

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

INTÉGRATION DE VARIABLES SOCIALES DANS UN LOGICIEL
D'OPTIMISATION SOUS CONTRAINTES

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR
GUILLAUME LATRAVERSE

AVRIL 2022

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
RÉSUMÉ	viii
CHAPITRE I INTRODUCTION : PROBLÉMATIQUE, CONTEXTE ET QUESTION DE RECHERCHE.....	1
1.1 Problématique	4
1.1.1 Variables de l'acceptabilité sociale et outils d'optimisation sous contraintes	5
1.1.2 Gestion des matières résiduelles.....	6
1.2 Question de recherche et sous-questions	9
CHAPITRE II MÉTHODOLOGIE.....	11
2.1 Revue de littérature : théorie, contextualisation et cadrage du projet.....	14
2.2 Groupe de discussion	15
2.3 Étude des plaintes.....	15
2.4 Hiérarchisation des variables	17
2.5 Activité CRVMR : lien entre variables et choix technologique	17
2.6 Cartographie des variables	18
2.7 Étude en profondeur des variables retenues.....	19
2.8 Étude des environnements des installations existantes et création de profils	19
2.9 Schéma d'intégration : pistes d'intégration des variables d'acceptabilité sociale	20
CHAPITRE III CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE THÉORIQUE	22
3.1 L'acceptabilité sociale	23

3.1.1	Notions et termes utilisés dans le discours public et dans la littérature...	24
3.1.2	Approche.....	25
3.1.3	Définition.....	25
3.1.4	Différentes perspectives : processus, résultat et risque	26
3.2	Modèles et outils d'évaluation de l'acceptabilité sociale.....	27
3.2.1	Le <i>knowledge-based logic modeling system</i>	28
3.2.2	La <i>Social License to Operate</i>	29
3.2.3	Indice du risque social	34
3.3	MaRCOT et l'acceptabilité sociale : minimiser le risque de plaintes.....	39
3.3.1	Positionnement du projet	40
3.3.2	L'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles	43
3.3.3	Étude de Transfert Environnement (2010)	45
CHAPITRE IV RÉSULTATS : ANALYSE, HIÉRARCHISATION ET PARAMÉTRAGE DES VARIABLES DE L'ACCEPTABILITÉ SOCIALE DE LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES.....		52
4.1	Résultats du groupe de discussion.....	53
4.2	Hiérarchisation des variables	63
4.3	Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale.....	75
4.4	Cartographie et sélection des variables	84
4.5	Les variables retenues	87
4.5.1	Variables environnementales : Les nuisances	90
4.5.2	Variables de contextualisation.....	112
4.6	Les variables non retenues	115
4.6.1	Impact sur la circulation	116
4.6.2	Changements d'habitudes.....	118
4.6.3	Qualité du processus d'échange.....	119
CHAPITRE V LES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES ET LEURS ENVIRONNEMENTS.....		121
5.1	Sélection et analyse des installations et de leurs environnements	122
5.2	Profils d'environnements de sites types suggérés.....	125

CHAPITRE VI RÉSULTATS : DES SCIENCES SOCIALES AU GÉNIE LOGICIEL	128
6.1 Optimisation sous contraintes et ses limites	129
6.1.1 MaRCOT, avant le volet sur les variables d'acceptabilité sociale.	131
6.1.2 MaRCOT, avec le volet sur les variables d'acceptabilité sociale.....	132
6.1.3 Limites et défis d'intégration de l'optimisation sous contraintes.....	134
6.2 Schéma d'intégration	136
6.2.1 Début de l'optimisation	138
6.2.2 Entrées manuelles	138
6.2.3 Opérations manuelles : Définition des contraintes d'indice de risque de plaintes	144
6.2.4 Fonctions, modèles, calculs et procédés	146
6.2.5 Décision : Bouquet optimal?	152
6.2.6 Données	152
6.2.7 Fin de l'optimisation.....	154
CHAPITRE VII DISCUSSION	155
7.1 Retour sur les objectifs et les principaux apprentissages	155
7.2 Retour sur les questions de recherche	157
CHAPITRE VIII CONCLUSION	161
8.1 Pour les gestionnaires municipaux.....	161
8.2 Pour les étudiants et chercheurs	163
ANNEXE A FICHES DESCRIPTIVES DES 19 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DESSERVANT LES VILLES DE GATINEAU, LAVAL ET MONTRÉAL	164
BIBLIOGRAPHIE	174

