processus de dégradation, de façon à rencontrer les contraintes de temps de rétention, les exigences de prévention des nuisances et de qualité du compost. Le contrôle de l'ensemble de ces paramètres est réalisé par différentes méthodes qui constituent le procédé de compostage. Parmi ces méthodes, on peut citer l'aération et l'agitation mécanique ou les retournements.

L'aération

L'aération peut être fournie naturellement, mécaniquement ou par insufflation d'air forcé à travers les résidus en compostage. L'agitation mécanique ou retournement facilite la diffusion de l'air en restructurant la masse des résidus. L'aération naturelle est dictée par la porosité, la structure et la configuration des résidus en décomposition (forme des tas). La ventilation naturelle se fait lentement et même lorsque combinée aux retournements mécaniques, elle ne parvient pas toujours à atteindre les objectifs visés.

On peut renouveler plus efficacement l'oxygène, assécher davantage les matières et mieux contrôler la température au cours du compostage en ayant recours à un mode d'aération forcée. La performance d'un système de ventilation dépend notamment de la porosité du mélange et se traduit par l'efficacité à maintenir une grande population de micro-organismes, à subvenir à leur besoin en oxygène et à maintenir une température adéquate et optimale.

L'agitation mécanique ou retournement

L'agitation mécanique durant le compostage remplit diverses fonctions : le fractionnement, le mélange, l'homogénéisation et le soulèvement des matières. Ces actions ont pour effet de faciliter le passage de l'air dans la masse, de redistribuer les microorganismes, l'humidité, les nutriments et d'exposer de nouvelles surfaces à l'attaque microbienne.

L'agitation favorise l'aération d'une façon temporaire et chasse les excès de chaleur et de vapeur d'eau. Par contre, elle ne constitue pas un apport permanent en oxygène puisque l'épuisement de l'oxygène peut survenir quelques heures après l'agitation. Théoriquement, l'agitation devrait être continue afin d'optimiser les avantages qu'elle procure.

Le retournement ne peut en aucun cas remplacer la ventilation forcée lorsque celle-ci est nécessaire et ne peut que la compléter. Il contribue à accélérer la vitesse de décomposition et peut certainement contrer en partie le caractère hétérogène de certains types de résidus, tels les résidus alimentaires et horticoles divers de provenance résidentielle.

Tableau 3-4 Valeurs limites visées, mécanismes de contrôle et outils de mesure utilisés pour la régulation des paramètres du compostage

PARAMÈTRES	VALEURS LIMITES VISÉES	ÉTAPE OÙ CES VALEURS LIMITES S'APPLIQUENT	MÉCANISMES DE CONTRÔLE	OUTILS DE MESURE	CAUSE POSSIBLE DE PRODUCTION D'ODEUR
Oxygène	$6\% < O_2 \leq 21\%$	➤ Compostage	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aération forcée (durée, intensité) ➤ Retournement des matières ➤ Limitation de la hauteur de piles ➤ Maintien d'une humidité optimale 	➤ Oxymètre	$O_2 < 6\%$
Température	$55^\circ\text{C} \leq T^\circ \leq 60^\circ\text{C}$	➤ Phase de décomposition rapide thermophile du compostage	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aération forcée (durée, intensité) ➤ Retournement des matières ➤ Réduction de la taille des andains ➤ Ajustement de l'équilibre nutritif C/N afin de ralentir l'activité biologique 	➤ Thermomètre à cadran	$35^\circ\text{C} < T > 60^\circ\text{C}$
	$40^\circ\text{C} \leq T^\circ \leq 50^\circ\text{C}$	➤ Stabilisation			
	$35^\circ\text{C} \leq T^\circ \leq 40^\circ\text{C}$	➤ Maturation			
Teneur en eau (TEE)	50% - 65%	➤ Conditionnement initial des matières	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Choix des intrants ➤ Choix de la technologie de compostage 	➤ Mesure de la perte d'eau à 105°C d'un échantillon mis à l'étuve/24 h	
	50% - 60%	➤ Phase de décomposition rapide	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fréquence de retournement ➤ Dimension des andains ➤ Incorporation d'eau au moment du retournement des andains ➤ Régulation de la ventilation forcée 	➤ Mesure de la perte d'eau à 105°C d'un échantillon mis à l'étuve/24 h	
	TEE > 40% et, TEE < 60%	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Phase de maturation ➤ Entreposage et affinage du compost 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recouvrement du compost par une bâche ou l'abriter sous bâtiment ➤ Favoriser l'évaporation d'eau jusqu'à la teneur en eau visée 	➤ Mesure de la perte d'eau à 105°C d'un échantillon mis à l'étuve/24 h	
pH	$5,5 < \text{pH} < 6,5$	➤ Conditionnement des matières	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Connaissance préliminaire du pH des intrants ➤ Ajout de matières acidifiantes ou alcalinisantes 	➤ pH – mètre	$\text{pH} \geq 8$ ($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$)
	$5,5 < \text{pH} < 8,5$	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Phase de décomposition rapide ➤ Phase de maturation 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Régulation de la ventilation forcée (afin de prévenir la chute du pH) ➤ Ajout d'additifs alcalins 	➤ pH – mètre	<p>$\text{pH} < 5$ (formation de mercaptans $\text{H}_2\text{S}, \dots$)</p> <p>$\text{pH} \geq 7,5$</p>
	$6 < \text{pH} < 8$	➤ Entreposage et affinage du compost	➤ Ajout d'un agent alcalin au moment des mélanges ou avant l'ensachage du compost	➤ pH – mètre	<p>$\text{pH} < 5$</p> <p>$\text{pH} > 8$</p>

Tableau 3-4 Valeurs limites visées, mécanismes de contrôle et outils de mesure utilisés pour la régulation des paramètres du compostage

PARAMÈTRES	VALEURS LIMITES VISÉES	ÉTAPE OÙ CES VALEURS LIMITES S'APPLIQUENT	MÉCANISMES DE CONTRÔLE	OUTILS DE MESURE	CAUSE POSSIBLE DE PRODUCTION D'ODEUR
C/N	C/ N = 30/1 C/ N > 30/1 (pour des matériaux ligneux)	➤ Conditionnement initial des matières compostables	➤ Sélection et recettes des intrants	➤ Par calcul à partir de l'analyse de la teneur en matière organique et de l'azote total Kjeldhal (le N)	C/N < 20/1
Porosité	35 à 60% minimum (1) Taille des agents structurants, Ø = 25-50 mm	➤ Conditionnement initial des matières compostables	➤ Déchiquetage/broyage des matières, afin de diminuer la taille ➤ Ajout au mélange de matières granulaires	➤ Par le remplacement des espaces d'air par un volume d'eau connu ➤ Mesure de la granulométrie (tamis à mailles) des agents structurants ➤ Évaluation visuelle expérimentée	
	Masse volumique = 640 kg/m ³	➤ Phase de décomposition rapide	➤ Aération forcée ➤ Configuration physique (hauteur d'empilement des andains= 1,5 à 2,2 m) ➤ Fréquence de retournement ➤ Régulation de la teneur en eau	➤ Par la mesure de la masse volumique apparente des intrants et du mélange	MVA > 600 kg/m ³ Empilement trop haut
	35%	➤ Phase de maturation	➤ Limiter la hauteur d'empilement à moins de 24 à 27 m selon le cas ➤ Retournement des matières	➤ Porosité pré-établie lors du conditionnement ➤ Mesure de la masse volumique	H > 2,0 à 2,7 m

Sources : SOLINOV-CRIQ-CCC, 2001 et diverses sources

(1) Diffère selon les auteurs, 30-36 % minimum selon Mustin (1987), 45 à 60 % selon le US Composting Council (1994).

3.4 ÉTUDE D'IMPACT-ODEUR

Une étude d'impact odeur est conçue et préparée selon une méthode scientifique similaire à celle d'une étude d'impact sur la qualité de l'air. À l'aide de techniques et d'outils spécifiques aux odeurs, l'étude d'impact odeur fournit les informations nécessaires à l'évaluation et à l'examen des impacts d'un projet en ce qui concerne les émissions d'odeurs. Elle vise à satisfaire les exigences réglementaires en vigueur.

La section concernant les études d'impact-odeur est présentée à travers les trois thèmes suivants :

- propositions méthodologiques pour la réalisation d'étude d'impact-odeur;
- éléments essentiels et facultatifs constitutifs des études d'impact-odeur dans le contexte du compostage;
- conclusions et renseignements à obtenir d'une étude d'impact-odeur.

3.4.1 Propositions méthodologiques pour la réalisation d'étude d'impact-odeur

Deux méthodologies servent à illustrer cette sous-section, une développée par Pagé et Guy (1997), (voir liste de références) et une autre par Nicolas (2002). La Figure 3-1 présente les principales étapes de la première méthodologie de Pagé et Guy (1997).

La première étape à réaliser lors d'une étude d'impact-odeur est de définir les objectifs généraux et spécifiques à atteindre. Ceux-ci peuvent être multiples comme par exemple d'étudier l'impact d'un type d'odeur sur le voisinage, ou encore d'étudier la fréquence d'exposition du voisinage à une odeur. Dans tous les cas, la définition des objectifs à atteindre doit s'effectuer au début de l'étude et constitue la ligne directrice de celle-ci.

La caractérisation du milieu récepteur, des sources émettrices et la connaissance de la législation en vigueur constituent la seconde étape d'une étude d'impact-odeur. Les intrants à fournir dans les logiciels de dispersion atmosphérique des odeurs sont les données météorologiques issues d'une tour météorologique située préférentiellement sur le site étudié, ou dans un rayon immédiat, les caractéristiques des sources émettrices (sources surfaciques, ponctuelles, diffuses, débit-odeur à la source, coordonnées, hauteur, variabilité, etc.) et les caractéristiques des points récepteurs (milieu urbain ou rural, hauteur, coordonnées, etc.). Une bonne définition des sources émettrices est importante pour obtenir les résultats les plus représentatifs de la réalité. Également, une bonne définition de la zone d'étude ainsi que des limites de la propriété permettent de vérifier le respect des normes, lorsque applicables, pour les émissions totales à la source et pour les concentrations odeurs aux limites de la propriété.

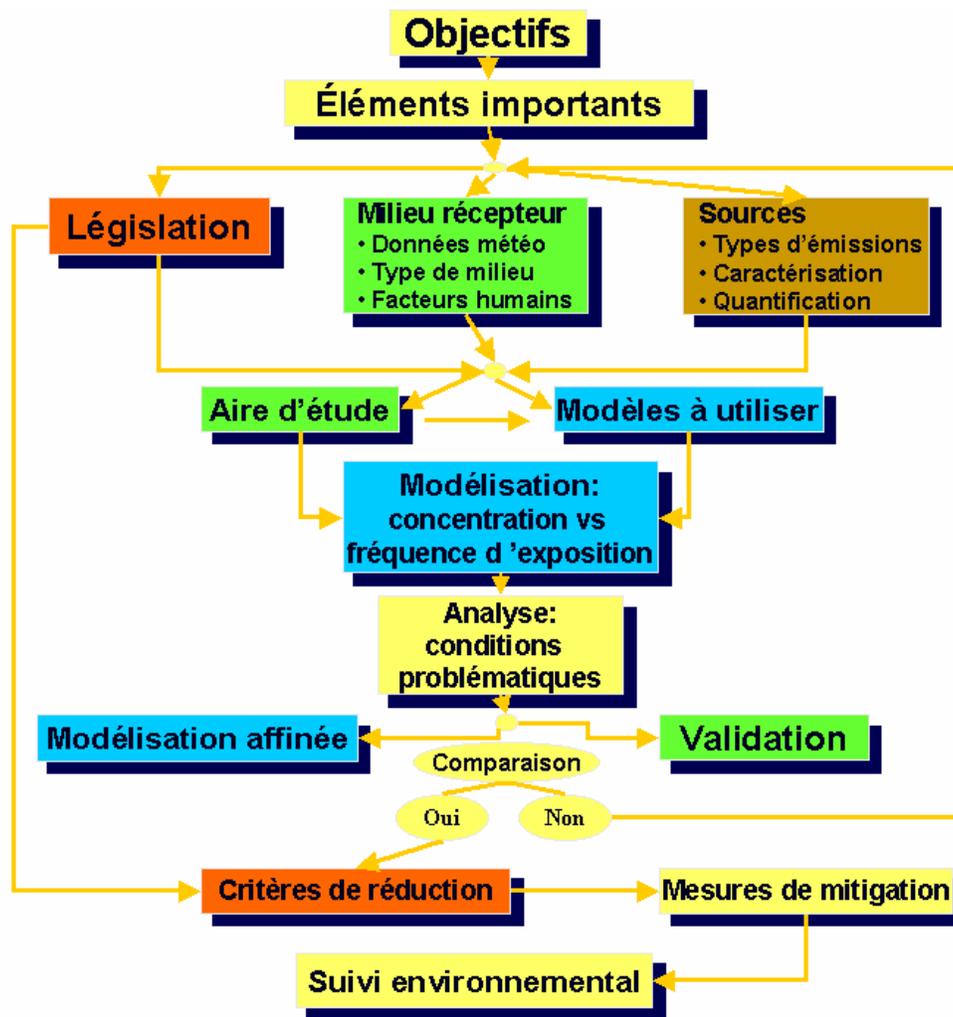


Figure 3-1 Schématisation de la méthodologie pour l'étude d'impact-odeur

Lorsque tous les intrants sont correctement identifiés, la modélisation peut s'effectuer. Il convient premièrement de choisir le modèle de dispersion atmosphérique approprié. Pour les odeurs, deux modèles sont plus souvent utilisés : le modèle Gaussien et le modèle de Gifford. Ce dernier à l'avantage de tenir compte des mécanismes propres à la dispersion des odeurs dans l'air ambiant et de prendre en considération l'effet de serpentement du panache et d'en prédire l'impact sur les pointes de concentration. Différents types de simulation existent, et sont fonction des données météorologiques disponibles. Citons, par exemple, la simulation de la concentration maximale, des percentiles, du dépassement de seuil pour une concentration donnée, etc. Le but étant de définir la fréquence d'exploitation à différents niveaux d'odeurs.

Finalement, une fois les résultats de simulation de la dispersion atmosphérique des odeurs obtenus, l'interprétation de ceux-ci permettent de fournir des recommandations quant aux approches à envisager pour réduire, le cas échéant, les émissions d'odeurs à la source ainsi que les

concentrations odeurs aux limites de la propriété et du voisinage. Différentes technologies existent pour l'abattement de l'odeur et font l'objet de la section 3.5.

À différentes étapes de l'application de cette méthodologie, de l'information devrait être présentée au public, spécialement les conclusions de l'étude d'impact, les mesures proposées, l'amélioration attendue et le plan de surveillance. La participation du public est une nécessité pour assurer l'acceptation de la suite des activités du site ou de l'usine et développer une relation de confiance entre les gestionnaires et le public pouvant permettre la réduction du nombre de tensions entre riverains et l'exploitant.

3.4.2 Éléments constitutifs des études d'impact-odeur pour le compostage

L'étude d'impact-odeur offre au promoteur des éléments de planification du développement à toutes les étapes du projet, de la conception à l'exploitation, sans remettre en jeu sa faisabilité technique et économique. La comparaison et la sélection d'options de réalisation du projet sont intrinsèques à la démarche d'évaluation environnementale proposée afin d'éclairer les choix et les prises de décisions du promoteur. L'étude d'impact-odeur fait ressortir clairement les objectifs et les critères de sélection de l'option du projet recommandée au promoteur.

Lors d'une étude d'impact-odeur, les questions les plus souvent soulevées pour caractériser le problème sont :

- quelles sont les concentrations des odeurs ?
- quelle est la fréquence d'exposition aux odeurs par le voisinage ?
- quelles sont les conditions météorologiques lorsque le seuil de détection olfactif est dépassé ?

Deux étapes de la méthodologie de l'étude d'impact-odeur, la caractérisation de la source et la modélisation de la dispersion, exigent une considération particulière.

Afin de caractériser les sources d'odeurs de compostage, l'emplacement de la source, ses caractéristiques géométriques, son débit unitaire et sa concentration d'odeur doivent être obtenus. Quand la source est un andain, l'échantillonnage d'un volume donné de gaz devrait être fait de préférence à l'aide d'une chambre de flux afin de déterminer le taux d'émissions surfaciques. Un soin spécial doit être pris si des composés condensables sont présents, comme de la vapeur d'eau. Dans ce cas, une prédilution de l'échantillon devrait être faite pour empêcher qu'il y ait condensation, les gouttelettes d'eau pouvant absorber une partie des odorants solubles.

La détermination de la concentration-odeur devrait être effectuée selon des normes applicables. La plupart d'entre elles prévoit une analyse avec un olfactomètre à dilution dynamique avec six jurés au minimum. L'analyse des données est très importante et quelques différences entre les concentrations-odeurs calculées peuvent se produire entre les méthodes (ASTM E679-91, EN 13725, probit). Seulement les valeurs de concentration-odeur peuvent être employées dans les modèles de dispersion atmosphériques, car elles montrent une dépendance linéaire à l'égard de la

dilution. Pour cette raison, les intensités d'odeur, qui sont mesurées à l'aide d'un olfactomètre de comparaison (avec le n-butanol comme référence) sont d'un intérêt limité. D'ailleurs, les concentrations-odeur tiennent compte des effets très fréquents d'interaction entre les composants odorants, tel l'hyper-addition (Laska et Hudson, 1991), l'hypo-addition (Laing *et al.*, 1994) et la simple addition (Patterson *et al.*, 1993), qui ne peuvent être pris en considération par la seule composition chimique du gaz émis.

En raison de sa popularité et de son efficacité pour prévoir les concentrations moyennes pour les des conditions météorologiques moyennes, il est tentant d'employer le modèle gaussien pour la dispersion des odeurs. En effet, il s'agit du modèle de référence de plusieurs logiciels gratuits comme ISCST de l'EPA. Cependant, le modèle gaussien est inapproprié dans la prédiction de la dispersion d'odeur à de courtes distances de la source parce que ses coefficients de dispersion sont évalués pour des échelles de temps de 10 à 60 minutes. Ainsi le modèle prévoit les concentrations moyennes pour la même échelle de temps. Des crêtes des concentrations sont alors totalement négligées.

Cela dit, ces pointes de concentration peuvent elles être perçues par le nez humain. Pour corriger cette inexactitude du modèle gaussien et calculer la crête des concentrations, il est possible d'employer des *peak-to-mean ratios* comme facteurs de correction pour estimer les valeurs maximales atteintes dans la zone d'étude. Ces rapports sont fonctions des données météorologiques et reposent sur la différence entre l'échelle de temps moyen du coefficient gaussien et celle appropriée pour des odeurs.

Malheureusement, la bonne échelle à employer pour les odeurs n'est pas évidente à choisir et peut mener à de grandes différences dans les résultats. D'ailleurs, cette correction néglige complètement l'évolution des fluctuations de concentration en fonction de la distance de la source: près de la source, la concentration d'odeur est sous-estimée et loin de la source, la concentration est surestimée.

Les derniers développements dans le domaine de la dispersion des odeurs ont montré qu'un modèle combinant le modèle de Gifford avec le modèle gaussien est mieux adapté pour estimer la dispersion d'odeur parce qu'il considère l'évolution des fluctuations de concentration et peut être employé avec des données météorologiques généralement disponibles (Pagé et autres, 1997). Le modèle de Gifford considère un panache instantané avec une forme gaussienne qui serpente dans des limites gaussiennes (Gifford, 1959).

La seconde méthodologie reprend les mêmes éléments de base que la première mais la méthode de détermination des concentrations-odeur diffère. La méthode, tirée des travaux de André *et al.* (1995), se base sur une dizaine de traçages sur le terrain de courbes limites de perception olfactive. Un jury de deux personnes ou plus sillonne la zone à l'étude à la recherche de l'endroit où l'odeur n'est plus perceptible. Ensuite, en marchant perpendiculairement au vent, ils déterminent, pour chacun d'entre eux, la ligne imaginaire délimitant la zone à l'extérieur de laquelle l'odeur n'est plus perceptible. La région intérieure est appelée la zone d'odeur, dont la limite correspond à une concentration-odeur de 1 u.o./m³.

Cette mesure est répétée une dizaine de fois sous des conditions météorologiques différentes. Ces dernières, avec les données de la zone d'odeur, sont introduites dans un modèle de dispersion atmosphérique pour déduire le débit d'émission à la source pour chaque période de mesure. Ensuite, une moyenne d'émission de l'odeur est faite à partir des dix débits calculés et peut être utilisée pour la simulation de la dispersion aux conditions climatiques moyennes du site.

Une fois un modèle choisi, il est important d'effectuer le traitement approprié des résultats pour répondre à ces questions. Évidemment, la nuisance olfactive est en étroite relation avec la concentration et la fréquence d'exposition. Par exemple, la gêne olfactive peut venir des expositions fréquentes mais à de faibles concentrations d'odeur.

Les compilations habituelles des données disponibles dans les logiciels commerciaux ou gouvernementaux ne permettent pas de conclure sur les problèmes d'odeurs parce qu'il est difficile d'obtenir la fréquence de l'exposition. Par exemple, il est clair que pour une étude d'impact-odeur, la distribution moyenne annuelle des concentrations au niveau du sol n'est pas utile. Les premières et deuxièmes concentrations horaires maximales peuvent être intéressantes pour évaluer la concentration maximale mais restent inutiles pour déterminer la relation entre l'odeur et la fréquence d'exposition. Les mêmes remarques sont valables pour les concentrations moyennes maximales sur des périodes de 2, 4 ou 8 heures. Au mieux, elles peuvent être utiles pour évaluer si l'odeur perdure pendant plusieurs heures dans le pire des cas.

La notion de percentiles est beaucoup plus appropriée pour les études d'impact-odeur. Le percentile est défini comme étant des concentrations excédées pour une certaine partie du temps de l'année. Par exemple, la compilation des concentrations horaires sur une année suivant le percentile 98, représente la distribution au niveau du sol des concentrations qui sont excédées deux pour cent du temps pendant l'année. Le Tableau 3-5 présente les statistiques correspondantes aux trois percentiles les plus largement répandus.

Tableau 3-5 Temps correspondant aux percentiles

PERCENTILE	POURCENTAGE	HEURES / ANNÉE
99,5	0,5 %	43,8
98	2 %	175
95	5 %	438

Aux Pays-Bas par exemple des règlements sont déjà basés sur cette approche. Par exemple, une concentration de 1 u.o./Nm³, au percentile 98, ne devrait pas être excédée en dehors des limites d'une usine industrielle déjà existante.

Une valeur de seuil de perception olfactif de 2, 5, 10, 20 d'u.o./Nm³ ou plus est fréquemment employée pour évaluer l'exposition à une concentration élevée. Les Figures 3-2 et 3-3 montrent un exemple de distribution de la concentration et la fréquence d'exposition. Dans ce cas particulier, la source est dans le milieu du graphique.