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
3.1 Les trois premiers niveaux proposés de l'approche knowledge-based de l'évaluation de l'acceptabilité sociale de processus décisionnels en matière de gestion des ressources naturelles. Tiré de Kakoyannis et al. (2001).	28
3.2 Modèle en pyramide de la <i>Social License to Operate</i> proposé par Boutilier et Thomson (2011).	30
3.3 Niveaux de la SLO avec les quatre facteurs qui déterminent la proportion de parties prenantes à chacun des niveaux. Tiré de Boutilier et Thomson (2011).	32
3.4 Relation entre les éléments clefs d'une SLO. Tiré de Moffat et Zhang (2014).	33
3.5 Modèle de l'évaluation de la SLO de l'industrie minière. Tiré de Moffat et al. (2016).	34
3.6 Conceptualisation du modèle de l'indice du risque social. Tiré de Bergeron et al. (2015).	36
3.7 Structure de l'indice en niveaux et articulation des variables selon les pôles et ensembles. Tiré de Bergeron et al. (2015).	37
4.1 Liste des variables d'acceptabilité sociale hiérarchisées	75
4.2 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables environnementales. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.	77
4.3 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables sociales. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.	79

4.4 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables de gouvernance. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.	81
4.5 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables de localisation. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.	82
4.6 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables techniques. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum. ..	83
4.7 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables économiques. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.	83
4.8 Cartographie des variables d'acceptabilité sociale par catégorie, en fonction de leur importance en terme d'acceptabilité sociale et de la force de leur lien avec le choix technologique.	86
4.9 Illustration des différences entre les courbes dBA (en noir) et les « equa loudness curves » révisées d'ISO 226-2003 (en rouge). Tiré de McMinn (2003).	96
4.10 Modèle d'impact d'odeur. Adapté de Nicell (1994).	104
4.11 Courbe Weber-Fechner illustrant la relation entre l'intensité, la concentration et les seuils. Tiré de Bian et Suffet (2019).	106
6.1 Illustration de l'optimisation sous contraintes.	131
6.2 Illustration de MaRCOT, de l'intégration de variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles dans MaRCOT et des liens entre les éléments.	137

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
3.1 Utilisations particulières de termes et expressions dans le discours public et dans la littérature, faisant référence à un concept d'acceptabilité ou d'acceptation sociale. Tiré de Batellier (2015).....	24
3.2 Les quatre facteurs constituant trois niveaux de la SLO. Tiré de Boutilier et Thomson (2011).....	31
3.3 Liste des variables de l'indice du risque social pour l'ensemble <i>caractéristiques</i> et pour les pôles <i>communauté, entreprise et projet et milieu naturel</i> . Tiré de (Bergeron et al., 2015).....	38
4.1 Hiérarchisation de variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales par les participants #1, #2 et #3 du groupe de discussion.....	57
4.2 Hiérarchisation de variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales par le participant #4, pour 5 contextes différents en rang d'importance, de 1, le plus important à 4, le moins important et 0, pas important ou non applicable.	58
4.3 Hiérarchisation de variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales par le participant #5, en ordre d'importance, de la plus importante à la moins importante, du haut vers le bas, pour les matières organiques et les matières recyclables, dans un contexte de proximité (les riverains) et dans un contexte à l'échelle de la ville (non riverains).	59
4.4 Occurrences des interventions par cas d'étude selon les catégories de variables pour les 13 cas étudiés, dont 7 de gestion des matières résiduelles (GMR). Adapté de Transfert Environnement (2010).....	65
4.5 Variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles ayant une importance marquée parmi les 7 cas d'installations de gestion des	

matières résiduelles. « X » lorsqu'une variable a une importance marquée pour un cas. Nombre total sur 7 de cas pour lesquels une variable a une importance marquée à la dernière colonne. Adapté de Transfert Environnement (2010).....	67
4.6 Variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles hiérarchisées entre catégories, sous-catégories et à l'intérieur des sous-catégories, sur la base de l'analyse de l'étude de Transfert Environnement (2010) et du groupe de discussion réalisé avec des experts de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion).....	70
5.1 Synthèse des caractéristiques des 19 installations (projetées ou opérationnelles) étudiées desservant les municipalités de Gatineau, Laval et Montréal.	124
5.2 Profils d'environnements de sites types proposés. Acronymes des technologies permises : CMR (centre de tri de matières recyclables); CBM (centre de biométhanisation; CCI (centre de compostage intérieur); PCE (plateforme de compostage extérieure; CRD (centre de tri des matériaux secs de construction, rénovation et destruction); LET (lieu d'enfouissement technique); CPO (centre de prétraitement des ordures ménagères); CTB (centre de transbordement) et; INC (incinérateur).	126
6.1 Valeurs possibles proposées pour les paramètres des profils d'environnements de sites.....	142

RÉSUMÉ

Ce projet de recherche tire ses origines d'un désir exprimé par les municipalités partenaires de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR), d'intégrer des facteurs d'acceptabilité sociale à l'outil MaRCOT, que la chaire développe pour elles. MaRCOT est un logiciel d'optimisation sous contraintes destiné à aiguiller les choix de technologies de traitement des matières résiduelles municipales.

Le présent projet de recherche vise donc à fournir des pistes d'intégration de variables de l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles à l'outil MaRCOT, qui les intégrera parallèlement à des contraintes techniques, économiques et de marché. Ce mémoire ne vise pas à apporter de nouvelles connaissances au développement du cadre conceptuel de l'acceptabilité sociale ou à la science du génie logiciel, mais à combiner certaines connaissances provenant des deux champs.

La question de recherche découlant de l'objectif est la suivante : Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier?

Des variables d'acceptabilité sociale ont été répertoriées au travers d'une revue de littérature et hiérarchisées grâce à un groupe de discussion réalisé avec des experts municipaux. Il en est ressorti que les variables influant le plus l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles sont les nuisances, plus précisément les bruits et les odeurs. Une activité réalisée avec des experts des technologies de traitement a permis de confirmer que les variables sélectionnées varient fortement en fonction du choix technologique. Une cartographie des variables à deux axes a été développée, plaçant les variables en fonction de leur degré d'influence sur l'acceptabilité sociale et en fonction de leur lien avec le choix technologique. Il est également ressorti de la recherche qu'il est impossible d'effectuer un choix technologique influencé par les variables d'acceptabilité sociale sans contextualisation. Des pistes d'intégration des nuisances incluant les variables de contextualisation suivantes ont donc été proposées : distance et densité des populations riveraines des sites considérés; contexte historique et; indice de défavorisation. Un schéma d'intégration des variables d'acceptabilité sociale dans MaRCOT, illustrant le

fonctionnement de l'outil, les éléments devant être intégrés et les relations existantes entre le volet social et les volets techniques et économiques, a été conçu. Finalement, le développement des pistes d'intégration a permis d'identifier de nombreuses avenues de recherche qui devront être explorées afin de finaliser l'intégration des variables sociales à l'outil MaRCOT.

Mots clefs : acceptabilité sociale; gestion des matières résiduelles; optimisation sous contraintes; outil d'aide à la décision.