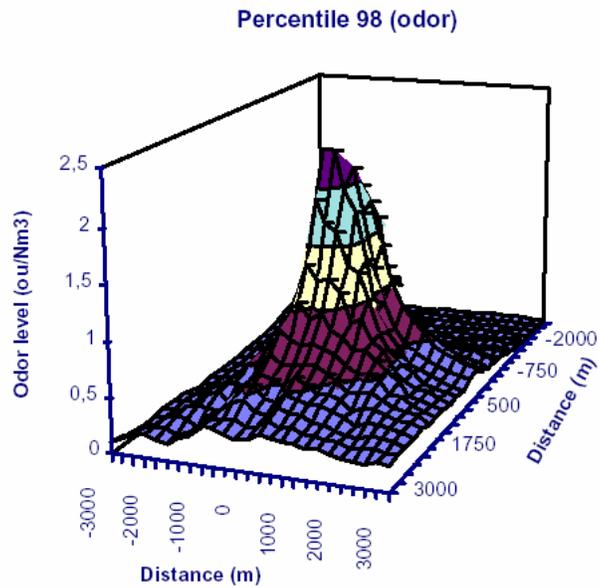


Figure 3-2 Distribution de la concentration odeur au percentile 98

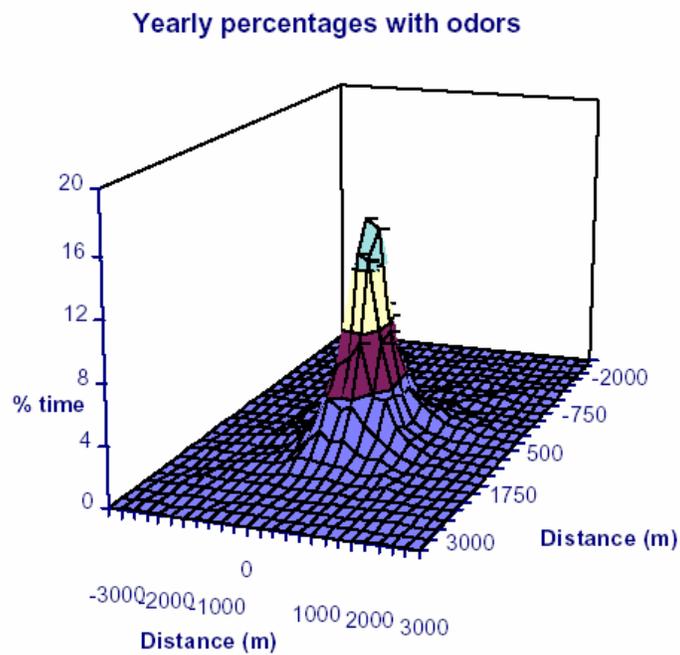


Figure 3-3 Distribution de la fréquence d'exposition aux odeurs

Dans cet exemple, l'exposition principale est dans les premiers 1000 mètres; les concentrations d'odeurs ne sont pas très élevées pour le percentile 98 soit moins de 3 u.o./Nm³. Par ailleurs, l'odeur pourrait être perçue assez fréquemment (plus de 15 % du temps au cours de l'année). Dans ce cas, il devient clair qu'il peut y avoir un problème d'odeur suite à des expositions fréquentes même si les concentrations d'odeurs sont faibles.

Dans certains cas, il est avantageux de compiler le pourcentage des heures où la valeur du seuil de perception olfactif est dépassée au cours de l'année. La valeur du seuil de perception peut être 1 u.o./Nm³ pour exprimer le pourcentage d'heures par année où des odeurs sont perçues au niveau du sol. Cette approche est d'ailleurs employée en Allemagne. Pour avoir une meilleure compréhension de la signification de ce paramètre, il est intéressant de le relier à une référence quotidienne choisie de cette façon : les pourcentages des heures où une odeur est perçue deviennent significatifs comme indiqué dans le Tableau 3-6.

Tableau 3-6 Temps correspondant aux pourcentages annuels d'heures durant lesquelles une odeur est perçue

POURCENTAGE D'HEURES DURANT L'ANNÉE	TEMPS CORRESPONDANT POUR UNE JOURNÉE
20 %	4 heures et 48 minutes
15 %	3 heures et 36 minutes
10 %	2 heures et 24 minutes
5 %	1 heure et 12 minutes
2 %	36 minutes
1 %	18 minutes

Ces transpositions de temps sont fictives et n'indiquent pas automatiquement que la perception d'odeur peut être constante jour après jour. La direction du vent joue pour sa part un rôle significatif. En effet, il est possible qu'aucune odeur ne soit perçue pendant quelques jours et que, par la suite, une odeur perdure dans le même secteur pendant plusieurs jours. Néanmoins ce petit exercice aide à donner des références temporelles quantitatives sur les fréquences de perception des odeurs.

En conclusion, différents types de données sont nécessaires pour caractériser l'impact-odeur:

- les valeurs horaires maximales pour déterminer l'exposition maximale ;
- la concentration moyenne maximale sur des périodes de 2, 4 ou 8 heures pour déterminer si les expositions maximales sont longues ;
- les percentiles et les pourcentages des heures pendant lesquelles des odeurs sont perçues pour déterminer la relation entre la concentration et la fréquence d'exposition.

Avec ces types d'informations, il est beaucoup plus facile d'évaluer qui est susceptible d'être exposé aux odeurs, à quelles concentrations, pendant combien d'heures et la fréquence d'exposition.

3.4.3 Conclusions et renseignements à obtenir d'une étude d'impact-odeur.

Ci-dessous sont répertoriés les principaux résultats issus d'une étude d'impact-odeur. Ils sont tirés des simulations et de la lecture des isoplètes de concentration.

Tout dérangement important et régulier du paysage olfactif normal dans un milieu est susceptible de créer une nuisance olfactive. Parmi les facteurs qui contribuent à ce qu'une exposition aux odeurs devienne une nuisance on relève généralement les aspects suivants:

- la fréquence d'expositions aux odeurs;
- la durée des épisodes d'odeurs;
- les niveaux d'odeurs lors des expositions;
- la période de l'exposition;
- l'origine des odeurs;
- le caractère hédonique des odeurs.

Parmi cette liste, les trois principaux facteurs qui entraînent des nuisances olfactives sont la fréquence d'exposition aux odeurs, la durée des épisodes d'odeurs et les niveaux d'odeurs lors des expositions. En effet, tout type d'odeur, dans n'importe quel milieu est susceptible de générer une nuisance olfactive lorsque les expositions sont récurrentes pour de longues périodes de temps avec des niveaux élevés.

Fréquence d'expositions aux odeurs

La fréquence d'exposition aux odeurs, peu importe les autres facteurs, est un élément clef dans la génération d'un potentiel de nuisance olfactive. La fréquence renseigne sur les expositions répétitives qui contribuent à générer une déstabilisation fréquente du paysage olfactif et qui génèrent une accumulation d'expériences olfactives négatives avec mécontentements qui peuvent mener à une nuisance et à des plaintes.

Durée des épisodes d'odeurs

La durée des épisodes d'odeurs est aussi un facteur qui suscite un stress externe qui évolue en fonction de la durée. La durée de l'exposition entraîne la mise à l'épreuve de la patience des individus face à un élément perturbateur. La gêne associée à l'exposition augmente en fonction de la durée de celle-ci. Avec les résultats de simulation du dépassement du seuil de perception, il est possible d'apprécier la période de temps pendant laquelle une odeur est incommodante pour la population.

Niveaux d'odeurs lors des expositions

Le niveau atteint lors des épisodes d'odeurs est aussi déterminant dans le caractère agressif de l'exposition. En général, peu importe l'appréciation moyenne d'une odeur, le caractère hédonique associé à celle-ci se dégradera en fonction du niveau d'odeur de l'exposition. Les isoplètes de concentration obtenus lors des simulations permettent de déterminer la concentration-odeur en tout temps et en tout point.

Période de l'exposition

Ce facteur détermine la probabilité de mise en contact d'individus avec l'odeur. En effet, selon la saison ou le moment de la journée, les gens sont susceptibles selon une échelle de probabilité d'être en contact avec un épisode d'odeur et ainsi de subir une nuisance. Des études menées avec des citoyens ont montré que le taux de plaintes d'odeurs est directement proportionnel aux horaires de ceux-ci. Les plaintes sont généralement plus fréquentes le matin ou le soir car les gens sont en présence des odeurs lors de la sortie ou de l'arrivée au domicile. D'autre part, les aspects saisonniers sont aussi importants. Les gens sont plus à risque d'être incommodés par des odeurs l'été, car ils sont plus souvent à l'extérieur du domicile ou que les fenêtres de celui-ci sont ouvertes.

Origine de l'odeur

Il est important de rappeler l'utilité du sens de l'odorat chez les animaux; par exemple, l'information d'un danger potentiel. Pour l'humain, les nuisances olfactives peuvent indiquer à la fois des problèmes de qualité de vie, des vecteurs de perception de la pollution ainsi que des problèmes de santé publique. Ainsi, les gens exposés aux odeurs ont la vive impression d'être en contact intime avec le contaminant atmosphérique puisqu'il le détecte lors de l'inhalation. Dans ce sens, certaines odeurs paraissent plus nocives que d'autres et par conséquent, le niveau de préoccupation face à ces odeurs présumées nocives augmente et la tolérance face à l'exposition est alors de beaucoup moindre car elle suscite la crainte d'un risque pour la santé.

Caractère hédonique de l'odeur

Le caractère hédonique est l'appréciation qu'un individu peut avoir face à une odeur. Cette dimension de l'odeur est subjective; elle fait référence au vécu propre de chaque individu (références émotionnelles associées à une odeur) et à certains aspects sociaux. Ainsi, elle peut varier d'un individu à l'autre, d'un groupe social à l'autre et même changer pour un même individu en fonction du moment de la journée (ex : odeur de l'ail avant et après un repas). Le caractère hédonique est associé à des critères d'appréciations personnels individuels. D'autre part, l'appréciation hédonique d'une odeur se dégrade généralement en fonction de l'intensité de l'exposition à une odeur. Par exemple, deux substances à odeur fécale fort déplaisante présentes dans les fumiers animales, l'indole et le scatole, lorsqu'elles sont diluées, exhalent des effluves très agréables, aux notes florales, l'indole évoquant le jasmin et la fleur d'oranger (Gullino, 1997).

3.5 MÉTHODES D'ATTÉNUATION ET DE SURVEILLANCE DES ODEURS

Peu de travaux sur les méthodes d'atténuation des odeurs se retrouvent dans la littérature. La documentation disponible est presque exclusivement commerciale. Ainsi, la justification théorique de l'efficacité des méthodes étant gardée secrète, cela rend l'évaluation de ces méthodes très difficile sans y aller au cas par cas.

Néanmoins, les méthodes d'atténuation peuvent se classer comme suit :

- approches non technologiques;
- masquant et neutralisants d'odeurs;
- inhibiteurs bactériologiques;
- technologies destructives et récupératrices de traitement.

3.5.1 Approches non technologiques

Les approches non technologiques d'atténuation des odeurs de compostage font surtout référence aux aménagements paysagers que les exploitants vont mettre en place pour embellir le site et son pourtour. L'objectif est de créer un environnement visuellement plaisant pour les résidents et engendrer un nouveau processus cognitif par rapport à leur relation avec le site de compostage. Le résident voit alors le site comme un espace vert et non plus comme un espace industriel. La perception qu'il a du site, anciennement négative, se transforme et sa perception de l'odeur est changée. L'odeur est toujours présente, mais comme elle émane d'un espace qu'il considère plaisant, il ne la perçoit plus de la même façon.

Les formes que peuvent prendre les méthodes d'atténuation non technologiques sont nombreuses et de différentes dimensions. La liste qui suit présente certaines méthodes rencontrées lors de la recherche. Habituellement, plusieurs éléments de cette liste sont utilisés pour un seul site.

- parterre de fleur sur le pourtour du site;
- rangées d'arbres sur le pourtour du site;
- boisés;
- monticule gazonné faisant le tour du site;
- parcs;
- pistes cyclables;
- terrains sportifs;
- bâtiments commerciaux ou culturels.

Un exemple de ce type d'installation est le Complexe environnemental Saint-Michel, site de compostage en milieu urbain géré par la Ville de Montréal. Le site se trouve dans une ancienne carrière, sous le niveau de la chaussée et sert aussi à l'enfouissement de déchets secs. Il a été

cintré d'espaces verts, d'un léger monticule et d'une piste cyclable. Un parc est en implantation sur une ancienne zone d'enfouissement de déchets et le Cirque du Soleil a installé ses quartiers en périphérie du site. La photo ci-dessous donne une idée de l'aménagement qui a été fait dans les environs du site de compostage.



Figure 3-4 Vue aérienne de l'aménagement autour du site de compostage du Centre Environnemental Saint-Michel (CESM)

3.5.2 Masquant et neutralisants d'odeurs

Les masquants d'odeurs et les neutralisants d'odeurs ne doivent pas être confondus. Les masquants sont des parfums vaporisés dans l'air ambiant dont l'odeur tente de surpasser celle qui est nauséabonde. L'émission d'odeur est donc plus élevée qu'au départ, mais le ton hédonique est modifié. Les neutralisants réduisent l'odeur en captant ou modifiant les composés odorants d'un gaz. Il y a donc réduction de l'odeur.

Les masquants constituent une solution bon marché à un problème d'odeur. L'équipement requis est rudimentaire, quelques vaporisateurs avec leurs réservoirs, et les parfums, de vanille, de pomme ou de lime, ne sont pas onéreux. Par contre, leur performance est décriée depuis le début de leur utilisation (Haug, 1993). Les masquants se sont révélés efficaces avec des odeurs nauséabondes, mais de faible intensité. Lorsque utilisés dans le masquage d'odeurs d'activités de compostage, ils n'ont malheureusement pas réussi à diminuer les plaintes.

La figure ci-dessous présente un système de vaporisation de parfum masquant développé par Ripon Environmental Corporation (<http://www.riponenvironmental.com>).



Figure 3-5 Système de vaporisation de masquant

Le système est simple et facile à déplacer ce qui peut en fait être une excellente solution temporaire à un problème d'odeur. Cependant, dans certains cas, cette approche accroît les plaintes car l'odeur parfumée est plus forte que l'odeur initiale, ce qui amène la suspicion dans le voisinage. Pour une solution permanente de contrôle des émissions d'odeurs, d'autres solutions sont à envisager.

Les neutralisants d'odeurs ne font pas que masquer l'odeur, mais la réduisent. Les neutralisants sur le marché fonctionnent avec une efficacité partielle avec les composés aminés, les mercaptans, les aldéhydes et les composés aromatiques. Les équipements nécessaires à leur épandage sont similaires à ceux utilisés pour les masquants. Des études scientifiques ont été menées sur l'efficacité de la réduction des odeurs de compostage à l'aide de neutralisants. Les résultats ne sont pas aussi importants qu'avec les techniques de destruction, qui seront vues plus loin, mais Gruber et al., 1990, rapportent une diminution de 44 % de l'odeur. Cette valeur est moyenne pour ce qui est des neutralisants, mais cette étude fut la plus sérieuse menée dans le domaine de la réduction des odeurs de compostage à l'aide de neutralisants chimiques.

D'autres chercheurs avancent des diminutions de 80 % du pouvoir odorant, mais l'odeur de départ est très faible (Haug, 1993). Ces chiffres doivent être pris avec un certain recul, considérant que les variables météorologiques et la méthode d'application du neutralisant ont un effet important sur l'efficacité de celui-ci.

3.5.3 Inhibiteurs bactériologiques

Le rôle des inhibiteurs bactériologiques est de freiner l'activité des micro-organismes présents dans le compost et responsables de l'odeur. Ces techniques ne sont presque pas utilisées. Les micro-organismes sont aussi les agents dégradants nécessaires à la transformation des résidus

organiques en compost, et leur destruction partielle réduit sensiblement l'efficacité du processus de compostage.

3.5.4 Technologies destructives et récupératrices de traitement

Les technologies destructives et récupératrices de traitement ne sont pas propre aux activités de compostage, mais peuvent se prêter à l'élimination des odeurs. Quatre seront présentées ci-après, soit les biofiltres, les incinérateurs, les technologies d'absorption et celles d'adsorption.

Biofiltration

Un biofiltre utilise des matériaux organiques humides pour adsorber et ensuite dégrader par oxydation biologique les composés odorants. Les gaz émis qui sont refroidis et humidifiés lors du processus de compostage sont injectés par une grille de pipes perforées dans un lit de filtration. Le mélange employé dans la construction du biofiltre inclut du compost, du sol humide, de la tourbe, des copeaux de bois et d'écorce, parfois mélangée avec un matériau inerte, tel le gravier, pour maintenir la porosité adéquate. La profondeur de lit d'un biofiltre s'étend habituellement de 1 à 1,5 mètres. Des lits peu profonds sont sujets à court-circuiter l'écoulement de gaz, alors que des lits plus profonds rendent plus difficile la conservation uniforme de l'humidité.

Les biofiltres se sont avérés efficaces pour traiter essentiellement toutes les odeurs liées au compostage, y compris l'ammoniaque et un éventail de composés organiques volatils (composés aminés et soufrés).

Le principal critère de conception est le taux de flux d'air par unité de surface du biofiltre. Les valeurs publiées pour des flux d'air de biofiltres s'étendent de 0,005 à 0,0025 m/s et sont en général compris entre 0,015 à 0,02 m/s.

Les spécifications habituelles d'un biofiltre pour les odeurs de compostage sont données dans la liste qui suit (Shoda,1991):

- matrice de sol humide (entre 40 et 70 % de la capacité totale de retenue en eau);
- vitesse du gaz : 0,5 - 1,0 cm/s;
- pression du gaz : moins de 250 mmHg;
- gaz non saturé en humidité;
- température du gaz : 5 - 40 °C;
- température du lit : 20 - 37 °C;
- pH du lit : 7.

La figure qui suit présente schématiquement un biofiltre.

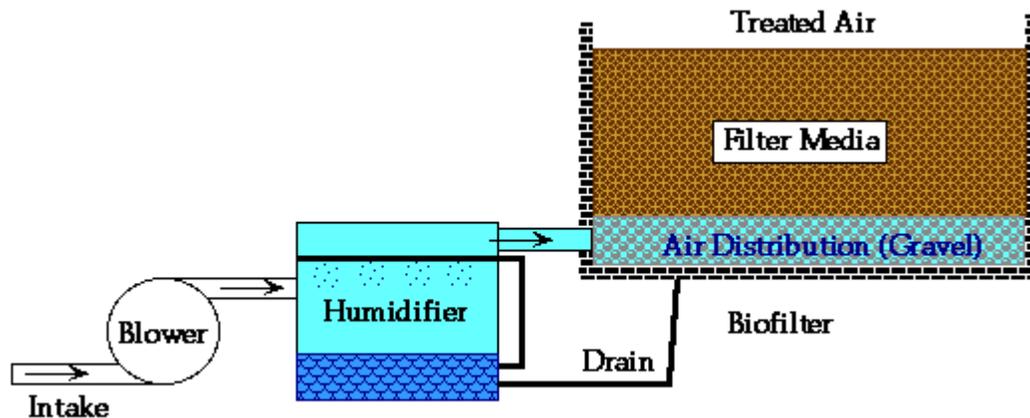


Figure 3-6 Schéma d'un biofiltre

La technologie des biofiltres est beaucoup utilisée en Europe et en Amérique du nord. C'est la méthode la plus utilisée dans le domaine du compostage. Les biofiltres les plus efficaces permettent de faire passer le niveau d'odeur de 50 000 u.o./m³ à moins de 200 u.o./m³ avant la dispersion. Cela constitue un taux d'efficacité de plus de 99 % (Haug, 1988).

Oxydation thermique

L'oxydation des composés organiques et inorganiques des activités de compostage peut aussi se faire à l'aide d'incinérateurs. Pour atteindre une destruction complète de l'odeur, une température entre 650 °C et 850 °C doit être atteinte dans l'incinérateur et le temps de séjour des gaz dans la chambre de combustion doit se situer entre 0,3 et 1,0 seconde. L'incinérateur est sûrement le moyen le plus efficace de se débarrasser des odeurs. La plupart des sites de compostage qui utilisent cette technologie parlent de 99,99 % de destruction. Les incinérateurs sont presque exclusivement utilisés aux États-Unis. La Ville de Los Angeles opère en ce moment un incinérateur sur un de ses sites de compostage. L'incinérateur permet de faire passer le niveau d'odeur de 1 000 000 u.o./m³ à moins de 36 u.o./m³ avant la dispersion.

Par contre, l'énergie nécessaire à l'opération d'incinérateurs est énorme. Plusieurs approches ont été testées pour réduire la demande en combustible, tel la récupération de chaleur et l'oxydation catalytique. Cette dernière est surtout utilisée dans l'industrie pour le contrôle des composés organiques volatils (COV), mais n'a pas eu le même succès pour le traitement des odeurs. Même avec une réduction de 90 % des COV, la combustion catalytique a augmenté la force de l'odeur dans les environs du site (Ostojic, 1991). La raison en est que le pouvoir odorant des composés oxygénés par l'oxydation catalytique était plus bas que celui des composés issus du compostage.

Absorption

Les technologies d'absorption sont grandement utilisées dans le domaine du lavage des gaz. L'absorption se fait à l'aide d'un média liquide avec lequel le débit gazeux est mis en contact. Les composés odorants sont absorbés dans la phase liquide et peuvent être dégradés par des composés en solution. Les équipements permettant l'absorption de composés ciblés sont les colonnes à jets (spray towers ou mist towers), les nettoyeurs à lit fixe (packed bed scrubbers), les nettoyeurs à lit fluidisé (fluidized bed scrubbers), les colonnes à plateaux (tray towers) et les nettoyeurs venturi (venturi scrubbers). Dans le traitement des gaz de compostage, ce sont surtout les colonnes à jets et les nettoyeurs à lit fixe qui sont employés. L'eau est le solvant habituellement utilisé. La liste qui suit présente les composés chimiques mis en solution qui ont été rencontrés dans la littérature scientifique.

- agents oxydants : hypochlorite de sodium (NaOCl), peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), permanganate de potassium (KMnO₄);
- bases : chaux (CaO), chaux hydratée (Ca[OH]₂), base caustique (NaOH);
- acides: acide sulfurique (H₂SO₄), acide chloridrique (HCl);
- agents réducteurs: sulfite de sodium (Na₂SO₃), peroxyde d'hydrogène (H₂O₂);
- surfactants (agents favorisant l'absorption).

Les composés odorants provenant du compostage sont nombreux et il est nécessaire de prévoir un nettoyage en plusieurs étapes : lavage basique, lavage acide et lavage oxydant.

La Figure 3-7 présente le schéma d'une colonne à jet à trois étapes en activité sur le site de compostage du comté de Montgomery aux Etats-Unis (Haug, 1993).

Tableau 3-7 Dimensions des colonnes à jet

TOUR	HAUTEUR (MÈTRES)	DIAMÈTRE (MÈTRES)
1	22,86	2,5
2	22,86	4,25
3	15,24	2,5

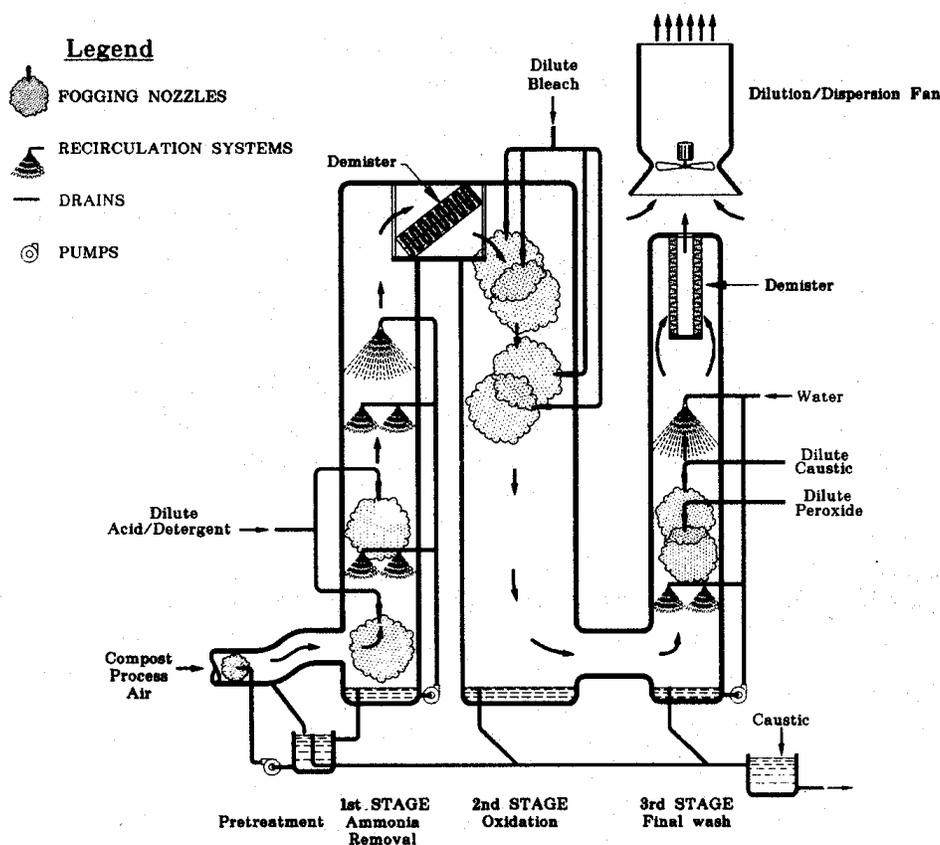


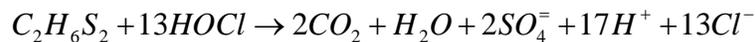
Figure 3-7 Schéma de la colonne à jet à trois étapes du comté de Montgomery

Le retrait de l'ammoniaque (NH_3) se fait dans la première colonne de traitement. De l'acide sulfurique (H_2SO_4) est employé pour maintenir la solution à pH neutre et ainsi favoriser le transfert de masse. Les équations d'équilibre chimique régissant l'absorption et la neutralisation sont présentées ici (Haug, 1993).

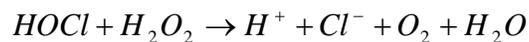


Plus de 99 % de l'ammoniaque est retiré du gaz lors de cette étape. Un retrait presque total est nécessaire pour empêcher la réaction entre l'ammoniaque et le chlore contenu dans la deuxième étape du traitement.

La deuxième étape consiste à retirer les composés organiques soufrés et les autres odeurs provenant de composés organiques volatils comme les terpènes. L'oxydant utilisé est le NaOCl, qui en solution donne du HOCl. Le pH est maintenu entre 4,5 et 6,5. Un exemple est ici présenté sur l'équation nette de neutralisation du sulfure de diméthyl dans la deuxième colonne.



La troisième et dernière colonne sert à enlever le chlore contenu dans l'effluent de la colonne précédente. Le peroxyde d'hydrogène est alors utilisé comme agent réducteur.



Le succès de ce type d'installation est moins élevé que celui des incinérateurs. Le pouvoir odorant des activités de compostage est réduit au maximum de 95 %.

Les autres techniques d'absorption fonctionnent sous des principes comparables à ceux présentés pour les colonnes à jet.

Adsorption

La technologie d'adsorption est la dernière présentée dans cette section. L'adsorption appliquée à la réduction de l'odeur dans les activités de compostage est essentiellement menée avec du charbon actif. Très peu de sites de compostages utilisent le charbon actif seul. Le traitement est souvent précédé de colonnes d'absorption qui permettent l'allongement de la vie utile du charbon actif. Dans ce cas, l'adsorption sert alors d'affinage. Les données par rapport à cette technologie sont restreintes.

Une seule étude scientifique a été menée sur l'efficacité de la méthode (Haug, 1993). Celle-ci a conclu que le gaz sortant du réacteur avait toujours moins de 10 u.o./m³, sauf une fois, peut importe la teneur en odeur à l'entrée. Il est important de noter que la quantité en charbon actif était très importante et qu'aucune donnée quant à la capacité d'adsorption du charbon actif n'a été présentée. Par contre, le charbon actif c'est montré, dans d'autres études, inefficace devant l'ammoniac, qui constitue une grande part de l'odeur de compostage (Haug, 1993). Il faut alors utiliser du charbon imprégné avec des sels acides.

En conclusion à cette sous-section, il est important de souligner que toutes les techniques rencontrées nécessitent une unité de compostage permettant la canalisation des émissions, donc, dans un espace fermé. Il est évident que dans l'exploitation d'une unité de compostage à grande échelle ceci devient un problème. Par contre, les développements par rapport à l'utilisation de charbon actif directement dans le compost amèneront peut-être une solution.

3.6 LISTE DE RÉFÉRENCES

- Accortt J., Rynk R. et Krause R. (2001). *Air handling holds key to odor management*. BioCycle, 42(10) : 54-59.
- Alix C. (1998). *Retrofits curb biosolids composting odors*. BioCycle 39 (6) : 37-39.
- André P., Boreux J.J., Hanson A., Nicolas J., Thoen D., Vassel J.L. (1995) Mesures olfactives dans Mesures et environnement – Chapitre 14 : Environnement, rédigé pour l'ouvrage collectif *La mesure et l'instrumentation – État de l'art et perspectives*, Masson, 412 pages.
- Anonyme. (2001). *Reader's questions and answers*. BioCycle, 42(1) : 23.
- ASTM E 679-91: *Standard Practices for Determination of Odor Taste Thresholds by a Forces-choice Ascending Concentration Series Method of Limits*.
- Beyer D., Rynk R., Pecchia J. et Wuest P. (2000). *Improving odor management on mushroom farms*. BioCycle 41 (7) : 60-63.
- Brinton W.F. (1997). *Compost volatile organic acids – Production and odor aspects*. Proc. of the 6th Annual Conference on Composting, Beltsville, MD. 12 p.
- Caballero R., Novy V. et Dodd K. (1997). *Odor and air management strategy for biosolids composting*. BioCycle 38 (3) : 64-72.
- Cain W.S., de Wijk R., Lulejian C. Schiet F. et See L.C. (1998) Odor identification : perceptual and semantic dimensions, *Chemical Senses* 23, 309-326.
- Chapple P. (2000). *Odour control*. Solid Waste and Recycling (3) : 14.
- Defoer N. et Van Langenhove H. (2001). *Odor emissions control in yard trimmings composting*. BioCycle 42 (2) : 82-83.
- EN13725: *Odour concentration measurement by dynamic olfactometry*. Comité Européen de Normalisation.
- Farrell M. (2001). *Site monitoring and odor control at composting facility*. BioCycle 42 (7) : 50-54.
- Feinbaum R. (2000). *Compost site pursues odor management goals*. BioCycle 41 (10) : 46-49.
- Finn L. et Spencer R. (1997). *Managing biofilters for consistent odor and VOC treatment*. BioCycle, 38 (1): 40-44.
- Finnigan J. (1998) Odour measurement and minimisation within the west of Scotland. Article présenté au 2nd CIWEM National conference on Odour Control in Sewage Treatment, Londres.
- Forcier F. et Cantin S. (2001). *Sessions de formation 2001 – Opération d'installations de compostage*. Manuel de référence de SOLINOV-CRIQ-CCC, 244 p.
- Frechen, F.B. (1994) Odour emissions of wastewater treatment plant – recent German experiences, *Water science and technology* 30 (4), 35-46.
- Gage Y. (2000). *Operating by progressive odor management plan*. BioCycle 41 (6) : 52-55.

- Gifford F.A. (1959). Statistical properties of a fluctuating plume dispersion model. *Advances in Geophysics*, 6, 117-138.
- Gingras B. (1996). *Les odeurs reliées aux activités agricoles*. Bise, 7(5) : 1-12.
- Glenn J. et Block D. (1999). *MSW Composting in the United States*. BioCycle 40 (11) : 42-50.
- Goff K. (1999). *Controlling odors at compost facilities*. MSW Management, juillet/août 1999 : 64-69.
- Goldstein N. (1996). *Odor Control Experiences : Lessons from the biofilter*. BioCycle, 37 (4) : 70-75.
- Goldstein N. (2001). *Controlling odors in biosolids recycling*. BioCycle 42 (3) : 67-70.
- Goldstein N. (2001). *New Frontiers for odor research*. BioCycle, 42(9) : 46-51.
- Goodwin J.P., Amenta S.A., Delo R.C., Del Vecchio V, Pinnette J.R. et Pytlar T.S. (2000). *Odor control advances at composting facility*. BioCycle 41 (1) : 68-74.
- Gostelow P., Parsons S.A. et Stuetz R.M. (2000) Odour measurement for sewage treatment works, *Water Research* Vol. 35 no. 3, 579-597.
- Gruber E.K., Harding M.L. et Kuchenrither R.D. (1990) Odor Control at Philadelphia's Sludge Processing and Distribution Center, in Proceedings of the WPCF Specialty Conference Series, New Orleans, USA.
- Gullino A. (1997). *Odeurs et saveurs*. Flammarion. 45 p.
- Haug R.T. (1993), *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis, Publishers, 717 pages.
- Haug R.T. (1993). *Odour Management I – Quantifying and treating*. Dans : *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis publishers, CRC press, Boca Raton. FL. (16) : 545-646.
- Haug R.T., Ludwig K.L. et Haase C. (1998), *Co-Composting Observations on European and U.S. Facilities*, Proceedings of the National Conference on Municipal Waste Treatment Plant Sludge Management, Palm Beach, U.S.A.
- Hobson J. (1995) The odour potential : a new tool for odour management. *Journal of Chartered Institution of Water And Environmental Management*, 9, 458-463.
- Jiang J.K. (1996) Concentration measurement by dynamic olfactometer, *Water Environment Technology* 38, 337-344.
- Jones K. et Banuelos C (2000). *Using compost / wood chip material as biofiltration Media*. BioCycle 41 (10): 50-52.
- Koe L.C.C. (1989) Sewage odors quantification dans : Cherehisinoff, P.N. (ed) *Encyclopedia of Environmental Control Technology Volume 3: Wastewater Treatment Technology*, Houston, Gulf Publishing Company, 423-446.
- Laing D.G., Eddy A. et Best D.J. (1994) Perceptual characteristics of binary, trinary and quaternary odor mixtures consisting of unpleasant constituents, *Physiology and Behavior* 56, 81-93.
- Laska M. et Hudson R. (1991) A comparison of the detection thresholds of odour mixtures and their components, *Chemical Senses* 16, 651-662.
- Leuty T. (1999). *Wind management can reduce offensive farm odors*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [En ligne] http://www.gov.on.ca/...rops/facts/info_windmangement.htm, 7 février 2000.

- Maekawa T. *et al.* (2001), Compensatory methods for the odor concentration in an electronic nose system using software and hardware, *Sensors and Actuators B* 76, 430-435.
- Mahin T. D. (2001). *Comparison of different approaches used to regulate odours around the world*. Dans : Water Science and Technology, Odour and Volatile Organic Compounds : Measurement, Regulation and Control techniques. Jiang J.K (Eds) Proc. of the 1st IWA International Conference on Odour and Volatile Organic Compounds, Sydney, Australie. 87-100.
- McGinley C.M. et M.A. (2002). *Odor testing biosolids for decision making*. 16th Annual Residuals and Biosolids Management Conference. Austin, Texas. Mars 2002. 18 p.
- Miller F. C. (1992). *Minimising odor generation*. Dans : Science and Engineering of Composting : Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects. H.A.J. Hoitink, and H.M. Keener (Eds) Proc. of the international Composting Research Symposium. Columbus, Ohio. 219-241.
- Miller F.C. et Williams T.O. (1992). *Biofilters and facility operations*. *BioCycle* 33 (11) : 75-79.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MENV). (2001). *Critères provisoires pour la valorisation des matières résiduelles fertilisantes*. Février 2001.
- Ministry of Environment (1999). *Guidance for compost facility operators*. En ligne], [<http://www.ena.gov.on.ca/ebr/documents/1999/compost2.htm>], 20 janvier 2003.
- Negri M. et Reich S. (2001), Identification of pollutant gases and its concentrations with a multisensor array, *Sensors and Actuators B* 75, 172-178.
- Nguyen V.H. (2000). *Les nouvelles normes d'odeurs et de contaminants chimiques odorants dans le projet de Nouveau Règlement sur la qualité de l'atmosphère*. *Vecteur Environnement*, 33(5) : 64-66.
- Nicolas J. (2002) Campagne de mesure des odeurs sur le CET de Mont Saint-Gabriel – Mise au point d'une méthode d'estimation des nuisances, ISSeP, 28 pages.
- Nieuwejaers B., Vanbroeck G. et Van Langenhove H. (2001). *Recent odour regulation developments in Flanders*. Dans: Water Science and Technology odour and volatile organic compounds : Measurement, Regulation and Control techniques. Jiang J. K (Eds) Proc. of the 1st IWA International Conference on Odour and Volatile Organic Compounds, Sydney, Australia. 103-110.
- Odour concentration measurement by dynamic olfactometry, EN13725, Comité Européen de Normalisation.
- Ostojic, N., O'Brien, M. A., and Duffee, R. A. Limitation of Incineration in Odor Control, Proceedings of the 84th Annual Air and Waste management Conference, Vancouver, Canada Paper No. 91-147.2, June 1991.
- Pagé T., Guy C. (1997). Odor Dispersion Modeling. 90th Annual Meeting of the Air & Waste Management Association, CD#97-TA35.05, Toronto, Canada.
- Patterson M.Q., Stevens J.C., Cain W.S. et Commeto-Muniz J.E. (1993) Detection thresholds for an olfactory mixture and its three constituents compounds, *Chemical Senses* 18, 723-734.
- Persaud K., Dodd G.H.(1982), *Nature* 299, 352-355.
- Richard T. (1998). *Ammonia Odors – Cornell Composting, Science and Engineering*. [En ligne], [www.cfe.cornell.edu/compost/odors/ammonia.html], 19 février 1998.
- Richard T. (1998). *Odor treatment – Biofiltration – Cornell Composting. Science and Engineering*. [En ligne], (www.cfe.cornell.edu/compost/odors/odortreat.html), 25 mai 1998.

- Richard T. (2001). *Odor management – Cornell Composting, Science and Engineering*. [En ligne], [www.cfe.cornell.edu/compost/odors/odor.html]. 1^{er} septembre 2001.
- Romain A.C., Nicolas J., Wiertz V., Maternova J. et André P. (2000), Use of a simple tin oxide sensor array to identify five malodours collected in the field, *Sensors and Actuators B* 62, 73-79.
- Seekins B. (1999). *Troubleshooting the compost pile*. *BioCycle* 40 (11) : 53-55.
- Seymour R.M. (2001). *Comparing aeration strategies for composting*. *BioCycle*, 42 (1): 64-67.
- Shoda M. (1991) Methods for the biological treatment of exhaust gases. In: *Biological Degradation of Wastes*. A.M. Martin (ed.) Elsevier Applied Science, London. pp. 1-30.
- Stuetz R.M., Fenner R.A. et Engin G. (1998) Assesment of odours from sewage treatment works by an electronic nose, H₂S analysis and olfactometry, *Water Research* Vol 33 no. 2, 453-461.
- The Illinois Pollution Control Board (IPCB) (1998). *Amendments to requirements for landscape waste compost facilities*. 35 Ill. Adm. Code 830.203 ©, 831.107 and 831.109 (b) (3). 1er octobre 1998.
- Twiggs J., Dohoney B., Muirhead T. et Brown S. (1995). *Controlling odors at a regional compost facility*. *BioCycle* 36 (0) : 74-79.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (1991). *Solid Waste and Emergency Response Office of Solid Waste*. [En ligne], [http://www.epa.gov/epaoswer/non/hw/compost/yard.txt], 17 janvier 2003.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (1992). *State Legislation and Incentives, Composting Legislation Overview*. [En ligne], [http://www.epa.gov/compost], 20 janvier 2003.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (1995). *Decision maker's guide to olid Waste management* [En ligne], [http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/dmg2.htm], 20 janvier 2003.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Biosolids and residuals management fact sheet*. [En ligne], [http://www.epa.gov/owm/mtb/odor-control]. 21 janvier 2003.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Integrated risk information system (IRIS)*. [En ligne], [http://www.epa.gov/iris/sust/042.htm], 6 mai 2002.
- Vincent A. et Hobson J. (1998) *Odour Control*. CIWEM Monographs on Best practice No. 2, Chartered Institution of Water And Environmental Management, Terence Dalton Publishing, London.
- Walker J.M. (1992). *Control of composting odors*. Dans : *Science and Engineering of Composting : Design, Environmental Microbiological and Utilization Aspects*. H.A.J. Hoitink and H.M. Keener (Eds) Proc. of the International Composting Research Symposium, Colombus, Ohio. 185-218.
- Water Environment Federation (1995). *Odor production during composting*. Dans : *Biosolids Composting – Library of Congress Cataloging – in – publication Data* (1995), (7) : 57-73.
- Water Environment Federation. (1995). *Aeration and temperature control and building ventilation*. Dans : *Biosolids Composting*, (6) : 39-56.
- Wilkie A.C. (2000). *Reducing dairy manure odor and producing energy*. *BioCycle* 41 (9) : 48-50.
- Williams T.D. et Miller F.C. (1992). *Odor control using biofilters*. *BioCycle* 33 (10) : 72-77.
- Wu N. (2000). *Odor modeling as first line of defense*. *BioCycle*, 41 (5) : 64-68.
- Zarcomb S., Stetter J.R. (1984) *Sensors and Actuators* 6, 225-243.

4.0 MÉTHODES DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE

Les méthodes de suivi et de surveillance des odeurs des activités de compostage sont nombreuses, tout autant dans le domaine des mesures sensorielles que des mesures analytiques. Le présent chapitre présente les principales méthodes employées ainsi que leurs caractéristiques propres.

4.1 INSPECTEURS ODEURS

Une technique sensorielle de suivi a été développée aux États-Unis sous l'impulsion de l'EPA (Environmental Protection Agency). Des citoyens, jouxtant le site de compostage, et des opérateurs ou des ingénieurs, travaillant sur le site, sont formés spécifiquement dans la reconnaissance et l'évaluation de l'intensité de l'odeur, avec leur nez comme seul instrument. Ces personnes portent le titre de Nasal Rangers, qui peut être traduit en français par Inspecteurs-Odeurs. L'objectif de la formation est de produire des observateurs qualifiés de l'odeur ambiante dont les jugements sur celle-ci sont moins variables dans le temps et ne sont que légèrement altérés par les variables du terrain (vent, humidité, température). La formation des Inspecteurs-Odeurs s'échelonne habituellement sur quelques jours et comporte des sessions données en classe et sur le terrain. La liste qui suit présente les notions apprises lors de celle-ci.

- micrométéorologie;
- vocabulaire relatif aux odeurs;
- l'échelle d'intensité odeur au n-butanol;;
- la reconnaissance des odeurs;
- le ton hédonique de l'odeur;
- l'intensité de l'odeur;
- les normes de procédures;
- l'écriture de rapport technique.

Des examens sur la mémoire olfactive et l'évaluation du ton hédonique et de l'intensité de l'odeur sont ensuite menés pour vérifier l'acquis du nouvel inspecteur. Le travail de l'inspecteur consiste à faire le suivi de l'odeur de l'activité de compostage et de remettre ses rapports d'inspections aux responsables du site et aux autorités, selon la fréquence choisie. Habituellement, les inspections se font deux fois par jour et lorsque l'inspecteur détecte une anomalie.

4.2 PROGRAMMES DE SUIVI AVEC LES CITOYENS

Une deuxième technique, similaire à celle des Inspecteurs-Odeurs fait appel à des riverains pour réaliser le suivi. Ayant conscience des nuisances répertoriées par les citoyens, les administrateurs de site de compostage peuvent appeler à leur collaboration pour qu'un suivi des odeurs soit réalisé par ceux-ci. Les principaux objectifs de ce type d'étude de suivi sont :

Les informations demandées sur les cartes-réponses sont :

- le numéro d'identification de l'observateur;
- la date et heure précise de l'observation;
- les conditions météorologiques (nuage, pluie, neige, ensoleillé ou partiellement ensoleillé);
- les conditions des vents (peu de vent, venteux ou très venteux);
- l'état physique de l'observateur (en santé ou enrhumé, grippé);
- le type d'odeur perçue (compost, pollution, déchets en putréfaction, œufs pourris, égouts et autre);
- l'intensité de l'odeur identifiée sur une échelle de 0 à 5 (0 représentant l'absence d'odeur, 1 une odeur à peine perceptible, 2 une odeur faible, 3 une odeur d'intensité moyenne, 4 une forte odeur et 5 une odeur insoutenable).

Cette technique a comme avantage d'impliquer le citoyen dans le processus de règlement de la problématique d'odeur. Par contre, l'objectivité et l'assiduité des citoyens participant peuvent devenir un problème.

4.3 CAMPAGNE DE SUIVI ET DE MODELISATION DE L'IMPACT

La modélisation de l'impact odeur consiste à effectuer un bilan des émissions des principales sources d'émissions d'odeurs sous divers modes opératoires caractéristiques du site (ex. : retournement d'andains, bassin de collecte des lixiviats, etc.). Puis, à l'aide de données météorologiques historiques, une quantification de l'impact (distance à laquelle les odeurs sont perçues) est réalisée pour chaque scénario d'opération. Cette approche est la plus fréquemment utilisée. Elle est particulièrement intéressante à l'étape de conception d'un site car elle permet les aspects odeurs dans la planification des opérations.

Le but de l'étude d'impact-odeur est de déterminer l'étendue de la dispersion des odeurs émises par le compostage. Les objectifs sont de déterminer la fréquence à laquelle le voisinage est exposé aux odeurs, les concentrations de ces odeurs potentielles, ainsi que la distance par rapport au site à partir de laquelle une concentration significative d'odeur est décelable selon des données météorologiques réelles.

L'impact des émissions odorantes sur la qualité de l'air avoisinant est quantifié grâce à des calculs de dispersion atmosphérique des contaminants odorants en utilisant les modèles de dispersion. La dispersion atmosphérique des odeurs émises à l'atmosphère par les différentes sources est simulée à l'aide du logiciel de dispersion tel que Tropos Impact©. Ces logiciels doivent disposer de modèles intégrant la perception des odeurs.

Afin d'effectuer une modélisation affinée de la dispersion des odeurs, une stratégie différente des logiciels usuels tel que ISCST de l'EPA doit être employée. La perception des odeurs chez l'homme est un stimulus instantané. L'efficacité et la rapidité d'analyse de notre appareil nous permettent de

sentir les fluctuations de concentration d'odeurs sur de brefs intervalles de temps. L'intensité de l'odeur perçue est donc directement liée aux pointes de concentration plutôt qu'à la concentration moyenne des odeurs. Les modèles de dispersion classiques ne sont pas appropriés afin d'estimer l'impact odeur puisqu'ils évaluent des concentrations moyennes. En effet, notre nez perçoit les pointes de concentrations qui peuvent dépasser de plusieurs fois le seuil de perception olfactif du gaz odorant bien que la concentration moyenne soit plus faible.

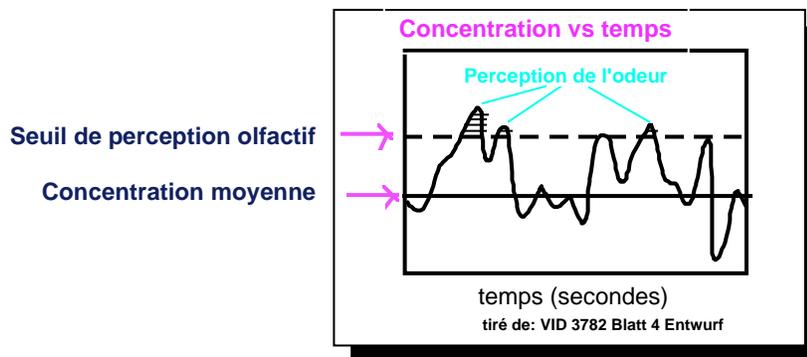


Figure 4-2 Schématisation des fluctuations des concentrations d'odeurs en fonction du temps dans l'air ambiant (adapté de Verein Deutscher Ingenieure, 1991).