CHAPITRE I

INTRODUCTION : PROBLÉMATIQUE, CONTEXTE ET QUESTION DE RECHERCHE

Ce projet de recherche et mémoire de maîtrise s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche plus large. Ce dernier, le projet MaRCOT, est en cours de réalisation au Centre International de Référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) et à la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR). Le projet MaRCOT est un logiciel outil d'optimisation sous contraintes, qui permettra de guider l'élaboration de stratégies optimales de choix technologiques des installations de gestion de matières résiduelles à déployer pour les municipalités québécoises. Il vise à maximiser la réduction des émissions de gaz à effet de serre et les bénéfices économiques au travers de gains sur l'efficacité des ressources, tout en réduisant le plus possible l'enfouissement des matières résiduelles. Le projet MaRCOT comporte trois grands volets. Les deux premiers visent respectivement l'optimisation de procédés et l'optimisation technique. Le présent projet de recherche porte sur le troisième volet, celui de l'acceptabilité sociale. Ce dernier volet est une exploration de pistes d'intégration d'éléments de l'acceptabilité sociale dans un logiciel d'optimisation sous contraintes et est d'une ampleur réduite, dans la mesure où le projet de recherche ne vise pas à modéliser l'acceptabilité sociale, ni même à faire l'intégration des éléments dans le logiciel.

L'objectif du projet de recherche est de combiner des éléments des sciences sociales et du génie logiciel, en proposant des pistes pour l'intégration dans MaRCOT de certaines

connaissances fournies par les sciences sociales sur l'acceptabilité sociale, de sorte que ces connaissances influencent les résultats d'optimisation que fournira le logiciel d'optimisation sous contraintes. Il s'agit donc de sélectionner quelques variables influentes de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles, dans l'optique de choix technologique, qui peuvent être intégrées au modèle d'optimisation sous contraintes du logiciel MaRCOT et de proposer une approche d'intégration. Le projet est donc une exploration de pistes d'intégration de variables sociales à un logiciel d'optimisation sous contraintes, et comme ce dernier est un outil d'aide à la décision quant aux choix entre les différentes technologies de traitement des matières résiduelles, le projet de recherche se concentrera sur les variables d'acceptabilité sociale qui sont intimement liées aux caractéristiques de ces technologies. L'objectif du projet de recherche n'est donc pas de créer un modèle général de l'acceptabilité sociale, de mesurer l'acceptabilité sociale de façon exhaustive ou de créer un logiciel. Le projet ne vise aucunement à remplacer les processus de consultations publiques, d'acceptabilité sociale et de co-construction des projets, il se limite à explorer des pistes d'intégration de variables sociales dans un logiciel d'aide à la décision par rapport à des choix technologiques.

L'autre volet de MaRCOT, développé grâce au projet de maîtrise de Florence Ravary-Berger à la CRVMR, porte sur la modélisation environnementale de la valorisation des matières résiduelles à partir de données fournies par des études d'analyse de cycle de vie. Celui-ci vise à modéliser l'impact environnemental du traitement des différents types de matières résiduelles par les nombreuses technologies existantes, afin de permettre l'optimisation des impacts environnementaux et d'atteindre certaines cibles d'émissions. L'optimisation sous contraintes, expliquée simplement, est une forme d'optimisation mathématique fondée sur un algorithme mathématique itératif, permettant de trouver une fonction répondant aux objectifs de manière optimale. Plusieurs mécanismes d'optimisation existent et ceux qui nous intéressent dans le cadre du projet MaRCOT sont les contraintes et les pénalités. Les contraintes sont des points

à ne pas dépasser, une quantité maximale de gaz à effet de serre pouvant être émise par exemple, ou des points à atteindre, tels qu'une capacité de traitement minimale de matières organiques à atteindre. Les pénalités sont quant à elles des points à minimiser ou à maximiser, par exemple les quantités de gaz odorants émises. Ainsi, un algorithme d'optimisation sous contraintes pourrait générer la solution qui permettrait de traiter un minimum de 100 000 tonnes de matières organiques par année et n'émettrait pas plus de 20 000 tonnes de CO₂ par année, tout en favorisant la solution qui émettrait le moins de gaz odorants. Une explication plus détaillée de l'optimisation sous contraintes et du fonctionnement de MaRCOT se trouve dans les résultats (section 6.1, Optimisation sous contraintes et ses limites). Il est également possible d'en apprendre davantage sur l'optimisation sous contraintes en consultant de nombreux ouvrages, dont celui de Jean-Pierre Dussault (2020).