L'approche proposée ici permet de prendre en considération la perception des odeurs et les pointes de concentrations. Elle consiste à utiliser le modèle de Gifford en combinaison avec le modèle bigaussien classique pour obtenir une expression des concentrations maximales instantanées (Pagé et Guy, 1997).

Cette approche possède l'avantage de considérer l'effet de serpentement du panache et d'en prédire l'impact sur les pointes de concentration qui sont perçues (Pagé et Deprelle, 1998).

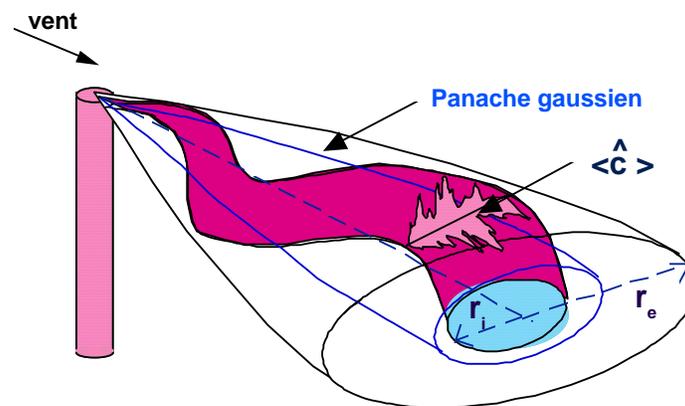


Figure 4-3 Schématisation des fluctuations de concentration dans un panache odorant.

Les données fournies au modèle de dispersion se divisent en quatre catégories :

- caractéristiques des points émetteurs (sources);
- caractéristiques des émissions (rejets aux sources);
- données météorologiques ;
- caractéristiques des points récepteurs.

Une fois les simulations complétées, il devient possible de déterminer la fréquence d'exposition à différents niveaux d'odeurs.

4.4 TECHNOLOGIES DE SURVEILLANCE EN TEMPS REEL DES ODEURS

La réponse de chacun aux odeurs est variable et rend celles-ci difficiles à mesurer. Dans le cas particulier des odeurs de compostage, la tâche est d'autant plus ardue qu'une quantité importante de molécules, ayant chacune leur odeur propre, constituent le mélange odorant. Les effets de synergie et d'inhibition entre les différentes odeurs occasionnent cette difficulté. Pour ces raisons, les approches sensorielles tel que l'olfactométrie sont les plus fiables. Cependant, il s'agit d'un processus ponctuel.

Des technologies de nez électroniques pour la surveillance en temps réel des odeurs sont aussi disponibles. Ces mesures ont plusieurs avantages qui font qu'elles sont préférées aux mesures avec les comités de citoyens. Les principaux sont leur objectivité, leur précision, leur répétabilité et la possibilité d'effectuer des mesures en continu.

Le terme nez électronique est utilisé lorsqu'un réseau de capteurs chimiques non-spécifiques est jumelé à une unité de traitement informatique dans le but de reconnaître ou de mesurer la concentration d'un gaz ou d'une odeur. Les nez électroniques tirent leur nom de la ressemblance qu'ils ont avec le système olfactif humain et dont ils sont fortement inspirés.

Le nez humain contient environ cinquante millions de neuro-récepteurs, reliés à dix milles neurones primaires. Ces dernières sont à leur tour en contact avec une deuxième couche de neurones qui vont se greffer au bulbe olfactif, dans le cortex cérébral, où l'odeur est reconnue. Dans le système de nez électronique, les neuro-récepteurs sont remplacés par un réseau de capteurs. Les interactions entre les différentes molécules gazeuses et les capteurs altèrent la conductivité de ces derniers dont les lectures représentent un vecteur de données propre à une certaine odeur, gaz ou concentration. Les deux couches de neurones et le cortex cérébral sont supplées par un élément logiciel de reconnaissance sur ordinateur, souvent un réseau de neurones artificiels à deux couches.

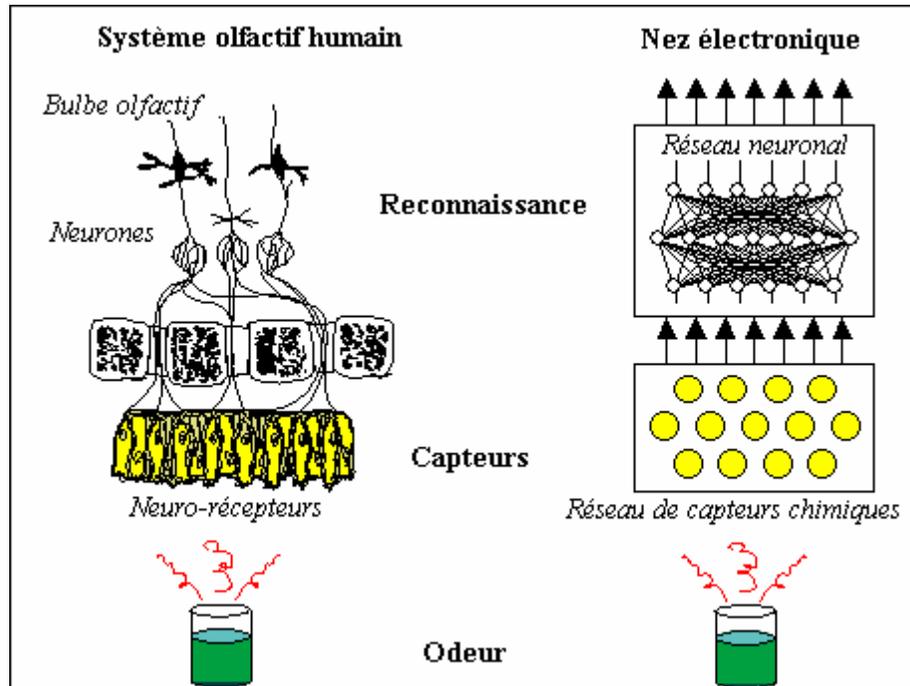


Figure 4-4 Comparaison entre le nez électronique et le système olfactif humain

Les premiers travaux sérieux sur les nez électroniques se penchèrent surtout sur la détection des composés volatils toxiques ou inflammables et sur la discrimination des odeurs. Depuis, l'utilisation des nez électroniques s'est généralisée sous l'influence de la recherche au niveau des capteurs, des méthodologies d'entraînement et des algorithmes de reconnaissance.

Les travaux utilisant le nez électronique dans la détermination des concentrations-odeurs sont, par contre, à un stade moins avancé. En effet, la plupart des travaux jusqu'à maintenant dans le domaine des odeurs se sont concentrés sur la discrimination des odeurs, soit entre des odeurs provenant de sources distinctes, soit entre les variantes d'odeurs d'une seule et même source. La recherche sur la quantification des odeurs par un nez électronique se concentre essentiellement sur la fabrication de nouveaux systèmes et sur l'élaboration de nouvelles techniques logicielles de reconnaissance. Récemment, certaines équipes ont réussi à coupler l'olfactométrie et les nez électroniques pour la calibration de ceux-ci.

En couplant des nez électroniques en réseau à une tour météorologique locale et un modèle de dispersion, il devient possible d'effectuer un monitoring en continu des odeurs et de déterminer l'impact sur le voisinage.

4.5 LISTE DE REFERENCES

- André P., Boreux J.J., Hanson A., Nicolas J., Thoen D., Vassel J.L. (1995) Mesures olfactives dans Mesures et environnement – Chapitre 14 : Environnement, rédigé pour l'ouvrage collectif *La mesure et l'instrumentation – État de l'art et perspectives*, Masson, 412 pages.
- Cain W.S., de Wijk R., Lulejian C. Schiet F. et See L.C. (1998) Odor identification : perceptual and semantic dimensions, *Chemical Senses* 23, 309-326.
- Communauté Urbaine de Montréal. (1986). *Règlement n° 90 de la CUM, relatif à l'assainissement de l'air*.
- Frechen, F.B. (1994) Odour emissions of wastewater treatment plant – recent German experiences, *Water science and technology* 30 (4), 35-46.
- Finnigan J. (1998) Odour measurement and minimisation within the west of Scotland. Article présenté au 2nd CIWEM National conference on Odour Control in Sewage Treatment, Londres.
- Gifford F.A. (1959). Statistical properties of a fluctuating plume dispersion model. *Advances in Geophysics*, 6, 117-138.
- Gostelow P., Parsons S.A. et Stuetz R.M. (2000) Odour measurement for sewage treatment works, *Water Research* Vol. 35 no. 3, 579-597.
- Gruber E.K., Harding M.L. et Kuchenrither R.D. (1990) Odor Control at Philadelphia's Sludge Processing and Distribution Center, in Proceedings of the WPCF Specialty Conference Series, New Orleans, USA.
- Haug R.T., Ludwig K.L. et Haase C. (1998), Co-Composting Observations on European and U.S. Facilities, Proceedings of the National Conference on Municipal Waste Treatment Plant Sludge Management, Palm Beach, U.S.A.
- Haug R.T. (1993), *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis, Publishers, 717 pages.
- Hobson J. (1995) The odour potential : a new tool for odour management. *Journal of Chartered Institution of Water And Environmental Management*, 9, 458-463.
- Jiang J.K. (1996) Concentration measurement by dynamic olfactometer, *Water Environment Technology* 38, 337-344.
- Koe L.C.C. (1989) Sewage odors quantification dans : Cherehisinoff, P.N. (ed) *Encyclopedia of Environmental Control Technology Volume 3: Wastewater Treatment Technology*, Houston, Gulf Publishing Company, 423-446.
- Laing D.G., Eddy A. et Best D.J. (1994) Perceptual characteristics of binary, trinary and quaternary odor mixtures consisting of unpleasant constituents, *Physiology and Behavior* 56, 81-93.
- Laska M. et Hudson R. (1991) A comparison of the detection thresholds of odour mixtures and their components, *Chemical Senses* 16, 651-662.
- Maekawa T. *et al.* (2001), Compensatory methods for the odor concentration in an electronic nose system using software and hardware, *Sensors and Actuators B* 76, 430-435.
- Negri M. et Reich S. (2001), Identification of pollutant gases and its concentrations with a multisensor array, *Sensors and Actuators B* 75, 172-178.

Nicolas J. (2002) Campagne de mesure des odeurs sur le CET de Mont Saint-Gabriel – Mise au point d'une méthode d'estimation des nuisances, ISSeP, 28 pages.

Odour concentration measurement by dynamic olfactometry. CENTC264/WG2, Comité Européen de Normalisation.

Ostojic, N., O'Brien, M. A., and Duffee, R. A. Limitation of Incineration in Odor Control, Proceedings of the 84th Annual Air and Waste management Conference, Vancouver, Canada Paper No. 91-147.2, June 1991.

Pagé T. et al. (2003). Tropos Impact© version 7.0, Copyright ODOTTECH.

Pagé T., Deprelle P. (1998). *Berechnung der Geruchsausbreitung aus bodennahen Quelle nach Gifford für mäandrierende Fahnen, Gerüche in der Umwelt: Innenraum und Aussenluft Bad Kissingen*, VDI DIN Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL), Allemagne, 4 - 6 mars.

Pagé T., Guy C. (1997). Odor Dispersion Modeling. 90th Annual Meeting of the Air & Waste Management Association, CD#97-TA35.05, Toronto, Canada.

Patterson M.Q., Stevens J.C., Cain W.S. et Commeto-Muniz J.E. (1993) Detection thresholds for an olfactory mixture and its three constituents compounds, *Chemical Senses* 18, 723-734.

Verein Deutscher ingenieure. (1991). *Ausbreitung von Geruchsstoffen in der Atmosphäre*, VDI 3782, Germany.

5.0 CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ET ÉTUDES DE CAS

5.1 LES APPROCHES RÉGLEMENTAIRES GÉNÉRALES POUR LES ODEURS

Les odeurs générées par plusieurs types d'activités industrielles peuvent causer des nuisances au voisinage et dans certains cas représenter un risque pour la santé publique suite à la détérioration de la qualité de vie². Certains composés odorants peuvent en effet occasionner, dans certaines conditions et au-delà de seuils de concentration dans l'air, des problèmes de santé. Dans le cas du compostage aux fins de valorisation, les risques pour la santé se situent principalement au niveau des travailleurs sur le site, alors qu'au-delà des limites du site ce sont principalement les odeurs qui préoccupent, le cas échéant, les populations voisines d'installations et les autorités réglementaires.

Les stratégies de contrôle réglementaire des odeurs impliquent à la fois les exploitants ainsi que le législateur. Des odeurs sont produites dans divers secteurs d'activité humaine. De façon générale on définit une approche philosophique de contrôle des émissions d'odeurs comme un cadre qui permet d'identifier la source d'un problème d'odeurs, le coût approprié pour le résoudre et la répartition de ces coûts en fonction des différentes sources d'odeurs (industrie, automobiles, agriculture)³. La Figure 5-1 illustre comment une philosophie de contrôle réglementaire agit. Chaque type d'approche philosophique de contrôle réglementaire engendre la définition de normes et de législations spécifiques.

Une approche philosophique qui recouvre tous les aspects d'un bon contrôle réglementaire des odeurs a une rentabilité élevée. Elle est simple, facilement applicable, flexible et évolutive. Elle rapporte le maximum de bénéfices pour le contrôle d'émission d'odeurs. Elle est facile à appliquer et ne demande pas d'interprétation légale. De plus, elle spécifie clairement les responsabilités de chaque partie concernée, elle n'est pas sensible à des difficultés particulières (équipements endommagés, etc.) et s'adapte facilement aux nouvelles technologies du domaine.

D'une façon générale, les diverses approches législatives sont adoptées pour le contrôle des odeurs. Elles sont brièvement décrites ci-après. Malgré leurs distinctions, elles sont souvent jumelées pour leur application.

² Environnement et Santé publique, fondements et pratique, éd. Edisem, février 2003

³ Air Pollution Control Engineering, Noel de Nevers, 1995.

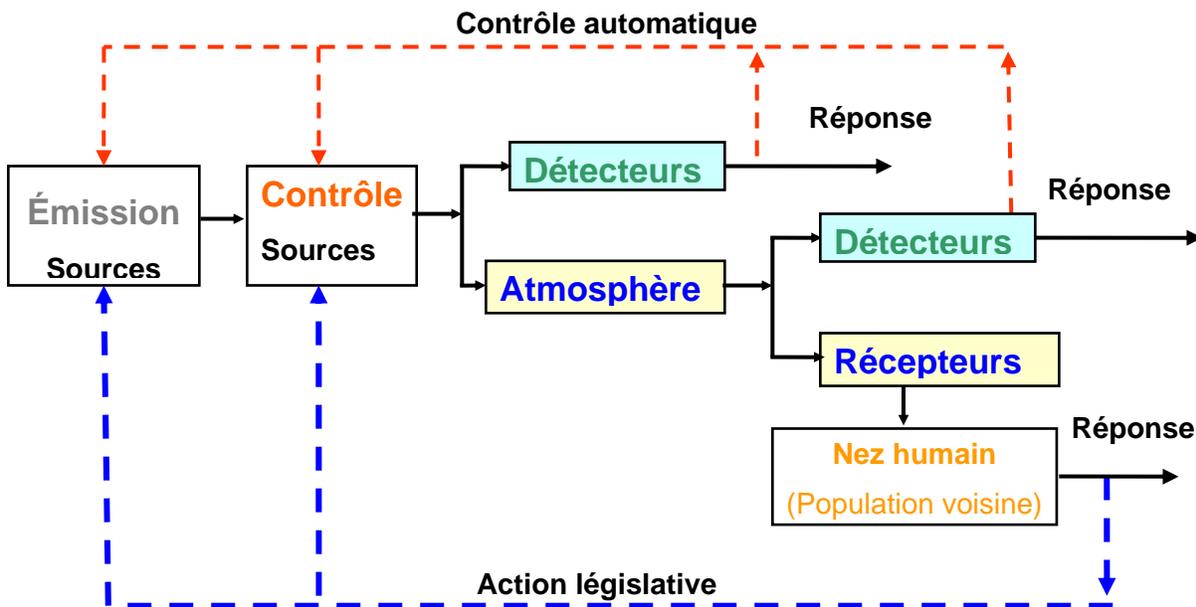


Figure 5-1 Système de contrôle des émissions d'odeurs.

Approche philosophique 1 : Normes d'émission

Cette approche repose sur le fait que le niveau de contrôle possible des émissions est limité pour différentes catégories d'émetteurs. Dans le domaine du traitement des matières résiduelles, une approche courante est basée sur la meilleure technologie disponible, c'est-à-dire que, par exemple, tous les industriels d'une catégorie donnée doivent faire usage de la meilleure technologie disponible pour contrôler les émissions et maintenir le bon fonctionnement des équipements ou méthodes de contrôle.

Elle repose aussi sur l'évaluation de la meilleure technologie disponible par les organismes gouvernementaux, provinciaux ou locaux qui autorisent une activité industrielle. Souvent, il y a un intérêt à associer l'application de la théorie des normes d'émissions avec celles concernant la qualité de l'air (approche philosophique 2).

L'approche est simple une fois l'établissement de normes d'émission et de méthodes analytiques appropriées pour en vérifier le respect. Elle peut être implantée facilement et ne nécessite que la surveillance de son application. Elle comporte toutefois plusieurs désavantages lorsque les normes sont strictes et appliquées uniformément. Sa flexibilité peut être considérée comme limitée. Si l'usine tarde à recevoir son équipement de contrôle ou si l'équipement existant est brisé, les alternatives sont peu efficaces : fermer l'usine, donner des amendes aux opérateurs ou permettre l'opération de l'usine, sans les équipements, pour une période déterminée. L'expérience montre que ces

alternatives sont politiquement difficiles à appliquer et, dans le dernier cas, elle entraîne des délais prolongés.

Approche philosophique 2 : Normes de qualité de l'air

Cette approche est basée sur l'existence de limites d'exposition olfactive pour les gaz odorants. Ces seuils limites d'expositions sont établis suite à des études dose-réponse et une marge de sécurité est additionnée pour protéger la santé humaine (par exemple un pourcentage de temps durant lequel l'exposition dépasse 1 u.o./m³). Cette approche est notamment utilisée en Allemagne et aux Pays-Bas ainsi que dans la majeure partie des pays qui possèdent une législation plus élaborée pour les odeurs.

Lors de l'application de normes de qualité de l'air, les émissions sont mesurées à la source et comparées aux valeurs des normes à l'immission⁴ suite à l'utilisation d'un modèle de dispersion. Dans certains cas, des mesures sont réalisées directement à l'immission pour évaluer le respect des critères environnementaux. Si les quantités mesurées excèdent les normes, des amendes sont infligées et la réduction des émissions doit être prévue. Pour déterminer quelles émissions doivent être réduites et dans quelle proportion, un modèle qui décrit la relation entre les émissions d'odeurs et la qualité de l'air ambiant doit être utilisé. Lorsque les normes sont respectées, des études pour prédire la qualité future de l'air doivent être réalisées, en considérant la croissance de la population et la croissance industrielle ainsi que l'étalement urbain. Les prévisions obtenues par les études doivent répondre aux normes actuelles. Dans le cas contraire, des actions doivent être prises pour éviter ces violations.

L'application de cette approche philosophique a une bonne rentabilité. En effet, les dépenses pour le contrôle des odeurs sont concentrées sur les zones ayant des grands problèmes d'émissions alors que les zones de faibles émissions coûtent moins. En contrepartie, l'approche philosophique des normes de qualité de l'air n'est pas simple. La relation entre les émissions et la qualité de l'air à un endroit spécifique est dictée par les conditions météorologiques (dispersion, etc.). De plus les calculs pour établir la réelle contribution de chaque source d'émission, individuellement, peuvent s'avérer ardues. En conséquence, il est difficile d'établir, avec précision, quelles sont les émissions qui affectent cet endroit. Ceci dit, l'application des normes de la qualité de l'air est raisonnable. Si l'odeur provient d'une seule source importante, la responsabilité est facilement attribuable. Là où des mélanges d'odeurs sont présents, ou encore, là où l'odeur provient de la réaction de plusieurs sources, définir le responsable est plus difficile.

Cette théorie permet également une certaine flexibilité. Ceci est dû aux moyens variés disponibles pour atteindre les normes fixées. Ces moyens sont réglementés localement ou par les provinces en accord avec leur jugement, à l'intérieur de certaines limites. Ainsi, des cas particuliers, par exemple, peuvent être traités localement. Lorsque des études fournissent des nouvelles données, les normes peuvent facilement être altérées. Cependant, la création de nouvelles réglementations d'émissions est coûteuse et consomme du temps.

⁴ Valeur en air ambiant aux points d'impacts.

Approche philosophique 3 : Taxes d'émission

Actuellement, l'approche philosophique des taxes d'émission, tout comme celle de coût-bénéfice, n'est pas appliquée à grande échelle. Elle est cependant discutée théoriquement dans des articles académiques. Elle représente quand même des alternatives pour le futur.

Son application consiste à taxer les sources selon leurs taux d'émissions. Ces taxes sont établies de telle sorte qu'il est plus économique d'installer un système de traitement et de contrôle. Toutefois, il n'y a pas de pénalités prévues pour les sources qui préfèrent payer des taxes plutôt que de contrôler les émissions.

L'application de cette approche philosophique peut apporter des résultats intéressants. En premier lieu, ce type de fonctionnement transfère la gestion des odeurs aux promoteurs, faisant du degré d'émission une décision économique, et en conséquence, allège la charge des organismes gouvernementaux. Deuxièmement, les taxes sur les émissions devraient minimiser la mauvaise distribution des ressources pour le contrôle puisque chaque source choisit le moyen de contrôle qui lui convient, donc son efficacité.

Si elle est appliquée, la rentabilité de cette approche serait raisonnable. Les émetteurs ont le choix entre payer pour leurs émissions ou investir en équipement de contrôle. Toutefois, l'harmonisation des normes au niveau national pourrait causer un déséquilibre dans la distribution des ressources une fois que des sources éloignées pourraient opter pour des installations coûteuses pour éviter les taxes sans que les réductions d'exposition soient correspondantes.

Cette proposition ne touche que les sources plus importantes d'émissions, donc les réglementations ne concernent que les taxes à être appliquées et les méthodes analytiques des émissions. Dans ces conditions, l'approche philosophique des taxes d'émissions est simple. Dans le cas où des émissions moins importantes devraient être considérées, des complications surgiraient puisqu'il serait question de définir qui sont les émetteurs, comment seront distribués les taxes, etc. Puisqu'elle ne touche que les grands émetteurs, l'applicabilité de cette approche philosophique est excellente. De plus, le marché des analyses des émissions et de la certification de ces compagnies devrait s'élargir.

Cette approche implique un monitoring en continu des odeurs ou des mesures ponctuelles selon une fréquence imposée. Ce système de normes n'a pas besoin d'être flexible puisqu'en l'absence d'équipements de contrôle ou en cas de mauvais fonctionnement, les émetteurs paieraient les taxes correspondant à leurs émissions.

Elle a une bonne capacité d'évolution puisque les taxes peuvent être modifiées selon le besoin. Toutefois, il est important de faire ces changements avec précaution puisque les variations des normes ont des répercussions directes sur les industries. Cependant, pour les sources (usines, etc.), la variation des taxes risque de causer moins d'inconvénients que des allègements des normes, qui exigeraient des investissements en technologie, souvent assez coûteux.

Approche philosophique 4 : Analyse de coût-bénéfice

Selon cette approche philosophique, il n'y a pas de seuils limite d'exposition aux odeurs; s'ils existent, les atteindre serait trop coûteux. L'analyse de coûts-bénéfices propose de rationaliser les enjeux de l'émission des odeurs : quel niveau de nuisance doit être accepté et quel est le prix qu'il faut payer pour atteindre ce niveau.

Puisque l'objectif de cette approche philosophique est de diminuer le coût-bénéfice, sa rentabilité est excellente. En contrepartie, elle n'est pas simple. Pour chaque source émettant des odeurs, il existe une courbe de coût, et pour chaque individu exposé à des odeurs, il y a une courbe de nuisance relative à la concentration de l'odeur. De plus, pour chaque composé odorant, il y a une concentration donnée à un endroit spécifique. Pourtant, le nombre de variables est très grand (minimum : autant de personnes qu'il y a dans le monde) De plus, il doit être défini à qui sont attribués les coûts et les bénéfices. Des questions morales se posent alors: peut-on, par exemple, associer une valeur monétaire à la vie humaine, à la santé ou à la qualité de vie. Étant donné la complexité de cette approche philosophique, il est suggéré que celle-ci soit plutôt utilisée dans les situations où il n'existe pas de seuil défini.

On ne retrouve présentement aucune publication qui discute des réglementations basées uniquement sur l'analyse de coût-bénéfice, c'est pourquoi on ne peut évaluer son applicabilité ou encore sa flexibilité. D'autre part, l'évolution des technologies ou la détérioration de l'air (nuisances) devraient être facilement introduites dans l'équation de coût-bénéfice pour modifier les réglementations.

5.2 APPROCHES RÉGLEMENTAIRES APPLIQUÉES AU COMPOSTAGE

Au cours des dernières décennies les odeurs ont fait l'objet d'un nombre sans cesse croissant de plaintes auprès des agences gouvernementales un peu partout dans le monde. Selon Mahin (2001), cela est en bonne partie attribuable au fait que de plus en plus d'habitations et de zones résidentielles sont aménagées à proximité de zones rurales et industrielles, la disponibilité de terrain étant limitée. En Europe, la densité élevée de la population dans les grandes villes serait à l'origine de problèmes d'odeurs considérables, qui ont mené à l'élaboration de plusieurs réglementations.

Parallèlement, le nombre et l'envergure croissantes d'établissements d'élevage intensif d'animaux de ferme et de centres de traitement des eaux usées et des matières résiduelles (compostage et autres) qui n'ont pas, dans la plupart des cas, de système de contrôle des odeurs en place, augmentent le potentiel.

Ainsi, de plus en plus de juridictions canadiennes, américaines et européennes adoptent des critères et stratégies réglementaires qui visent à contrôler, directement ou indirectement le niveau d'émission d'odeur dans l'environnement. Une réglementation d'approche directe fixe des limites d'émission au-delà de seuils précis. Les limites établies dans ces législations, les moyens de contrôle permis et les modalités d'application diffèrent d'une juridiction à l'autre. La plupart d'entre-elles s'appliquent surtout à d'autres secteurs d'activités que le compostage, également susceptibles

de causer des nuisances d'odeurs (traitement des eaux usées, transformation d'aliments, élevages agricoles, etc.).

Or, le caractère subjectif de la perception d'une odeur rend difficile la mesure précise et fiable de l'émission d'odeur. Pour cette raison, des approches indirectes de contrôle sont souvent privilégiées : zones tampons et distances séparatrices, restrictions en fonction de la nature et de l'envergure des opérations, mesure privilégiant la formation des opérateurs, plans de communication, etc. (Redwine et Lacey, 2000).

Dans tous les cas, le défi consiste à mettre en place un cadre et des critères réglementaires qui préviennent efficacement les problèmes d'odeurs sans toutefois être trop conservateurs ce qui pourrait freiner le développement d'activités.

D'une façon générale, les approches réglementaires répertoriées comprennent l'une ou l'autre, ou encore une combinaison, des stratégies suivantes :

- 1) Des normes de qualité de l'air qui fixent des limites de concentration à respecter pour certains composés odorants dans l'air ambiant. On rapporte en particulier des concentrations limites pour le sulfure d'hydrogène (H_2S) applicables aux stations de traitement des eaux usées et certaines productions agricoles (élevages intensifs d'animaux de ferme). L'inconvénient de cette approche est de se fier à un seul composé pour l'évaluation des odeurs surtout que les critères mentionnés dans la littérature varient largement pour ce composé.;
- 2) Des normes de qualité de l'air basées sur une concentration-odeur (u.o./m³) dans l'air ambiant correspondant à un seuil de perception olfactif (D/T^5) établi par olfactométrie dynamique.
- 3) Des critères basés sur l'approche de la meilleure technologie de contrôle disponible « BACT » (*Best Available Control Technology*) qui spécifient des niveaux de traitement et de contrôle des odeurs requis pour les nouveaux sites ou les lieux de traitement remis à niveau.
- 4) Des critères de localisation et d'aménagement des sites de valorisation de matières résiduelles fertilisantes, en vue de la prévention de l'émission éventuelle de mauvaises odeurs; distances séparatrices d'éléments sensibles (zones résidentielles, etc.), délais d'entreposages, etc.
- 5) Des exigences plus générales pour éviter des nuisances d'odeur à l'extérieur des sites de compostage; on observe dans certaines juridictions des procédures d'évaluation qui s'appliquent en cas de problèmes d'odeurs signalées par des plaignants, et qui sont basées sur le recours à des inspecteurs responsables de classer les odeurs suivant une échelle d'intensité.

⁵ D/T (Dilution to threshold) : nombre d'unités odeur dans 1 m³ de gaz ou encore nombre de dilutions (avec de l'air inodore) nécessaire pour obtenir un mélange dont l'odeur est perçue par 50 % d'un jury formé d'au moins 4 personnes flairant cet échantillon. Le terme français est «concentration odeur» en u.o./m³.

- 6) Des exigences basées sur la réalisation d'une étude d'impact d'odeur dans certaines conditions de localisation et de capacité des installations, qui permet de prédire le potentiel de nuisances d'odeurs pour les communautés voisines.
- 7) Des exigences pour les exploitants d'établir un plan de communication, des mesures de contrôle et de mitigation ou encore des stratégies d'intervention en cas de problèmes d'odeurs.

Plusieurs États américains ont fixé des limites d'odeurs à respecter dans l'air ambiant qui s'appliquent surtout aux activités d'élevage et d'épandage, mais également aux stations de traitement des eaux usées et dans certains cas aux sites de compostage (Mahin, 2001).

Tableau 5-1 Exemples de limites d'odeur utilisées aux États-Unis

JURIDICTION	LIMITES À L'EXTÉRIEUR DU SITE	DURÉE MOYENNE D'EXPOSITION
Allegheny County (WWTP)	4 D/T (implantation)	2 minutes
San Francisco Bay Area (District)	5 D/T	Applicable après au moins 10 plaintes pendant 90 jours
État du Colorado	7 D/T (mesuré au Scentomètre)	
État du Connecticut	7 D/T	
État du Massachusetts	5 D/T*	
État du New Jersey	5 D/T**	5 minutes ou moins
État du North Dakota	2 D/T (mesuré au Scentomètre)	
État du Oregon	1 à 2 D/T	15 minutes
Ville de Oakland, CA	50 D/T	3 minutes
Ville de San Diego WWTP	5 D/T	5 minutes
Ville de Seattle WWTP	5/D/T	5 minutes

Adapté de Mahin (2001).

* Critères préliminaires pour les sites de compostage

** Pour les sites de traitement des biosolides municipaux

Depuis une trentaine d'années, la tendance réglementaire observée en Europe est basée sur les mesures quantitatives des odeurs, soit sur la mesure des émissions et l'utilisation de modèles de dispersion afin de déterminer le niveau d'exposition potentiel aux odeurs et les seuils de détection au-delà desquels une nuisance peut survenir. Une méthode fiable de mesure de la concentration d'odeur est un outil indispensable à l'utilisation de cette approche. La notion de nuisance attribuée aux odeurs était auparavant réglementée par le « *Common Sense Regulations* ». Une industrie produisant des odeurs était localisée dans une région éloignée. D'autres principes généraux sont inclus dans cette notion de nuisance et sont toujours appliqués dans certains pays dont le système légal est basé sur ce cadre légal (Van Harreveld, 2002).

Chaque pays européen a établi sa propre normalisation au niveau national. Ces standards nationaux sont présentement remplacés par la méthode européenne standard EN 13725 :2003 introduite en avril 2003, après 10 ans de préparation. Elle constitue une méthode standard de mesure d'odeur en laboratoire par olfactométrie. Elle est désignée par : « *Air Quality Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry* » et introduit la notion de « EROM » soit la masse qui est uniquement détectable quand elle est évaporée dans 1 m³ d'un gaz non odorant (neutre) équivalent au 123 µg n-butanol⁶.

Aux Etats-Unis, cette approche de détermination de la concentration d'odeur par olfactométrie dynamique⁷ est de plus en plus utilisée, surtout depuis qu'un sous comité de l'*Air & Waste Management Association (A&WMA)* a préparé de nouveaux critères et émis des recommandations pour la standardisation des procédures d'échantillonnage et des techniques de mesure d'odeur par olfactométrie dynamique. Ces critères ont été proposés en août 2002 pour constituer un guide plus détaillé de mesure d'odeur afin de remplacer l'ancienne méthode ASTM E679-91 appliquée auparavant pour ce type de mesure. Les critères de A&WMA sont similaires à la méthode de standardisation européenne, mais ils sont plus flexibles sur les méthodes d'analyse. Cela complique par ailleurs la comparaison des valeurs obtenues d'une méthode à l'autres.

Les critères de l'A&WMA sont similaires à la méthode de standardisation européenne, mais ils sont plus flexibles dans le sens qu'ils permettent l'utilisation des débits gazeux aux cornets de flairage de l'olfactomètre. Ceci représente potentiellement un problème au moment de la comparaison des résultats entre les laboratoires. En effet, le seuil peut varier de façon importante en fonction du débit (de 2 l/min à 40 l/min). L'approche européenne propose un débit minimal de 20 l/min afin d'éviter cette variabilité d'un appareil à l'autre. Un débit de 20 l/min assure d'autant plus un volume adéquat d'air odorant afin d'éviter la dilution avec de l'air ambiant lors de l'inhalation au cornet de flairage (Van Harreveld, 2002).

Avec les nouveaux critères de l'A&WMA, une analyse importante est requise dans le futur. En effet, les critères standards d'odeur (u.o./m³, en anglais OU/ m³ ou D/T) utilisés présentement aux Etats-Unis étaient traditionnellement basés sur les faibles débits gazeux aux cornets de flairage des olfactomètres utilisés dans le passé. Il est à espérer que ces critères seront consistants avec les critères standards européens qui sont basés sur des débits gazeux aux cornets de flairage des olfactomètres associée à la nouvelle norme standard européenne. De nouvelles recherches sont requises afin de pouvoir comparer des résultats d'analyses d'échantillons d'odeur obtenus avec des débits gazeux différents aux cornets de flairage (Van Harreveld, 2002).

Les sections qui suivent présentent des exemples concrets de ces juridictions en Amérique du Nord et en Europe. Elles exposent également quelques études de cas qui illustrent l'application pratique des approches réglementaires de contrôle des odeurs, dans des situations spécifiques.

⁶ En d'autres termes (10 E.O.u.o.E/m³ = 40 ppm/v).

⁷ ASTM E679-91 (Standard practice for Determination of odor and Taste Thresholds by a Forced-choice Ascending concentration series Methods of limits)

5.2.1 Exemples de réglementation en Amérique du Nord

La présente section dresse un portrait général des principales réglementations en vigueur en Amérique du Nord concernant spécifiquement le contrôle des odeurs liées aux activités de compostage. Aux États-Unis comme au Canada, il n'y a pas de réglementation fédérale concernant les odeurs. L'Agence américaine de protection de l'environnement (le US EPA), identifie « l'odeur » à une nuisance dans sa documentation abordant les aspects du compostage. Elle traite brièvement des sources potentielles d'odeurs, de la nécessité de développer une stratégie de contrôle des odeurs et de l'efficacité des différentes technologies de traitement des odeurs disponibles.

Les problématiques d'odeurs sont considérées d'intérêt local et la réglementation dans ce domaine relève des états et des provinces ou, dans certains cas, des municipalités. Ainsi, chaque état/province a conçu individuellement sa propre approche législative, soit directement, par une réglementation spécifique ou par une standardisation d'une limite/seuil d'odeur, soit indirectement, par l'édiction de normes de localisation, de distances séparatrices d'éléments sensibles aux odeurs et de diverses restrictions s'appliquant aux opérations de compostage.

La très grande majorité des états américains et des provinces canadiennes n'ont pas adopté, pour les activités de compostage, de réglementation directe par le biais de normes d'émission ou de limite de concentration-odeur à respecter dans l'air ambiant. La plupart des juridictions nord-américaines ont plutôt opté pour une approche indirecte en exigeant des promoteurs et des exploitants de sites de compostage le respect de distances séparatrices, la mise en place d'un plan de gestion des odeurs et d'intervention en cas de plaintes d'odeur, et autres exigences de contrôle des opérations de compostage. Le Tableau 5-2 résume sommairement les principaux critères de contrôle des odeurs adoptés par quelques juridictions américaines pour les activités de compostage.

Les approches réglementaires nord-américaines les plus pertinentes à la présente étude, et celle qui s'appliquent au Québec pour le compostage, sont présentées de façon plus détaillée dans les sections suivantes pour les états du Massachusetts et de la Californie, puis pour l'Ontario et le Québec.

Tableau 5-2 Exemples de réglementations nord-américaines pour le contrôle d'émission d'odeur issues d'activités de compostage

ÉTAT	CRITÈRE RÉGLEMENTAIRE DE CONTRÔLE DES ODEURS
Californie	<ul style="list-style-type: none"> – Un plan de gestion des odeurs doit être élaboré, soumis pour approbation et révisé annuellement; il doit inclure un plan d'intervention en cas de plaintes d'odeurs.
Colorado	<p>Normes de qualité de l'air applicables à tout type d'activité (sauf les établissements d'élevage de porcs qui ont des normes bien spécifiques) :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dans les zones à usage résidentiel et commercial, la limite dans l'air ambiant est de 7 D/T (mesuré avec un Barnebey-Chaney Scentomètre ou autre équipement autorisé par le Colorado Air Pollution Control Division) – Dans les autres zones, la limite est de 15 D/T.
Florida	<ul style="list-style-type: none"> – Installation obligatoire d'un contrôle des odeurs
Illinois	<ul style="list-style-type: none"> – Distances séparatrices à respecter (résidence, école, etc.) – Mesures spécifiques pour le contrôle des odeurs et des plaintes
Indiana	<ul style="list-style-type: none"> – Distances séparatrices à respecter lors de l'émission de permis
Indianapolis	<ul style="list-style-type: none"> – Critères de localisation des sites et distances séparatrices d'éléments sensibles – Nécessité d'implanter des pratiques et essais pour traiter les odeurs et de les empêcher de migrer en dehors du site
Massachusetts	<p>Critères préliminaires détaillés sur l'émission d'odeurs pour les nouveaux sites et les sites existants de compostage des biosolides et des résidus domestiques mixtes (MSW) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Obligation de réaliser une étude d'impact-odeur utilisant un modèle de dispersion des odeurs (ISCST est recommandé) et concentration-odeur de 5 D/T à respecter à la limite de propriété – Niveaux d'odeurs divisés en classes pour les composés odorants – Recommandation d'un protocole de modélisation pour les études d'impact-odeur – Critères à respecter pour les technologies disponibles de contrôle des odeurs – Obligation de présenter un plan de gestion des odeurs et distances séparatrices prévues
Montana	<p>Une réglementation existait avant 2001; l'odeur était qualifiée de nuisance publique et dans une situation problème, les agences gouvernementales devaient démontrer qu'il y avait effectivement nuisance publique ce qui était complexe (identification de l'odeur spécifique et mesure de l'intensité), coûteux et faisaient appel aux tribunaux.</p> <p>Depuis 2001, la réglementation n'est plus en vigueur et les plaintes d'odeur reçues par le <i>Department of Environmental Quality</i> (DEQ) sont gérées par le biais de permis d'exploitation qui fixent des exigences pour les opérations susceptibles de nuire à la qualité de l'air.</p>
Caroline du Nord	<ul style="list-style-type: none"> – Des distances séparatrices sont établies selon la taille le type de sites de compostage (4 catégories selon la nature des intrants reçus) entre les aires de compostage et la limite de propriété, les résidences et les zones résidentielles; – Le site doit être conçu de façon à respecter les exigences applicables de contrôle de la pollution de l'air et de façon à minimiser les odeurs à la limite de propriété.
Ohio	<ul style="list-style-type: none"> – Un plan de gestion des odeurs est demandé lors de la demande d'autorisation/permis d'implantation et d'exploitation d'un site de compostage – Les installations de compostage sont classées en 4 catégories pour lesquelles les exigences environnementales diffèrent
New York	<ul style="list-style-type: none"> – Un plan de gestion des odeurs est requis lors de l'émission du permis
Rhode Island	<ul style="list-style-type: none"> – Distances séparatrices établies pour le compostage de chaque type de matière – Un plan de contrôle des odeurs doit être élaboré pour l'émission de permis

Note : Lorsque demandé par les autorités réglementaires, un plan de gestion des odeurs doit comprendre les éléments suivants : description des situations pouvant conduire à des problèmes d'odeurs, des méthodes utilisées pour la prévention et le contrôle des émissions d'odeurs et des méthodes de mitigation des impacts potentiels d'odeurs.

ÉTAT DU MASSACHUSETTS

L'État du Massachusetts est probablement celui qui a la réglementation la plus élaborée concernant l'émission d'odeurs associées au compostage. C'est également un état qui a connu un développement important du compostage en particulier des biosolides municipaux (boues de stations de traitement des eaux usées municipales) et des résidus verts, mais également d'autres types de matières résiduelles. Quelques problèmes notables d'odeurs ont été associés à des expériences de compostage des boues municipales et des résidus domestiques mixtes, ce qui a amené le département de protection environnementale (DEP) de l'État de Massachusetts à publier en 1996 un projet de « *Guide préliminaire et politique d'évaluation des odeurs aux sites de compostage* ». Les critères préliminaires édictés dans ce guide n'ont pas été révisés depuis.

La politique d'évaluation des odeurs de 1996 propose des exigences spécifiquement développées pour l'implantation et l'opération de sites de compostage de boues municipales et de résidus domestiques mixtes. L'expérience du Massachusetts démontre que dans ces installations, le besoin de planifier le contrôle des odeurs avant l'implantation est la règle plutôt que l'exception.

Toutefois, ces exigences peuvent s'appliquer à d'autres applications du compostage selon le cas. Elles visent à assurer que le risque d'émission d'odeurs dans ce type d'installation est géré de façon proactive, et de manière à prévenir efficacement des nuisances à l'extérieur du site. Les coûts de contrôle des odeurs sont minimisés par un contrôle préventif des odeurs potentielles plutôt qu'une intervention onéreuse lorsque les problèmes surviennent.

Les grandes lignes de cette politique d'évaluation des odeurs sont brièvement décrites comme suit.

Pour les nouvelles sources (nouveaux sites) :

Les nouvelles installations, sauf celles qui ne reçoivent que des résidus verts ou autres exceptions établies au cas par cas, doivent :

- Inclure des mesures de contrôle des émissions d'air provenant des opérations durant la phase active du compostage, et analyser le besoin de contrôle des odeurs des autres sources (piles de maturation, aire de mélange, etc.). Tout système de contrôle des odeurs doit être conçu pour respecter les limites d'émission applicables aux meilleures technologies de contrôle disponibles (*Best Available Control Technology, BACT*) et doit inclure toutes les pratiques raisonnables pour réduire et minimiser l'émission d'odeurs telles que déterminées par une analyse BACT des diverses technologies de contrôle disponibles.
- Réaliser une étude d'impact-odeur à l'aide d'un modèle de dispersion atmosphérique approuvé et démontrer par cette analyse que les odeurs susceptibles d'être émises (taux d'émission établis par l'analyse BACT) ne présentent pas de risque de nuisance en dehors de la propriété du site de compostage.

- Soumettre pour approbation un plan de gestion des odeurs comprenant les meilleures pratiques de gestion (*Best Management Practices, BMP's*). Le plan de gestion des odeurs doit, au minimum, inclure les éléments suivants :
 - un plan détaillant les procédures opérationnelles spécifiques qui doivent être utilisées, afin de minimiser la production des odeurs ;
 - un plan de contingence en prévision de situations de nuisance ;
 - un programme d'intervention en cas de plaintes incluant un plan de communication et des mesures d'implication des communautés voisines.

Pour les problèmes existants d'odeurs (sites existants) :

Les sites que le DEP estime être à la source ou contribuer à des problèmes d'odeurs doivent:

- Identifier et quantifier toutes les sources potentielles d'odeurs au site de compostage
- Soumettre au DEP, un plan d'intervention pour remédier aux problèmes existants des odeurs incluant un échéancier d'implantation des mesures de contrôle suivantes :
 - optimisation des procédures d'opération et d'entretien pour réduire les odeurs ;
 - installation d'un système de contrôle/traitement des émissions d'air pour les sources actives de compostage, et analyser le besoin de contrôle des odeurs des autres sources (piles de maturation, aire de mélange, etc.) ;
 - évaluer par une analyse BACT l'efficacité potentielle et la possibilité d'application des autres technologies de contrôle disponibles ;
 - démonstration de l'efficacité des stratégies de contrôle proposées en utilisant un modèle de dispersion atmosphérique approuvé par le DEP.
- Implanter toutes les étapes du plan d'intervention après son approbation par le DEP.

Valeur limites à respecter :

Les stratégies de contrôle des odeurs proposées doivent être évaluées sur la base d'une limite à respecter de 5 D/T à la limite de la propriété ou à un point d'impact maximal au-delà de cette limite, telle que déterminée par le modèle de dispersion approuvé par le DEP. Il s'agit d'un seuil maximal, puisque dans certains cas, le DEP peut être plus restrictifs et imposer une limite inférieure, pour tenir compte par exemple de conditions météorologiques ou topographiques particulières, d'éléments particulièrement sensibles du voisinage ou d'historique de nuisances chroniques d'odeurs. En tout temps, l'exploitant doit respecter la limite.

Les taux d'émission établis pour chacune des sources potentielles d'odeur lors de l'analyse BACT, et qui servent à l'étude d'impact-odeur, deviennent les taux d'émission permis pour l'exploitation du site, qui peuvent être différents pour chacune des sources identifiées. Les sources potentielles

incluent les émissions provenant du système de traitement (biofiltres, autres) ainsi que des aires d'entreposage et de maturation extérieures.

Méthodes d'analyse recommandées :

Pour tous les nouveaux sites de compostage les taux d'émission autorisés et établis par l'analyse BACT à chacune des sources potentielles d'odeur au site doivent être mesurés deux fois par année afin de vérifier la conformité des émissions avec les limites établies.. Les sites existants de compostage peuvent être soumis à ces mêmes vérifications si des problèmes de nuisances d'odeurs surviennent. L'échantillonnage et l'analyse de l'air émis des diverses sources doivent être faits selon les méthodes approuvées par le DEP. Lorsqu'il est démontré que les limites sont dépassées, l'exploitant doit expliquer ces dépassements, évaluer des mesures de réduction des émissions et proposer des solutions pour réduire les niveaux d'émission.

À cette politique d'évaluation des odeurs, le DEP joint un guide préliminaire qui décrit les méthodes d'analyses à utiliser pour l'évaluation des odeurs, les opérations susceptibles de produire des odeurs, les procédures générales d'échantillonnage et d'analyse à suivre, le protocole de modélisation de la dispersion atmosphérique, des critères applicables aux opérations et à l'entretien au site de compostage et les critères de base pour la conception de système de traitement des odeurs (tours de lavage, biofiltres) et l'estimation des taux d'émissions d'odeurs pour les diverses sources d'odeur au site.

Ci-après, sont présentés les principes généraux de la procédure de modélisation ainsi que les directives d'opération et d'entretien des sites de compostage.