Le logiciel d'aide à la décision MaRCOT a vocation à être utilisé en amont des processus de planification de projets, soit pour tester des scénarios hypothétiques ou au moment où les besoins de traitement des matières résiduelles, tels que les quantités à traiter des différents types de matières, seront connus, mais le choix du bouquet technologique, c'est-à-dire les installations devant être construites, reste à déterminer. Il permettra de fournir des solutions technologiques qui répondront à ces besoins. MaRCOT sera donc utilisé bien avant toute forme de consultation publique et ne servira pas à évaluer l'acceptabilité sociale d'installations de traitement de matières résiduelles qui sont déjà en phase d'opération. Le volet social de MaRCOT vise à ce que, une fois intégré à l'algorithme d'optimisation sous contraintes lors de futurs travaux, l'outil puisse proposer des solutions technologiques qui éviteront certains écueils d'acceptabilité sociale une fois que les installations de traitement des matières résiduelles entreront en phase d'opération. Cela signifie que le présent projet de recherche se limitera à l'étude de variables pouvant être liées aux choix technologiques. Ainsi, grâce aux volets social et environnemental, MaRCOT pourra générer des

solutions technologiques qui auront une meilleure probabilité d'être socialement acceptables et qui réduiront au minimum les impacts environnementaux.

Pour la rédaction du mémoire, le terme « variable » a été choisi pour évoquer les éléments de l'acceptabilité sociale qui varient d'un cas à un autre. Ce terme est approprié dans l'optique où le choix technologique aurait un impact sur l'importance d'éléments constituant l'acceptabilité sociale, soit les variables d'acceptabilité sociale. Les variables font référence à des :

[...] informations relatives à des individus ou des groupes, à des pratiques ou des opinions, à des directions sociales ou des objets matériels, etc. dans la mesure où ces informations désignent des traits de la réalité qui varient d'un cas à un autre. (Martin, 2014)

Les variables permettent ainsi « d'exprimer et donc de rendre explicite les similitudes ou des différences entre individus ou situations enquêtées » (Martin, 2014). Le terme « facteur » est également employé dans la littérature, notamment dans l'étude de Transfert Environnement (2010). Les deux termes pourraient être utilisés de manière interchangeable, mais uniquement le terme « variable » sera dorénavant employé afin d'uniformiser le travail.

1.1 Problématique

L'acceptabilité sociale est un concept clef du présent projet de recherche, qui est défini comme suit : « Assentiment de la population à un projet ou à une décision résultant du jugement collectif que ce projet ou cette décision est supérieur aux alternatives connues, incluant le statu quo » (Gendron, 2014). Un projet peut donc se heurter à des problèmes d'acceptabilité sociale et même être avorté si les citoyens concernés, de près ou de loin, jugent que le projet a plus d'impacts négatifs que d'impacts positifs, qu'un aspect du projet le rend invalide, que le projet manque de transparence ou que les promoteurs ne

sont pas dignes de confiance. L'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles est étudiée et contextualisée dans la section 1.1.2 et dans le cadre théorique (section 3). La problématique à l'origine du projet est la problématique à laquelle font face certains décideurs d'instances publiques, des meneurs de projets municipaux dans ce cas précis, lorsqu'il est question d'intégrer des enjeux d'acceptabilité sociale au tout début des projets, à leur conceptualisation. Trop souvent des projets sont conceptualisés, conçus et se rendent même en appel d'offre, pour ensuite se heurter à des problèmes d'acceptabilité sociale et finalement, devoir retourner à la table à dessin ou même être abandonnés. Comment serait-il possible de ramener certains enjeux d'acceptabilité sociale en amont des projets? Serait-il possible de les intégrer au moment où les paramètres des projets sont calculés en fonction des besoins, afin de trouver des solutions qui balancent les besoins techniques avec des considérations d'acceptabilité sociale et ainsi réduire le risque que les projets soient rejetés plus tard dans leur cheminement? Cette problématique et ces questionnements ont ainsi mené au présent projet de recherche et à la piste de solution qu'est l'intégration de variables d'acceptabilité sociale dans le logiciel d'optimisation sous contraintes MaRCOT.