Procédure de modélisation :

Le protocole de modélisation doit être soumis à l'analyse et l'approbation du DEP. En général, la procédure doit suivre les recommandations suivantes :

- Utilisation du modèle ISCST approuvé par l'EPA, en considérant les pires conditions météorologiques pouvant survenir et favoriser des nuisances d'odeurs (pire scénario).
- Incorporation des données topographiques et autres conditions du milieu dans le modèle étudié.
- Modélisation simultanée de toutes les sources afin d'évaluer l'impact total.
- Utilisation de la limite de 5 D/T à respecter à la limite de la propriété ainsi qu'au point récepteur d'impact maximal à l'extérieur du site s'il y a lieu.

Directives d'opération et d'entretien :

Tout site de compostage, déterminé par le DEP, causant une nuisance, doit optimiser sa procédure d'entretien et d'opération, de telle façon à minimiser la production des odeurs, avant l'implantation d'un équipement de contrôle des odeurs. De plus, les mesures de prévention des odeurs doivent être évaluées pour chacune des opérations de compostage, depuis la réception des matières au site (par exemple, limiter la durée d'entreposage avant mélange, etc.) jusqu'à la fin de l'étape de maturation et d'entreposage du compost. Mentionnons entre autres les critères suivants :

- le mélange doit produire un matériau homogène ;
- le système d'aération doit fournir une alimentation adéquate en air à toutes les parties de l'andain/pile de façon uniforme, durant la phase active du compostage ;
- le contrôle de la température doit être maintenu à l'intervalle optimum de 60-65°C ;
- la durée du compostage actif, du processus de maturation et la hauteur des empilements doivent être adéquatement maintenues.

ÉTAT DE LA CALIFORNIE

L'état de la Californie a connu au cours des années 1990 un important développement des activités de compostage de résidus organiques et comptait, en 1998, 175 sites de compostage autorisés. Des préoccupations grandissantes de populations riveraines de ces installations, la fermeture de quelques opérations pour cause de problème d'odeurs et les difficultés de gestion de plaintes d'odeurs au niveau local, ont amené l'état de la Californie à se doter de critères réglementaires pour prévenir les problèmes potentiels d'odeurs associées au compostage.

Le *California Integrated Waste Management Board* (CIWMB) qui administre les exigences réglementaires applicables aux sites de compostage a formé un groupe de travail en 1998 pour étudier la question et préparer des recommandations devant notamment mener à l'adoption, en 2000, de critères réglementaires relativement au contrôle des odeurs provenant de sites de compostage. Le CIWMB a par la suite inclus, dans sa réglementation, l'obligation pour les nouveaux sites de compostage effectuant une demande de permis de soumettre, d'implanter et de maintenir un plan de gestion des odeurs visant à minimiser l'impact potentiel des odeurs (*Odor Minimization Plan*).

Le plan de gestion des odeurs doit servir de guide de référence pour les opérateurs du site de compostage concernant la prévention des odeurs au site doit inclure les éléments suivants, ou expliquer pourquoi l'un de ces éléments n'est pas requis le cas échéant :

- Un programme de suivi et de contrôle des odeurs, décrivant le contexte de proximité des éléments sensibles du milieu environnant susceptibles d'être affectés par les odeurs (les récepteurs), et les méthodes adéquates d'évaluation de l'impact-odeur à ces récepteurs.

- Une description des conditions météorologiques affectant la migration ou le transport de composés odorants à l'extérieur du site, et les variations saisonnières influençant la vitesse et la direction des vents.
- Un protocole de suivi des plaintes d'odeurs.
- Une description des critères de conception du procédé, des limites d'opération optimale à respecter afin de minimiser la production des odeurs, incluant la méthode et le niveau d'aération, la teneur en eau et autres caractéristiques des matières premières, l'émission de particules et d'odeurs dans l'air, la fiabilité des équipements, la gestion de l'eau de procédé, le drainage du site, l'interruption de services, et autres.
- Une description des conditions et méthodes d'opération utilisées pour prévenir à la source les odeurs, incluant le contrôle adéquat des paramètres du compostage (humidité, aération, température), de la géométrie des empilements, des temps de rétention, de la qualité des intrants, les procédures et exigences d'entretien des équipements, des systèmes de captage et de traitement des lixiviats et de l'air, un plan d'intervention en cas de problèmes et les mesure d'urgence lors de pannes, bris, accidents ou autre.

Le plan de gestion des odeurs doit être révisé annuellement afin d'inclure toutes les modifications apportées aux procédures au besoin. L'exploitant est tenu de se conformer à son plan de gestion et de le mettre à jour au besoin pour inclure les mesures de contrôle des odeurs appropriées, à défaut de quoi l'agence gouvernementale peut émettre des avis d'infractions et éventuellement recourir à des procédures judiciaires.

PROVINCE DE L'ONTARIO

En Ontario, les sites de compostage sont considérés comme sources émettrices potentielles de nuisances tel que les poussières, les odeurs et le bruit. Ainsi, les activités de compostage sont soumises à la section 9 de la Loi sur la protection de l'environnement (*Environmental protection Act*) et assujettis à l'obligation d'obtenir une autorisation du ministère de l'Environnement pour l'implantation et l'opération de sites de compostage de matières résiduelles.

Le ministère de l'Environnement de l'Ontario a publié en 1999 un document-guide destiné aux opérateurs d'installations de compostage (*Guidance for Compost Facility Operators*) qui regroupe les approches et les méthodes recommandées pour assurer la localisation, l'opération et la gestion appropriée d'installations de compostage. Ce document a été préparé pour assister les promoteurs, les responsables du ministère de l'Environnement et autres intervenants lors de la préparation et de l'étude des demandes de certificats d'autorisation en vue de l'implantation et de l'exploitation de sites de compostage. Il comprend notamment une section sur la prévention et le contrôle des odeurs. Les grandes lignes des exigences et recommandations qui y sont exposées sont présentées ci-après.

Pour obtenir une autorisation, tout site de compostage doit développer un plan de prévention et de contrôle des odeurs afin de prévenir à la source les problèmes potentiels. Ce plan doit inclure les éléments suivants :

- les éléments de conception du site ;
- la localisation du site ;
- les procédures de gestion du site ;
- les modes d'opération des unités de compostage ;
- le suivi et le contrôle des odeurs à l'intérieur et à l'extérieur du site ;
- le protocole de suivi de plaintes d'odeurs.

Toutefois, selon la capacité et de la localisation du site le ministère de l'Environnement peut exiger du promoteur qu'il réalise une étude d'impact-odeur. L'objectif de l'étude est de s'assurer que les conditions de localisation et d'opération des installations de compostage sont appropriées et permettront un contrôle efficace des émissions d'odeur, évitant les plaintes d'odeurs.

La réalisation d'une étude d'impact-odeur implique la modélisation de la dispersion atmosphérique d'un contaminant émis (odeurs) sous les conditions spécifiques du milieu, et détermine la limite d'émission d'odeur propre au site, généralement mesurée à la limite de la propriété ou à la source même des émissions. L'étude d'impact d'odeur est considérée comme une façon de vérifier si la distance séparant les limites du site et les éléments sensibles situés à proximité suffit pour disperser et diluer efficacement les émissions des odeurs provenant des activités de compostage.

Idéalement, les nouveaux sites de compostage ou ceux qui projettent une expansion devrait réaliser une étude d'impact-odeur. Toutefois, l'expérience pratique a démontré que les sites de petite capacité ou situés en région isolée ne rencontrent pas de problèmes d'odeurs. Dans ce cas, une étude impact-odeur n'est pas exigée. Les critères qui déterminent si une étude d'impact est requise sont :

- la présence d'un récepteur (habitations ou autre) à une distance séparatrice de moins de 400 m du site de compostage;
- lorsque la capacité de traitement du site dépasse 15 000 m³/année.

Le contenu et la méthodologie d'une étude d'impact-odeur sont décrits dans une section distincte annexée au guide (*Guidance for Compost Facility Operators*). Les limites de concentration-odeur à respecter et qui sont à considérer dans l'étude d'impact doivent être préalablement établies avec les responsables du ministère de l'Environnement, tenant compte des particularités du milieu récepteur et du projet de compostage ou de l'historique d'opération, pour des sites existants. À priori, les valeurs-guides suivantes sont proposées :

- pour les éléments sensibles (école, etc.) : 1 u.o. d'intensité maximale durant < 5 jours/an;
- pour les zones résidentielles : 5 u.o. d'intensité maximale durant < 5 jours/an.

L'étude d'impact-odeur doit permettre de définir les limites d'émission à rencontrer aux diverses sources d'odeurs pendant les opérations de compostage, de façon à ne pas excéder les intensités maximales et les durées d'exposition établies à l'endroit où l'odeur est perçue (les récepteurs). Ces limites d'émission peuvent alors servir aux opérateurs pour le suivi de la performance des méthodes et équipements de contrôle des odeurs au site et pour la mise en place de mesures appropriées lors de problèmes d'odeurs.

Dans son document-guide, le ministère de l'Environnement expose les grandes lignes des principes et bonnes pratiques reconnues pour la prévention, le contrôle (captage, traitement et dispersion) et le suivi des odeurs liées aux opérations de compostage. On y suggère également un protocole de communication avec les communautés voisines lors de situations de plaintes d'odeurs.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE QUÉBÉCOIS

Critères d'implantation et d'exploitation de sites de compostage

Depuis 1999, les critères applicables à l'implantation et à l'exploitation de lieux de compostage sont édictés par le ministère de l'Environnement (MENV) dans son *Guide sur les Actes statutaires et les critères d'aménagement et d'exploitation de divers lieux de valorisation de matières fermentescibles ou infermentescibles* (version préliminaire de juillet 1999).

Certains de ces critères visent notamment à prévenir d'éventuels problèmes d'odeurs pouvant être associés aux opérations de compostage. En particulier, le *Guide sur les Actes statutaires* propose des critères de localisation applicables à un site de compostage qui dicte des distances séparatrices à respecter d'éléments sensibles à l'émission potentielle d'odeurs.

Les distances prescrites sont de :

- 1 km des zones commerciales ou mixtes (résidentielles/commerciales);
- 1 km des lieux récréatifs (parc, golf, ski, etc.);
- 1 km des habitations, écoles, hôpitaux, églises, etc.;
- 1 km des campings et colonies de vacances;
- 1 km des restaurants, hôtels, etc.

Cependant, ces distances peuvent être moindres si l'exploitant du site démontre qu'il existe des mesures de mitigation possibles, par exemple : compostage dans un bâtiment fermé, utilisation d'un biofiltre, étude de dispersion en fonction de la topographie, du couvert végétal et des vents dominants, ententes avec les voisins, etc. Le ministère peut aussi, dans certains cas, envisager la possibilité de limiter la durée d'un certificat d'autorisation, lorsque la distance est moindre que 1 km, afin de pouvoir réévaluer la situation, après une certaine période d'exploitation.

Dans ce guide, des délais d'entreposage maximum avant compostage sont également proposés pour les matières reçues au site pour éviter le développement d'odeurs à cette source potentielle.

Sur tout le territoire du Québec, la réglementation provinciale s'applique en ce qui concerne les odeurs sauf sur le territoire de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CUM) qui possède sa propre réglementation en matière des odeurs.

Réglementation provinciale sur la qualité de l'atmosphère : Règlement Q-2, r.20

Les normes d'émissions d'odeurs sont établies à la source par le Règlement sur la qualité de l'atmosphère (Q-2, r.20). Le projet de modification de ce règlement prévoit que la nouvelle norme d'émissions d'odeurs s'appliquera à la concentration odeur en air ambiant obtenue par modélisation de la dispersion des concentrations odeurs mesurées à la source.

Les dispositions s'appliquant aux odeurs dans ce projet de modification du règlement sont résumées ici en s'appuyant sur la version technique du 12 juin 2000 (MENV 2000).

L'article 1 stipule à la définition 8 que le nombre d'unités d'odeur ou encore la concentration odeur doit être évaluée avec un panel de quatre jurés au moins et selon la méthode de référence de la CUM intitulée : « Mesure du nombre d'unités d'odeur (olfactométrie dynamique) », révision avril 1994 (CUM 1994)(CUM 1994). La méthode de la CUM exige l'utilisation d'un olfactomètre à dilution dynamique à « choix triangulaire obligatoire » (réponse obligatoire parmi 3 possibilités). En outre, elle spécifie que la méthode de présentation doit être une série de dilutions présentées en ordre de concentration croissante selon une progression géométrique avec un incrément fixe de 2 entre deux dilutions successives. Le seuil de perception olfactif individuel de chaque juré est calculé selon la méthode ASTM E679-79 décrite dans la section sur la réglementation aux États Unis (ASTM 1979) Le seuil de perception du panel correspond à la dilution où 50% du jury a atteint son seuil de perception.

L'article 16 définit la nouvelle norme sur les émissions d'odeur des sources fixes et précise les installations visées. Dans cet article 16, les sites de compostage ne sont pas cités parmi les installations visées par la nouvelle réglementation sur les émissions d'odeur. Quoiqu'il en soit, la nouvelle norme d'odeur s'applique à la concentration odeur calculée à l'aide de la mesure des émissions et d'un modèle de dispersion atmosphérique approprié tel que décrit dans le « Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique » du MENV (Leduc, R. 1998). La concentration odeur ainsi calculée doit être inférieure à 1 u.o./m³ hors des limites de la propriété. Les données météorologiques utilisées sont celles de la station météorologique la plus proche et la plus représentative du site d'étude.

Réglementation de la Communauté urbaine de Montréal (maintenant la Ville de Montréal)

La méthode de référence de la CUM intitulée : « Mesure du nombre d'unités d'odeur (olfactométrie dynamique) », révision avril 1994 (CUM 1994) stipule que la concentration odeur doit être mesurée avec un panel de six jurés au moins et à l'aide d'un olfactomètre à dilution dynamique à choix triangulaire. Les débits aux cornets de flairage doivent être identiques et de 15 l/min environ. En ce qui concerne le nombre de jurés nécessaire pour établir la concentration odeur d'un échantillon, le

Règlement 90 de la CUM relatif à l'assainissement de l'air stipule à l'article 2.01 que le nombre d'unités d'odeur doit être évalué avec un panel formé d'au moins quatre personnes.

Sur le territoire de la CMM, la réglementation sur les émissions d'odeur est définie par le Règlement 90 de la CUM relatif à l'assainissement de l'air, qui a été modifié par les Règlements 90-1, 90-2, 90-3, 90-4, 90-5 et 90-6. Dans la suite du texte, le Règlement 90 désigne le texte original et les textes le modifiant. La norme sur la concentration odeur en air ambiant est établie aux articles 3.04 et 7.10 du Règlement 90.

Suivant l'article 3.04, la norme est une concentration odeur de 1 u.o./m³ aux limites de la propriété et s'applique à la valeur calculée sur l'ensemble des rejets d'une même installation selon la formule 3.04 du Règlement 90. « Il est interdit d'émettre ou de laisser émettre dans l'atmosphère d'une ou de plusieurs cheminées situées sur une même propriété, un agent polluant odorant en quantité telle que la somme des valeurs L calculées selon la formule 3.04 soit égale ou supérieure à 1 u.o./m³, hors des limites de cette propriété. » La donnée météorologique utilisée pour la formule 3.04 de la CUM est spécifiée par le Règlement 90 aux articles 3.01 et 3.02, soit avec une vitesse du vent de 2 m/s dans toutes les directions et une classe de stabilité atmosphérique neutre.

L'article 7.10 stipule que la concentration odeur en air ambiant ne doit pas dépasser 1 u.o./m³, hors des limites de la propriété, mais ne précise pas de méthode pour déterminer la valeur de la concentration odeur. « Il est interdit d'émettre ou de laisser émettre dans l'atmosphère un agent polluant en quantité telle que le nombre d'unités d'odeur mesuré hors des limites de la propriété où est située la source, soit égal ou supérieur à 1. » Ainsi, cet article donne à la CMM la possibilité de quantifier les odeurs en air ambiant sous n'importe quelle condition météorologique et selon la technique jugée adéquate.

5.2.2 Exemples de réglementation en Europe

Le Tableau 5-3 présente sommairement quelques réglementations européennes sur les odeurs associées au compostage. Les approches réglementaires les plus pertinentes à la présente étude sont présentées de façon plus détaillée dans les sections suivantes pour l'Allemagne et la France.

Tableau 5-3 Réglementations européennes sur les émissions d'odeur issues du compostage

PAYS	RÉGLEMENTATION (LIMITES ET DESCRIPTION)
Autriche	300 u.o./m ³ avec des émissions totales maximales de 5000 u.o./s.
Belgique	Aucune limite fixée.
Danemark	Le site doit être distant d'au moins 500 m du voisinage le plus proche 5 à 10 u.o.E/m ³ au voisinage le plus proche.
Finlande	250 - 2000 u.o.E/m ³ tel que mesuré selon le standard EN13725 de la norme CEN
Allemagne	Fréquence relative de 10% (pourcentage d'heures par année durant lesquelles une "heure odeur" est considérée comme une nuisance significative) pour les zones résidentielles. Pour les zones industrielles, ce pourcentage est de 15%. Une "heure odeur" est toute heure durant laquelle il y a perception en continu d'une odeur pour une période de 6 minutes ou plus.(Federal Standard, GIRL).
Pays-Bas	1,5 u.o.E/m ³ au percentile 98 pour le compostage des déchets verts et des déchets organiques ménagers.
Islande	Aucune limite fixée.
Irlande	Basée sur des analyses olfactométriques: * 3 u.o.E/m ³ au percentile 98 pour les nouveaux sites; * 6 u.o.E/m ³ au percentile 98 pour les sites existants.
Italie	Différents contrôles par les industries chimiques: * Détection des composés chimiques (ex: methyl mercaptane); * La mise hors service de procédés intensifs; * Des analyses olfactométriques; * Design de biofiltres.
Norvège	5 à 10 u.o.E/m ³ au voisinage le plus proche (mesuré selon EN 19725).
Espagne	Aucune limite fixée.
Suède	Aucune limite fixée.
Royaume-Uni	Aucune limite fixée. Les cas suivants peuvent s'appliquer: * Aucune nuisance olfactive; * Aucune odeur aux limites du site; * Quantité de H ₂ S (ppb); * 6 u.o.E/m ³ au percentile 98 pour les sites existants.

L'unité odeur européenne (u.o.E.) est définie dans la norme CEN⁸ comme étant la masse de polluant qui, une fois évaporée dans 1 m³ d'un gaz non odorant, possède la même nuisance olfactive que 1 u.o. issue d'un gaz de référence, ce qui par conséquent veut dire que 1 u.o. équivaut à 1 u.o.E./m³

⁸ CEN/TC264/WG2 « Odours », 1999

LA SITUATION EN ALLEMAGNE

En Allemagne, une évaluation des odeurs retrouvées dans l'air ambiant est requise pour l'implantation, la surveillance et le développement des sites de compostage. La réglementation sur les odeurs est régit par les normes suivantes :

- « 30. BImSchV » : 30th Ordinance to the German Federal Immission Control Act Biological waste treatment installations
- "TA Luft" : German technical instructions on air quality control
- "GIRL" : Guideline on odour in ambient air

« 30. BImSchV »

Cette norme régit les installations de traitement des déchets biologiques. Les principaux points et les paragraphes dans lesquels ils se retrouvent sont les suivants :

- 3 une distance d'implantation de 300m
- 6(4) les concentrations odeurs des émissions doivent être inférieures à 500 u.o./m³ (indépendamment de la source : biofiltres, dispositifs de postcombustion, etc.)
- 11 des mesures uniques doivent être effectuées
- 1 (2) 3 échantillons doivent être prélevés par source et les analyses olfactométriques de ces échantillons doivent être effectuées immédiatement après les prélèvements.

« TA Luft »

Cette norme fournit les instructions techniques quant au contrôle de la qualité de l'air en Allemagne. Elle renferme la réglementation sur les émissions d'odeur, mais ne limite pas les impacts odeurs :

Pour les composés odorants :

- les émissions odorantes doivent être traitées par les techniques d'abattement reconnues

Pour les sites de compostage :

- les sites fermés doivent être distants d'au minimum 300 m du voisinage le plus proche;
- les sites à aire ouverte doivent être distants d'au minimum 500 m du voisinage le plus proche;
- la réduction des émissions doit se faire à l'aide d'un biofiltre ou par une technique équivalente;
- le contrôle des émissions de gaz doit se faire une fois par année;
- la concentration odeur des émissions ne doit pas dépasser 500 u.o./m³.

« GIRL »

Le « Guideline on odour in ambient air » renferme le processus d'évaluation des odeurs en Allemagne dans le cadre juridique du « BImSchG » et du « TA Luft ». Il permet de :

- standardiser les mesures et les calculs pour les odeurs reconnaissables issues des sites de compostage;
- déterminer l'impact odeur dans certaines régions, impact exprimé en pourcentage « d'heures odeur » par année (i.e. fréquence d'odeur);
- Évaluer l'impact odeur en calculant le produit : immissions * valeurs limites (les immissions représentent l'influence des polluants contenus dans l'air sur l'humain).

En Allemagne, plusieurs méthodes sont reconnues pour déterminer l'impact odeur dans l'air ambiant. Ces méthodes sont répertoriées dans le tableau suivant :

Tableau 5-4 Méthodes de détermination de l'impact odeur

MÉTHODE	FRÉQUENCE D'UTILISATION (VALEURS APPROXIMATIVES)
Modèle de dispersion	75 %
Échantillonnages et analyses olfactométriques avec jurés	15 %
Méthodes de simplification	10 %

Quant aux valeurs limites d'immissions, soit le transfert de polluants de l'atmosphère vers un récepteur, elles sont répertoriées dans le tableau suivant :

Tableau 5-5 Valeurs limites d'immission

ZONE RÉSIDENTIELLE		ZONES INDUSTRIELLES	
Fréquence relative	% heure/année	Fréquence relative	% heure/année
0.10	10	0.15	15

Si le total de l'impact odeur excède la valeur limite d'immission, l'odeur est considérée comme nuisance significative.

LA SITUATION EN FRANCE

Selon l'article 1^{er} de la loi n° 75 - 633 du 15 juillet 1975 dite "loi déchet", codifiée à l'article L 541-1 du code de l'environnement, est considéré comme déchet : "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon".

Évolution du compostage

Le compostage constitue le principal mode de traitement adapté à des flux de déchets verts hétérogènes. Le mélange des divers déchets verts se suffit à lui-même. Ainsi, aucun ajout d'autres produits n'est nécessaire.

Dans les années 1990, le compostage de déchets verts a connu un développement rapide. Au total, 2.5 millions de m³ de déchets verts auront été compostés en 1996. Ils ont permis de produire environ 140 000 tonnes d'un compost de très bonne qualité. On peut considérer que 15% de la production nationale mobilisable de déchets verts sont traités sur une centaine de plate-forme de compostage.

En 2001, 2 millions de tonnes de déchets verts ont été transformées en 950 000 tonnes de compost sur 300 plates-formes de compostage.

Règles d'implantation

Selon l'arrêté du 7 janvier 2002 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique no 2170 : « Engrais et supports de culture (fabrication des) à partir de matières organiques » et mettant en oeuvre un procédé de transformation biologique aérobie (compostage) des matières organiques, les règles d'implantation d'un nouveau site de compostage sont les suivantes :

- Se situer à au moins cent mètres de tout immeuble habité ou occupé par des tiers, des stades ou des terrains de camping agréés, des établissements recevant du public, ainsi que des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. Cette distance pourra être augmentée au besoin, en fonction des caractéristiques locales, en vertu d'un arrêté de prescriptions spéciales pris selon la procédure prévue à l'article 30 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977.
- Se situer à au moins trente-cinq mètres des puits et forages, des sources, des aqueducs en écoulement libre, de toute installation souterraine ou semi-enterrée utilisée pour le stockage des eaux, que les eaux soient destinées à l'alimentation en eau potable ou à l'arrosage des cultures maraîchères, des rivages, des berges des cours d'eau.
- Se situer à au moins deux cents mètres des lieux de baignade et des plages.

- Se situer à au moins cinq cents mètres des piscicultures et des zones conchylicoles. Cette distance peut être réduite en fonction des conditions topographiques, en vertu d'un arrêté de prescriptions spéciales pris selon la procédure prévue à l'article 30 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977.

Réglementation sur la qualité de l'air et les odeurs

Les installations susceptibles de dégager des fumées, gaz, poussières ou odeurs doivent être munies de dispositifs permettant de collecter et canaliser autant que possible les émissions. Ces dispositifs, après épuration des gaz collectés en tant que de besoin, sont munis d'orifices obturables et accessibles aux fins de prélèvements en vue d'analyse ou de mesure. Le débouché des cheminées doit être éloigné au maximum des habitations (sauf en cas de hauteur de cheminée suffisante et dûment justifiée) et des bouches d'aspiration d'air frais et ne pas comporter d'obstacles à la diffusion des gaz (chapeaux chinois, ...). Les points de rejet sont en nombre aussi réduits que possible.

Les effluents gazeux canalisés dégageant des émissions d'odeurs sont récupérés et acheminés vers une installation d'épuration des gaz. Lorsqu'il y a des sources potentielles d'odeurs de grande surface (bassin de stockage, andains, etc.) difficiles à confiner, celles-ci sont implantées de manière à limiter au maximum la gêne pour le voisinage.

Le niveau d'une odeur ou concentration d'un mélange odorant est défini conventionnellement comme étant le facteur de dilution qu'il faut appliquer à un effluent pour qu'il ne soit plus ressenti comme odorant par 50 % des personnes constituant un échantillon de population.

Le débit d'odeurs est défini conventionnellement comme étant le produit du débit d'air rejeté, exprimé en m³/h, par le facteur de dilution au seuil de perception.

Le niveau d'odeur émis à l'atmosphère par chaque source odorante non canalisée présente en continu sur le site ne doit pas dépasser les valeurs mentionnées dans le tableau suivant, en fonction de son éloignement par rapport aux immeubles habités ou occupés par des tiers, aux stades, terrains de camping et établissements recevant du public.

Tableau 5-6 Distances séparatrices et valeurs limites

ELOIGNEMENT DES TIERS (M)	NIVEAU D'ODEUR SUR LE SITE (u.o./m ³)
100	250
200	600
300	2 000
400	3 000

Le débit d'odeur des gaz émis à l'atmosphère par l'ensemble des sources odorantes canalisées ne doit pas dépasser les valeurs suivantes :

Tableau 5-7 Hauteur d'émissions et débits d'odeur

HAUTEUR D'EMISSION (M)	DEBIT ODEUR (m ³ /h)
0	1 000 * 10 ³
5	3 600* 10 ³
10	21 000* 10 ³
20	180 000* 10 ³
30	720 000* 10 ³
50	3 600* 10 ⁶
80	18 000* 10 ⁶
100	36 000* 10 ⁶

Des valeurs différentes peuvent être fixées par arrêté préfectoral pour prendre en compte le relief existant autour de l'installation. Les mesures de niveau d'odeur et débit d'odeur sont réalisées selon les normes en vigueur.

5.3 ÉTUDES DE CAS; INTERVENTIONS RÉGLEMENTAIRES À DES PROBLÈMES D'ODEURS

5.3.1 Des exemples en Amérique du Nord

Les applications pratiques du compostage sont très variées; capacité des installations, caractéristiques des intrants, méthodes et technologies utilisées, contexte de localisation, etc. Celles qui ont connu des problèmes d'odeurs ont expérimentés de diverses façon différentes stratégies de contrôle des odeurs, soit pour répondre à des exigences réglementaires précises, soit tout simplement pour régler une situation de nuisance déplorée par les citoyens voisins des installations de compostage. L'objectif de la présente section est de présenter brièvement quelques exemples d'intervention réglementaire et de mise en application d'outils de contrôle des odeurs pertinents à la présente étude, dans des situations de problèmes d'odeurs vécues par des opérateurs de sites de compostage.

Les deux premières études de cas présentées ci-après illustrent comment une modélisation de l'impact-odeur a permis de prédire le respect de la limite de concentration-odeur exigée par l'État du Massachusetts et évité d'éventuels problèmes d'odeur à un site de compostage. L'étude de cas no.1 décrit une situation où la modélisation a servi à valider le choix d'une localisation pour l'implantation d'un site de compostage de résidus verts. Le projet devait respecter la limite de concentration-odeur prescrite aux points récepteurs du milieu environnant. L'étude de cas no.2 présente une situation où la modélisation a servi à l'étude de divers scénarios et facilité le choix de techniques de compostage appropriées. Il s'agit d'un projet d'agrandissement d'une installation de compostage des biosolides qui suscitait l'appréhension de communautés riveraines.

Les études de cas no.3 et no.4 exposent comment deux installations de compostage ont résolu des problèmes d'odeurs en implantant des procédures simples de prévention des odeurs à la source par un contrôle adéquat des paramètres du procédé de compostage.

Étude de cas no. 1 :

Cette étude de cas documentée par Wu (2000) concerne un centre de compostage de résidus verts qui prévoyait s'implanter sur un site à proximité de divers éléments sensibles, incluant une école, un hôpital, plusieurs cliniques et un terrain de golf. Une modélisation a été réalisée avec le modèle EPA ISTSC3 pour déterminer à quelle distance du site de compostage un impact-odeur pourrait survenir au-delà de la limite prescrite de 5 D/T (u.o./m³) pour une durée d'exposition de 10 minutes. Toutes les sources potentielles d'odeurs ont été considérées, incluant l'aire de réception et d'entreposage des matières premières, les andains statiques, les opérations de retournement, l'entreposage du compost, les opérations de déplacement des matières et le chargement des camions.

Les paramètres suivants ont permis de caractériser les diverses sources d'odeurs :

- la surface émettrice ;
- le flux d'odeur ;
- la durée et la période pour les sources dynamiques (retournement des andains).

La Figure 5-2 montre le résultat de la modélisation réalisée et illustre les courbes de la concentration-odeur maximale (isoplète) prévue dans un rayon d'environ un kilomètre du site de compostage. Puisque la limite d'odeur à respecter est de 5 D/T, la modélisation prédit que les points récepteurs situés à l'intérieur de la courbe de 5 D/T subiront au moins un impact-odeur durant une période d'une année, sous des conditions météorologiques semblables à celles utilisées dans l'étude.

Puisque les éléments sensibles identifiés dans le secteur (école, hôpital, etc.) sont situés à l'extérieur de la zone d'impact potentiel (la courbe de 5 D/T), il a été conclu que la localisation et l'aménagement proposé pour ce site de compostage étaient appropriés.

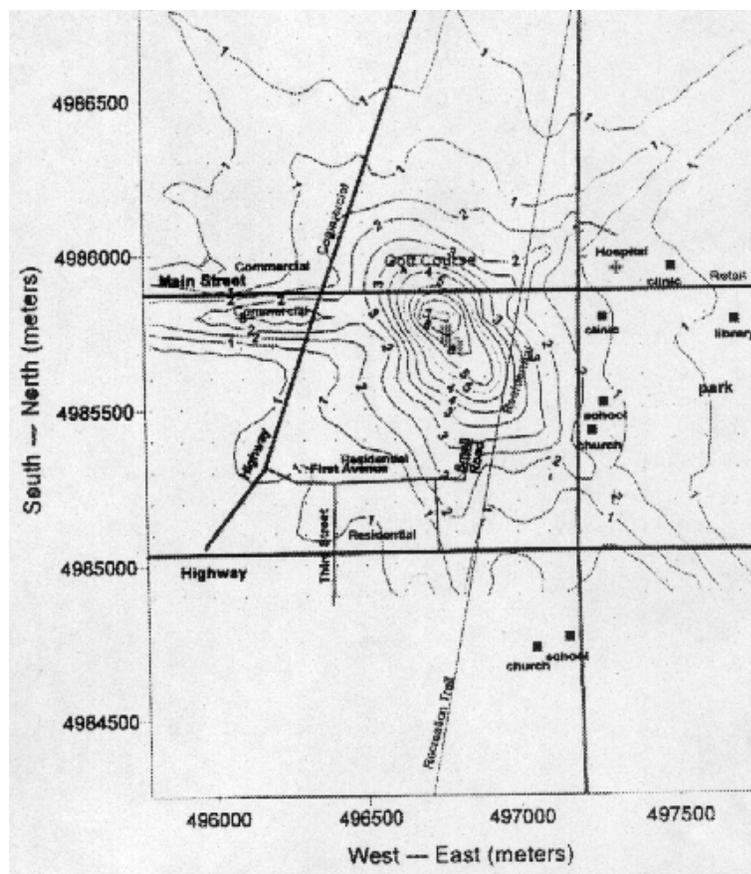


Figure 5-2 Résultats de la modélisation (tiré de Wu, 2000)

Étude de cas no. 2 :

Cette étude documentée par Wu (2000) présente une utilisation différente d'une modélisation de la dispersion atmosphérique des odeurs. Un site de compostage situé sur le terrain adjacent à une station d'épuration des eaux usées municipales souhaitait agrandir ses opérations ce qui suscitait la crainte de résidents du secteur, déjà incommodés par des odeurs provenant du site de compostage. De plus, on craignait qu'une zone plus grande autour du site soit touchée par l'impact-odeur, notamment la zone de développement résidentiel projetée au sud de la propriété.

Une modélisation a donc été réalisée (EPA ISTC3) afin de prédire l'impact-odeur des différents scénarios possibles pour l'agrandissement. La Figure 5-3 illustre que, comme prévu, l'impact-odeur anticipé affecte une zone plus vaste incluant l'autoroute principale, la piste récréative et le développement domiciliaire projeté au sud. La courbe isoplèthe extérieure correspond à la limite de 5 D/T ce qui veut dire que tous les points récepteurs à l'intérieur de cette courbe sont dans la zone d'impact-odeur et subissent un nombre d'incidents d'odeur, indiqué entre parenthèses (par exemple, 106 incidents d'odeur au point récepteur 13 situé au sud).

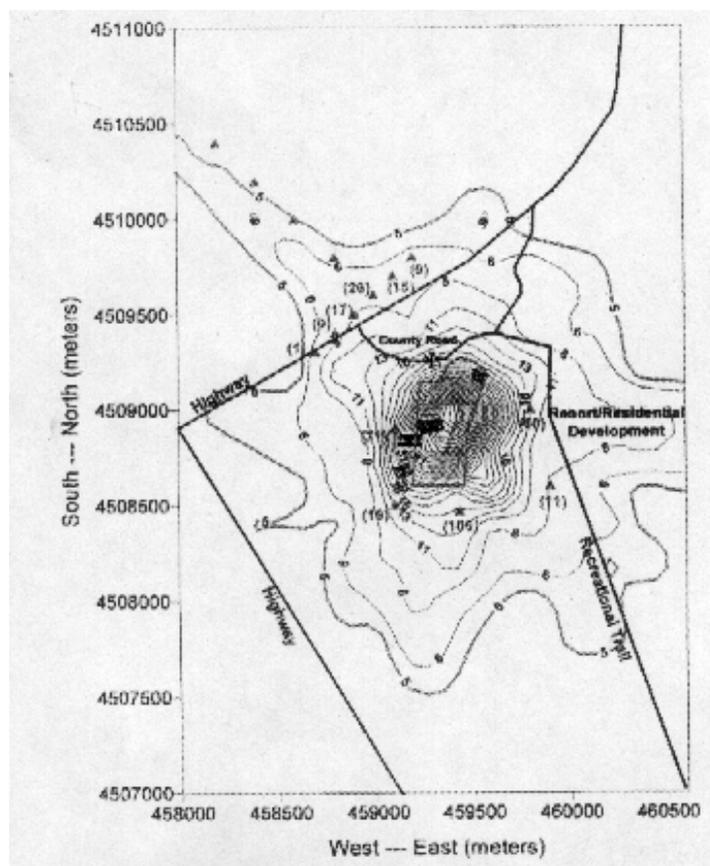


Figure 5-3 Impact-odeur simulé pour l'agrandissement projeté du site sans mesure de réduction des odeurs, où les courbes isoplètes représentent la concentration-odeur maximale, durant 10 minutes, sur une période d'un an (tiré de Wu,2000)

À cause des particularités topographiques de la région, la migration des odeurs s’effectue vers le Nord-Ouest du site tel que montré la Figure 5-3. Une modélisation réalisée avant l’implantation du site aurait permis de prendre cet aspect en considération lors de la conception et du choix de l’emplacement du site et ainsi éviter certains impacts d’odeurs. Ce site représente un bon exemple d’une situation où une modélisation des odeurs aurait été utile avant l’implantation.

Par la suite, certaines mesures de mitigation ont été évaluées afin de réduire la production des odeurs sur le site. En comparant les taux d’émission d’odeur produites par différentes sources au site, la station d’épuration des eaux usées (WWTP) et les opérations de mélange des biosolides avant compostage sont apparues comme les deux sources les plus importantes d’odeur. Les scénarios suivants de réduction des odeurs ont donc été élaborés et étudiés par modélisation de la dispersion atmosphérique : le confinement de l’une ou l’autre ou des deux sources d’odeurs (WWTP et mélange) et le traitement des émissions captées par biofiltration avec ou sans confinement.

La combinaison du confinement des deux sources d’odeurs et le traitement par un biofiltre fermé a finalement été jugée nécessaire compte tenu des impacts encore importants anticipés avec les autres scénarios. Les résultats du scénario retenu sont illustrés à la Figure 5-4.

Le Tableau 5-8 résume le nombre des impacts d’odeur projetés à quelques points récepteurs selon les différents scénarios étudiés. L’examen des éléments de sortie du modèle montre que la moitié des impacts projetés se manifestent entre 23h00 et 06h00 quand peu de gens sont à l’extérieur.

Tableau 5-8 Nombre d’incidents d’impacts d’odeur à certains points récepteurs selon divers scénarios de réduction des odeurs étudiées à l’aide de la modélisation

POINTS RÉCEPTEURS	EXPANSION PROJETÉE	STATION D’ÉPURATION CONFINÉE	OPÉRATIONS DE MÉLANGE CONFINÉES	STATION D’ÉPURATION ET MÉLANGE CONFINÉS	BIOFILTRE OUVERT	BIOFILTRE FERMÉ
11 (ouest)	1	50	39	20	19	19
13 (sud)	106	72	76	36	17	4
15 (est)	60	32	35	8	8	7
Total (points 1 à 15)	344	166	239	71	n.d.	n.d.

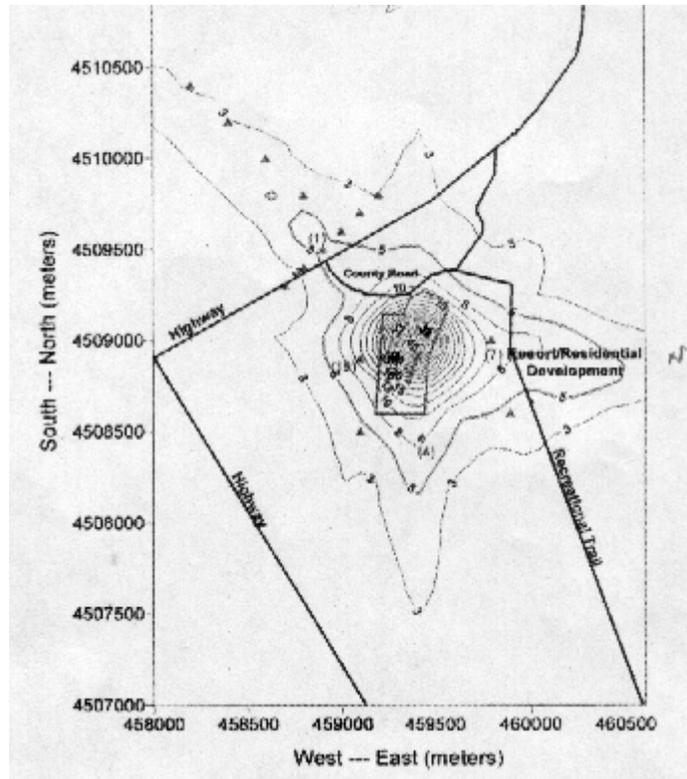


Figure 5-4 Impact-odeur simulé pour le scénario retenu de réduction des odeurs par confinement, captage et traitement par biofiltration de l'air (tiré de Wu, 2000)

Étude de cas no. 3 :

La compagnie « *Lionudakis Wood and Green Waste Recycling Inc.* » a connu une croissance rapide lorsqu'elle opérait un site de traitement des résidus verts dans la région de Modesto en Californie, où une partie de ces résidus était utilisée à des fins énergétiques tandis que l'autre partie était compostée dans une autre région appelée Manteca. Un nouveau contrat lui a été octroyé par le comté de Sacramento en Californie, avec des quantités de matières plus importantes à composter sur un site de 6,25 acres. La majeure partie à composter était toujours envoyée dans la région de Manteca, jusqu'au moment où un dirigeant du comté a recommandé l'utilisation d'une ancienne mine de pierre comme station de transfert pour faciliter les travaux de la compagnie. C'est ainsi que *Lionudakis* a transféré toutes ses activités sur le terrain de cette mine, pour l'implantation d'un site de compostage, malgré un avis défavorable du Département de planification du comté estimant que ce site présentait un potentiel significatif d'impact négatif environnemental.

Le site, autorisé pour le traitement de 38 000 m³/année de matières était situé dans une région semi-rurale du comté de Sacramento. Dans le voisinage, se trouvent une station d'enfouissement de fosses septiques, puis à près d'un kilomètre, une ferme bovine, ainsi qu'une station transbordement des déchets à un peu plus d'un kilomètre. Tout autour de la zone industrielle, on retrouve quelques

maisons, une école et un club de golf. Les plaintes d'odeurs nuisibles ont commencé avec l'implantation des opérations de compostage par la compagnie.

Les résidus verts, collectés aux deux semaines, étaient empilés et entreposés en attente d'être compostés. C'est à ce moment là, que les résidants ont commencé à se plaindre d'odeurs dans le voisinage. L'exploitant attendait la livraison d'un retourneur d'andain pour effectuer les retournements et, pour remédier à la situation, elle pulvérisait des neutralisants chimiques sur les piles et aux pourtours du site, sur la base de l'expérience d'une installation en Floride qui avait implanté tout autour du périmètre du site, un système sophistiqué de pulvérisation d'agents chimiques de neutralisation des odeurs. La fréquence des plaintes a amené le *California Integrated Waste Management Board* (CIWMB) à intervenir dans ce conflit. Il a été constaté lors d'une visite au site que les odeurs pouvaient être détectées à plus de 300 mètres du site.

La compagnie a abordé le problème en modifiant l'ensemble de ces conditions d'opération, incluant le retournement quotidien des andains, le contrôle de l'humidité des matières en compostage, le suivi quotidien des températures et le suivi de la direction et la vitesse des vents comme outil de prévention des odeurs. Un programme de communication les résidants voisins a aussi été mis sur pied, comprenant notamment des invitations fréquentes pour une visite du site et de ses opérations.

Étude de cas no. 4 :

Cette étude de cas décrit l'expérience de la compagnie *Land Recovery Inc.* exploitant d'un site de compostage qui reçoit 250 tonnes par jour de divers résidus organiques : résidus verts, biosolides, fumiers, résidus de table et autres matières provenant des secteurs agricoles et industriels.

Localisé à 1,6 km d'un secteur résidentiel, d'une université et de restaurants du comté de Pierce dans l'État de Washington, l'entreprise s'est doté d'un plan de gestion d'odeur basé sur quatre niveaux de réponses et de mesures de contrôle et de mitigation, dans le cadre de sa demande de permis pour l'opération de son installation de compostage. Ce plan prévoit pour les opérateurs et le législateur diverses stratégies d'intervention rapides et efficaces en cas de problèmes d'odeurs.

Le plan de gestion des odeurs est inspiré des recommandations faites par le *US Composting Council*, et est basé sur trois principes fondamentaux :

- La prévention, qui consiste à assurer un bon déroulement du processus biologique et un contrôle approprié des paramètres du compostage (aération et autres paramètres, propreté générale du site, entretien du biofiltre, etc.).
- La responsabilité et la considération, deux éléments essentiels pour assurer une bonne interaction entre les opérateurs, les législateurs et les voisins, et qui font intervenir les processus d'identification, de notification et de résolution des problèmes d'odeurs. L'entreprise s'engage envers la communauté de respecter les normes établies et de maintenir une bonne relation avec elle.

- La progression, qui comprend une la mise en place de modifications et d'ajustements périodiques aux opérations et au procédé lorsque nécessaires et le contrôle de la qualité de la qualité des intrants afin de prévenir efficacement toute situation problématique.

Le plan d'intervention en cas de problèmes d'odeurs est mis en branle lorsque des conditions de nuisances émanant du site sont détectées, au moment d'une inspection faite par un opérateur ou un inspecteur ou par une plainte d'un voisin. Le signalement d'une nuisance d'odeur initie la séquence des quatre niveaux d'action qui doivent s'implanter successivement l'un après l'autre afin de rendre acceptable ou de respecter une limite établie de concentration-odeur à l'extérieur du site. Ces quatre niveaux font partie intégrante du permis d'opération octroyé à l'entreprise californienne et sont :

- | | |
|--------------------------|---|
| 1 ^{er} niveau | Inspection et correction par le personnel du site des aspects opérationnels qui ont un impact sur la production des odeurs. |
| 2 ^{ième} niveau | Une série de changements sont apportés aux modes d'opération afin d'atténuer et de contrôler les conditions de production des odeurs. Si ces conditions persistent, une équipe formée d'opérateurs du site et du législateur évalue les prochaines modifications nécessaires au procédé de compostage ou à la gestion des opérations au site. |
| 3 ^{ième} niveau | Restrictions applicables à la réception des matières susceptibles de produire des conditions de nuisance d'odeur. Dans le cas où ces conditions sont produites par des matières déjà reçues sur le site, une suspension de la réception de ces résidus entre en vigueur jusqu'à ce que les conditions disparaissent. |
| 4 ^{ième} niveau | Un jury formé par des professionnels externes, du personnel de l'entreprise et de la communauté voisine, est constitué afin de caractériser et de quantifier les odeurs émises et afin de déterminer un niveau d'odeur et d'exposition acceptable. Ce processus d'identification des composés odorants permet le suivi et le contrôle des plaintes. |

Dans le cas où les conditions de nuisances continuent à se manifester, même après l'introduction des trois derniers niveaux, une série de modifications majeures sont à mettre en place dont le confinement, le captage et le traitement des odeurs (biofiltration) par des consultants et les professionnels de l'entreprise opérant le site de compostage.

Tableau 5-9 Sommaire des études de cas

NOM/LIEU DU SITE	MATIÈRES / PROCÉDÉ	ROBLÈME IDENTIFIÉ / CAUSES	RÈGLEMENTATION	SOLUTION APPORTÉE
The Cobb County – Georgie – Composting facility	400 t/j MSW (300 t/j)+ biosolides (100 t/j) (digesteur rotatif suivi de piles aérées)	Plaintes d'odeurs / Proximité des résidences voisines (100 pi)	Avant que le site prenne le feu et ferme pour 1,5 années, le permis octroyé précisait une valeur de 10 D/T qui n'était pas atteinte avant le feu	L'adoption d'une nouvelle stratégie pour le contrôle des odeurs par l'implantation d'une association de taux d'humidification + biofiltre
The Marlborough facility – Massachusetts	120 t/j MSW + 60 t/j biosolides	Plaintes d'odeurs (fermeture du site pendant 5 ans) / Proximité des résidences voisines (2 000 pi)	Permis imposant le 10 D/T avant que l'état de Massachusetts établisse « The Draft guideline...) et le contrat était signé à 10 D/T. Avec la venue des lignes directrices – une nouvelle limite était fixée à 5 D/T et de le montrer atteignable par la modélisation.	Biofiltre clos
Site de Sacramento – Californie	50 000 v ³ /année (résidus verts)	Plaintes d'odeurs / Piles stockées	Permis accordé sans aucune limitation malgré la présence des étapes à considérer/suivre établies pour le contrôle des odeurs par CIWB	<ul style="list-style-type: none"> - Agents neutralisants l'odeur (odor nozzles spray) autour du site ; - Applications des règles de CIWB (direction du vent humidité des andains, pH C/N,...) .
The Pierce County site – Washington operated by Land Recovery Inc.	130–250 t/j – résidus verts, MSW, Biosolides, résidus alimentaires	En fait, il n'y a pas un problème avec ce site, mais ce site fait l'exception de sites qui ont adopté un OMP de US composting council regulatory comitee's recommandations (L'OMP faisait partie intégrante du permis) / C'est un nouveau site qui en a remplacé un autre ayant une mauvaise histoire d'odeurs avec les citoyens	Pas de réglementation	Des mesures de correction à quatre niveaux, ainsi que l'établissement de lignes de communications avec le public, constituaient la solution envisagée
Site de compostage de Williamstown (Massachusetts)	6 t/j de biosolides	Plaintes d'odeurs / Dimensions des piles, C/N, contrôle inadéquat d'aération, matériel biofiltrant	Pas de réglementation utilisée pour résoudre le problème	Simple modification des paramètres qui étaient en cause des plaintes d'odeurs (New bunkers, enclosed
Projet-pilote de CIWMB (California Integrated Waste Management Board)	Résidus verts	Pas de problème. C'est une expérimentation concernant l'utilisation de 0%, 12,5% et 25% de cendres de bois pour réduire les odeurs		
Site anonyme	Résidus verts et branches d'arbres	Pas de problème mentionné, mais cette étude de cas précise les éléments à introduire d'un modèle, pour choisir l'emplacement – scénario le plus acceptable		
Étude très intéressante mettant en valeur la modélisation des odeurs avant la construction d'un site (Site déjà existant avec des problèmes d'odeurs sujet à un agrandissement)	Biosolides (sans tonnage) à un site de traitement des eaux usées	Plaintes d'odeurs / Les aires de réception, les opérations de mélange		Modélisation de trois scénarios qui étaient entre autre, des mesures de mitigation
Site anonyme	Biowaste – Compostage en andains en comparaison avec compostage en digesteur	Essai comparatif de mesure de tous les paramètres (C/N, odeur (composés odorants), champignons) avec 2 procédés		Conclusion : Le compostage en digesteur produit moins de composés odorants et de poussières en pourcentage par rapport au compostage en andains

5.3.2 Des exemples en Europe

Étude de cas (Italie)

Cette étude de cas porte sur l'approche italienne en matière de gestion des odeurs des sites de compostage. Les sites de compostage sont très nombreux en Italie, et en 1995, on en dénombrait 64 ayant une capacité globale de traitement des matières résiduelles de 3 000 000 de tonnes par année. Aujourd'hui on dénombre 23 sites en opération (capacité de 830 000 tonnes par année).

Il existe de nombreuses solutions pour remédier aux problèmes de mauvaises odeurs issues du compostage. Pour cette étude de cas, deux méthodes d'abattement d'odeurs sont décrites, à savoir l'utilisation de laveurs et l'utilisation de biofiltres. De nombreux laveurs (scrubbers) à solution acido-basiques sont mis en place, utilisant de l'hydroxyde de sodium ou encore des solutions d'acide sulfurique, sans oublier l'utilisation des solutions oxydantes qui sont également préconisées tel le peroxyde d'hydrogène.

Les biofiltres sont également à l'œuvre, cependant ils demandent certaines caractéristiques particulières, comme par exemple le temps de rétention qui doit être au minimum de 36 minutes, les tailles minimales et maximales devant être comprises également entre 100 et 200 centimètres. Les matériaux entrant dans la composition intérieure du biofiltre doivent être en mesure de pouvoir supporter le biofilm, présentant de bonnes capacités d'absorption. Lorsque que ces conditions sont réunies alors un transfert de matière adéquat peut avoir lieu et le transfert entre la phase liquide et la phase gazeuse peut ainsi avoir lieu. Le Tableau 5-10 permet de comparer les différentes efficacités en fonction du type de matériau à traiter.

Tableau 5-10 Tableau comparatif des différentes techniques utilisées dans le but de réduire les odeurs sur un site de compostage italien

Type de matériau	Débit (T/j)	Saison	Concentration à l'entrée du laveur (u.o./m ³)	Concentration à la sortie du laveur (u.o./m ³)	Concentration à l'entrée du biofiltre (u.o./m ³)	Concentration à la sortie du biofiltre (u.o./m ³)	EFFICACITÉ TOTALE (%)
MSW (déchets municipaux)	250	Hiver	21000	11200	9500	300	98.57
Déchets biologiques	120	Été	-	-	9500	250	97.37
Déchets de jardin	80	Hiver	-	-	540	280	48.15

En général lors de la conception d'un biofiltre efficace pour un site de compostage de déchets, le dit filtre aura un débit d'unité odeurs inférieur à 200 u.o./m³. De plus, le temps nécessaire pour que le

compost se débarrasse au complet de son odeur, étude menée sur trois composts différents, est d'environ 25 jours.

Ainsi, dans le but d'optimiser ce temps de dispersion odoriférant, l'étude nous montre l'utilité de recourir à l'aération forcée en utilisant une ventilation suffisante, malgré tout, certains problèmes peuvent survenir, tels l'interruption de la diffusion formant ainsi des couches saturées où la diffusion ne pourra se faire. Dans le but d'augmenter l'efficacité des tests olfactométriques font partis de la panoplie utilisée contre le combat de l'odeur Il a été constaté qu'en mettant l'emphase sur les différentes méthodes de décomposition, en alliant biofiltres et laveurs ce site italien peut donc jouir d'une réduction significative des émanations odoriférantes.

Étude de cas (Allemagne)

Ce site de compostage de résidus verts est installé dans le district de Main-Spessart en Allemagne, un district rural d'environ 120 000 habitants. En activité depuis 1992, ce n'est réellement qu'à partir de 1997 que les problèmes d'odeurs sont apparus et que les premières plaintes d'inconfort liées aux émanations odorantes ont été formulées par les citoyens avoisinants le site.

En 1998, un regroupement de citoyens a été mis sur pied pour répertorier les épisodes d'odeurs. La principale préoccupation des citoyens portait sur l'altération de leur qualité de vie liée aux odeurs et aux problèmes de santé potentiels associés aux émissions de mycètes, de germes et de spores.

C'est également à cette période qu'un agrandissement du site a été projeté. Cet agrandissement a été refusé par les autorités publiques du district, qui ont de plus menacé de fermer le site et d'annuler tous les contrats de compostage à venir. Les plaintes d'odeurs recueillies par le comité de citoyen n'étaient pas très convaincantes et ne représentaient un argument de poids pas dans cette dispute légale. D'autres solutions ont donc du être trouvées pour palier aux problèmes d'odeurs.

La méthodologie proposée par les gestionnaires du site pour l'amélioration de la gestion de leurs opérations et pour la réduction des odeurs a permis de trouver un terrain d'entente entre les gestionnaires et les autorités publiques :

- déterminer les principales sources émettrices;
- renforcer l'aspect technique du site de compostage à l'aide de documents de gestion des opérations dans le but d'augmenter la capacité de compostage du site;
- intégrer le comité de citoyens dans un système encadré en préservant l'anonymat des participants.

Ci-dessous, les caractéristiques des points proposés par les gestionnaires du site aux autorités publiques.

Détermination des principales sources émettrices

Les principales sources émettrices ont été déterminées soit par des mesures d'émissions totales avec une chambre de flux, soit par une recherche bibliographique ou encore par expérience. Le tableau suivant montre la répartition des émissions d'odeurs selon les différentes sources. Il montre clairement que les émissions d'odeurs ne proviennent pas d'une seule source mais bien de plusieurs sources distinctes. Ceci a donc amené les gestionnaires à améliorer leurs équipements, ce qui constitue le point suivant.

Tableau 5-11 Répartition des émissions d'odeurs au site selon les différentes sources

SOURCES ÉMETTRICES	ÉMISSIONS D'ODEURS (%) PAR RAPPORT AUX ÉMISSIONS TOTALES
Réception des résidus verts	18
Décomposition intensive des déchets verts	19
Andains	24
Compostage des résidus verts	19
Biofiltres	5
Zones de transport / stockage du compost/ autres	15

Amélioration des équipements

Des modifications ont été effectuées dans les domaines suivants :

- dans la collecte d'air d'échappement et la purification de cet air;
- dans l'acquisition des données sur la température (pour améliorer le contrôle du procédé);
- dans la station météorologique et dans les simulations de dispersion atmosphérique;
- dans la gestion des opérateurs du site.

Ci-dessous, un descriptif plus détaillé des points sur lesquels des améliorations ont été apportées.

Collecte d'air d'échappement et purification de cet air

Autant le système de purification de l'air qui était déjà en place respectait les normes et était relativement bien efficace, les gestionnaires du site ont décidé d'apporter des modifications au système de purification de l'air en ajoutant de nouveaux équipements :

- une centrale équipée de « laveurs » et d'un système de ventilation contrôlé;
- un biofiltre composé de 4 cuves de 40 pieds;
- un système de tuyauterie pour la conduite d'air issu des tambours.

Contrôle de la température

Pour pouvoir vérifier le développement du procédé pendant la décomposition des déchets verts et pour être apte à contrôler le procédé, il est primordial d'acquérir des données sur la température dans les matériaux. Ainsi donc, la mesure et le contrôle de la température ont été améliorés.

La mesure de la température est réalisée avec un thermomètre qui se situe directement dans les déchets verts en décomposition. Les données relatives à la température sont enregistrées en temps réel sur un ordinateur et permettent un contrôle régulier.

Station météorologique et simulation de dispersion atmosphérique

Une station météorologique a été construite. Un indicateur ultrasonique pour la mesure du vent a été installé. Il permet de déterminer la direction, la température et la vitesse du vent. De plus, une fonctionnalité a été ajoutée permettant de déterminer les classes de stabilité.

Pour les simulations, le logiciel permet la réalisation du système IRAS pour le site de compostage de Wemfeld. Le système IRAS a été calibré spécifiquement en fonction de la localisation du site de compostage.

Entraînement des opérateurs du site

Pour pouvoir jouir pleinement des améliorations apportées aux équipements, les opérateurs ont été spécialement entraînés à manipuler les différents équipements. C'est la seule et unique façon pour garantir le bon fonctionnement des activités et une réduction des émissions odorantes.

Suite aux améliorations des équipements et des fonctionnalités du site de compostage, un essai pilote a été mis en branle en 2001.

Étude de cas (Pays-Bas)

En l'an 2000, environ 92% des ménages Hollandais se sont impliqués dans la collecte des déchets ménagers. 1.57 million de tonnes de déchets ont ainsi pu être collectées, produisant 0.6 millions de tonnes de déchets biologiques.

La réglementation hollandaise étant une des plus sévères d'Europe nous voyons l'importance que peut être la gestion d'odeur. La Hollande se compose de 26 sites de décomposition ayant une capacité totale en l'an 2001 de 1.577 millions de tonnes. Notons que seulement deux sites de traitement de déchets utilisent la décomposition anaérobie avec une capacité annuelle globale de 88.000 tonnes par an.

Le site de PURVA en Hollande produit annuellement 28.000 tonnes de compost pour une capacité totale de 75.000 de déchets annuels. La méthode mise en valeur dans la lutte contre le traitement des odeurs est tout d'abord la méthode de suivie de décomposition des déchets, puis le contrôle de l'arrivée d'air en utilisant un biofiltre et en réalisant des prélèvements tout au tour de la source d'émission.

L'influence du compostage étant primordiale, la technique utilisée est la suivante : tout d'abord le sol doit être perméable, contrôlé toutes les semaines, la température et le taux d'humidité également régulièrement mesurée, et une bonne ventilation autour du site doit être possible.

Le débit d'unité odeur par mètres cubes est ainsi réduit de 5 fois, passant de 150.000 à 30.000 u.o./m³. L'utilisation du biofiltre se fait à 25 degrés et sous une pression d'environ 500 Pa. Deux fois par an la sortie et l'entrée du biofiltre est révisée dans le but d'assurer un parfait fonctionnement.

Au bout de quelques années de service les résultats utilisés pour ce site de compostage démontrent une réduction considérable de l'odeur présente tout autour de la source émettrice. Alliant une bonne technique de compostage avec l'utilisation efficace de biofiltres, réalisant des prélèvements d'air à différents points autour de la source émettrice, l'objectif imposé qui est celui de résoudre le débit de gaz malodorant a pu être atteint.

Étude de cas (Belgique)

La dernière étude de cas porte sur un site de compostage en Belgique, et plus précisément celui de la Belgique flamande. La Belgique flamande compte sept sites de compostage fonctionnant de manière aérobie et un site utilisant la méthode anaérobie.

Le cas étudié est celui de l'usine de traitement de Herstal, avec une capacité annuelle de compostage de 320.000 tonnes. L'étude d'impact a permis de mieux comprendre quelles pourraient être les meilleures solutions pouvant s'adapter à ce genre d'usine de traitement de déchets.

Toujours soucieuse d'augmenter son taux de productivité, l'usine a tout d'abord essayé différentes techniques comme l'incinération par compostage en tunnel, mais également l'incinération après séchage thermique, ainsi que l'incinération à lit fluidisé. Finalement l'incinération directe des déchets non recyclables a été la solution retenue, avec une quantité résiduelle devant être mise en décharge de 70.000 tonnes annuelles.

Ci-dessous, les différentes méthodes utilisées pour l'amélioration du traitement des odeurs. Effectuée en trois phases distinctes, cette approche se veut radicale dans la diminution et de l'élimination des odeurs.

La première phase est utilisée dans le but de réduire les teneurs en PCDF. Pour ce faire, une injection de charbon actif dans les fumées des différentes lignes d'incinération est effectuée. Une deuxième étape consiste à utiliser des filtres à manches et en effectuant l'adaptation des périphériques. Au cours de ces deux étapes le taux d'émission de dioxines et de furannes s'approche donc des directives européennes. L'objectif étant d'atteindre les normales en l'an 2001 date clé où les diverses réglementations entrent en jeu. Enfin, la dernière étape se veut préventive, c'est-à-dire que ne se mettra en place que lors du reconditionnement de l'usine. Cette ultime phase ayant pour but de satisfaire les exigences en ce qui attrait les exigences relatives aux émanations de NOx.

Ainsi même si la Belgique n'a pas précisément de limites d'unité odeur, le traitement des gaz est cependant un souci majeur pour les entreprises belges qui ont pour souci de respecter les normes européennes.

5.4 ÉLÉMENTS À CONSIDÉRER POUR UNE RÉGLEMENTATION DES ODEURS

La revue de la littérature réalisée a permis d'identifier les principales approches législatives adoptées par diverses juridictions d'Amérique du Nord et d'Europe en matière de contrôle des odeurs provenant d'activités de compostage. Ces approches s'inspirent généralement de réglementations développées pour d'autres secteurs d'activités industrielles ou agricoles, également susceptibles de causer des nuisances d'odeurs. Les principaux secteurs sont les suivants : les stations de traitement des eaux usées, les usines de transformation d'aliments, les productions animales (élevages agricoles), divers secteurs d'industries et les lieux de traitement et d'élimination de déchets. Leur application dans le domaine du compostage semble moins répandue dans certaines régions où ce type d'activité industrielle est relativement peu développé ou en plein essor.

Les juridictions américaines et européennes ayant mis en place des moyens de contrôle législatifs des nuisances potentielles d'odeurs privilégient différemment les principales stratégies de contrôle possibles :

- Contrôle basé sur l'approche de la meilleure technologie de contrôle disponible (*Best Available Control Technology*) et exercé par le biais de normes d'émission, de distances séparatrices ou critères de localisation des sites ou autre.
- Contrôle basé sur l'existence de seuils olfactifs de divers composés odorants, mis en place via des normes de qualité de l'air qui fixe des limites à respecter dans l'air ambiant.

Les limites établies dans ces législations, les moyens de contrôle permis, et les modalités d'application diffèrent d'une juridiction à l'autre. L'évolution des connaissances scientifiques et le développement, au cours des dernières décennies, de nouvelles technologies expliquent, notamment, ces différences. La mise au point de méthodes d'analyse olfactométrique en est un bon exemple.

Le contexte propre à chaque région est sans doute aussi un élément déterminant des moyens de contrôle mis en place, qui présentent différents avantages et inconvénients sur le plan de la flexibilité, des coûts, de la simplicité de l'applicabilité pour le législateur comme pour l'industrie du compostage. De mauvaises expériences vécues dans certains états américains avec des centres de compostage de biosolides municipaux (boues) et de grandes installations de compostage de résidus urbains mixtes, par exemple, ont amené à un resserrement des exigences au niveau de la localisation et du contrôle des opérations de ce type d'installation.

Le compostage est un procédé qui regroupe de multiples variantes techniques et technologiques qui ne sont pas de nature à simplifier le choix d'une législation qui soit à la fois efficace pour le contrôle des nuisances et avantageuse pour le développement de cette approche de valorisation des matières résiduelles devenue incontournable. Dans cette perspective, une approche législative efficace et flexible doit tenir compte des multiples variantes possibles du compostage et des principaux facteurs d'émission d'odeurs : la taille de l'exploitation, la technologie de traitement, les

méthodes de contrôle utilisées, la nature des intrants, le savoir-faire de l'exploitant et bien sûr le milieu récepteur et le contexte d'implantation et d'exploitation de l'installation. De plus, cette législation devra tenir compte des contraintes métrologiques relatives aux odeurs, de l'échantillonnage à la dispersion, sans oublier la quantification.

De façon générale, il est admis dans la communauté scientifique que les principaux facteurs responsables de l'émission des odeurs par les installations de compostage sont connus et que les moyens existent pour bien les contrôler. Toutefois beaucoup de développement reste à faire pour adapter les approches réglementaires de contrôle des odeurs au domaine du compostage, un mode de valorisation compatible avec le principe de développement durable et bénéfique pour l'environnement. En ce sens, toute approche législative devra pouvoir être adaptée à l'évolution des connaissances techniques et scientifiques dans ce domaine.

5.5 LISTE DE REFERENCES

- ACCORTT J., Rynk R. et Krause R. (2001). *Air handling holds key to odor management*. BioCycle, 42 (10) : 54-59.
- Alix C. (1998). *Retrofits curb biosolids composting odors*. BioCycle 39 (6) : 37-39.
- Anonyme. (2001). *Reader's questions and answers*. BioCycle, 42 (1) : 23.
- Chapple P. (2000). *Odour control*. Solid Waste and Recycling (3) : 14.
- CUM (1994). *Mesure du nombre d'unités d'odeur (olfactométrie dynamique)*. Montréal, Communauté Urbaine de Montréal, Service de l'environnement, Direction de l'assainissement de l'air et de l'eau.
- Defoer N. et Van Langenhove H. (2001). *Odor emissions control in yard trimmings composting*. BioCycle 42 (2) : 82-83.
- Farrell M. (2001). *Site monitoring and odor control at composting facility*. BioCycle 42 (7) : 50-54.
- Feinbaum R. (2000). *Compost site pursues odor management goals*. BioCycle 41 (10) : 46-49.
- Gage J. (2000). *Operating by progressive odor management plan*. BioCycle 41 (6) : 52-55.
- Glenn J. et Block D. (1999). *MSW composting in the United States*. BioCycle 40 (11) : 42-50.
- Goldstein N. (1996). *Odor control experiences : Lessons from the biofilter*. BioCycle, 37 (4) : 70-75.
- Goldstein N. (2001). *Controlling odors in biosolids recycling*. BioCycle 42 (3) : 67-70.
- Goldstein N. (2001). *New frontiers for odor research*. BioCycle, 42 (9) : 46-51.
- Leuty T. (1999). *Wind management can reduce offensive farm odors*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [En ligne] http://www.gov.on.ca/...rops/facts/info_windmangement.htm,. 7 février 2000.
- Mahin T. D. (2001). *Comparison of different approaches used to regulate odours around the world*. Dans : Water Science and Technology, Odour and volatile organic compounds : Measurement, Regulation and control techniques. Jiang J.K (Eds) Proc. of the 1st IWA International Conference on odour and volatile organic compounds, Sydney, Australie. 87-100.
- Ministère de l'Environnement (MENV) (2000). *Projet de règlement modifiant le règlement sur la qualité de l'atmosphère - Version technique du 12 juin 2000*. Québec, MENV, Direction des politiques du secteur industriel.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MENV). (2001). *Critères provisoires pour la valorisation des matières résiduelles fertilisantes*. Février 2001.
- Ministry of Environment (1999). *Guidance for compost facility operators*. [En ligne], [<http://www.ene.gov.on.ca/ebr/documents/1999/compost2.htm>]. 20 janvier 2003.
- Nguyen V.H. (2000). *Les nouvelles normes d'odeurs et de contaminants chimiques odorants dans le projet de Nouveau Règlement sur la qualité de l'atmosphère*. Vecteur Environnement, 33 (5) : 64-66.
- Nieuwejaers B., Vanbroeck G. et Van Langenhove H. (2001). *Recent odour regulation developments in Flanders*. Dans: Water Science and Technology odour and volatile organic compounds : Measurement,

Regulation and control techniques. Jiang J. K (Eds) Proc. of the 1st IWA International Conference on odour and volatile organic compounds, Sydney, Australia. 103-110.

Redwine J. S. et R.E. Lacey (2000). *A summary of State-by-State Regulation of livestock Odor*. Second international conference on Air pollution from agricultural operations, DesMoines, IA, ASAE, p. 1-9.

Seekins B. (1999). *Troubleshooting the compost pile*. BioCycle 40 (11) : 53-55.

The Illinois Pollution Control Board (IPCB) (1998). *Amendments to requirements for landscape waste compost facilities*. 35 Ill. Adm. Code 830.203 (c), 831.107 and 831.109 (b) (3). 1er octobre 1998.

Twiggs J., Dohoney B., Muirhead T. et Brown S. (1995). *Controlling odors at a regional compost facility*. BioCycle 36 (0) : 74-79.

US Environmental Protection Agency (EPA). (1991). *Solid waste and emergency response office of solid waste*. [En ligne], [<http://www.epa.gov/epaoswer/non/hw/compost/yard.txt>]. 17 janvier 2003.

US Environmental Protection Agency (EPA). (1992). *State legislation and incentives, composting legislation overview*. [En ligne], [<http://www.epa.gov/compost>], 20 janvier 2003.

US Environmental Protection Agency (EPA). (1995). *Decision maker's guide to solid waste management*. [En ligne], [<http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/dmg2.htm>]. 20 janvier 2003.

US Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Biosolids and residuals management fact sheet*. [En ligne], [<http://www.epa.gov/owm/mtb/odor-control>]. 21 janvier 2003.

US Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Integrated risk information system (IRIS)*. [En ligne], [<http://www.epa.gov/iris/sust/042.htm>]. 6 mai 2002.

Van Harreveld, A.Ph. (2002). Odor regulation and the history of odor measurement in Europe. p. 54-61

Wilkie A.C. (2000). *Reducing dairy manure odor and producing energy*. BioCycle 41 (9) : 48-50.

Wu, N. (2000). Odor modeling as first line of defense. BioCycle 41 (5): 64-68