1.1.1 Variables de l'acceptabilité sociale et outils d'optimisation sous contraintes

Bien qu'il existe des outils et modèles permettant d'évaluer le niveau potentiel d'acceptabilité des projets, notamment l'*Indice du risque social dans les projets miniers* (Bergeron *et al.*, 2015), le *Knowledge-based logic modeling system* (Reynolds, 2001) et le *Social License to Operate* (Boutilier, 2017), il semble qu'il n'existe pas d'outil qui intègre dans un logiciel d'optimisation des variables pouvant influencer l'acceptabilité sociale d'un projet, tels que les caractéristiques intrinsèques des projets, les caractéristiques des communautés d'accueil et les nuisances générées par les installations de traitement. Les outils et modèles mentionnés ci-dessus sont toutefois

des sources d'inspiration pour le projet de recherche, qui vise à explorer des pistes d'intégration de variables d'acceptabilité sociale dans un outil d'optimisation sous contraintes.

1.1.2 Gestion des matières résiduelles

La problématique à l'origine du projet est celle de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles au Québec.

La compréhension de la problématique de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles est primordiale pour les décideurs et administrateurs publics, dans un contexte où :

dans la planification environnementale, les décisions d'utilisation du territoire pour des infrastructures causent de plus en plus de conflits, particulièrement lorsqu'il s'agit d'installations de traitement des matières résiduelles contestées. [traduction libre] (Wolsink et Devilee, 2009)

Les municipalités québécoises, dont Montréal, ont récemment eu à faire face à une crise en matière de gestion des matières résiduelles causée par le resserrement des importations chinoises de matières recyclables (de Freytas-Tamura, 2018). Cette crise a poussé le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques à mettre en place un comité d'experts (Rousseau, 2018), ayant comme mandat de :

Conseiller le ministre sur les dossiers relatifs à la gestion des matières résiduelles. Il pourra également formuler des recommandations sur les objectifs à court, moyen et long termes que le Québec devrait se donner pour créer une société sans gaspillage. (MELCC, s. d.)

Un des chantiers prioritaires du comité est :

l'amorce du dialogue avec la population et la sensibilisation des intervenants en ce qui concerne les enjeux de la gestion des matières résiduelles, notamment l'objectif de bannir la matière organique des lieux d'élimination. (MELCC, s. d.)

Ce chantier est en lien direct avec les enjeux d'acceptabilité sociale, mais sa formulation peut laisser présager que le MELCC a une vision des relations publiques qui s'apparente au « modèle de réponse aux parties prenantes » où il existe une communication bidirectionnelle asymétrique entre les citoyens et l'administration, qui informe les citoyens sur ce qu'elle juge être la bonne solution et répond à leurs questions, sans nécessairement être ouverte à modifier sa position (Gendron, 2014). La Ville de Montréal a quant à elle été forcée de verser 29,2 millions de dollars supplémentaires pour maintenir opérationnels ses centres de tri et éviter l'enfouissement de 153 000 tonnes de matières recyclables (Rettino-Parazelli, 2018). L'administration a également fait le constat qu'elle doit modifier son approche en matière de gestion du recyclage en favorisant l'économie circulaire, ce qui permettrait de réduire la dépendance à l'exportation (ibid.).

Une nouvelle approche en matière de gestion des matières résiduelles peut nécessiter l'instauration de nouvelles politiques, l'ajout ou la modification de collectes ou encore la construction de nouvelles installations. L'expérience récente de l'implantation de la collecte du compost n'a pas été sans heurts. L'administration montréalaise a dû faire face à une féroce opposition à son projet de construction d'une usine de compostage à Saint-Michel, de la part d'une coalition de citoyens et de groupes communautaires et économiques (Corriveau, 2012). L'opposition au projet de centre de compostage à Saint-Michel a même transformé le projet en enjeux électoral (Corriveau, 2013). Dans ses efforts pour la recherche de solutions à la crise du recyclage, la Ville de Montréal se heurte à une opposition des citoyens, qui jugent inacceptable la construction d'un nouveau centre de tri des matières recyclables sur le site de l'ancienne carrière Francon à Saint-Michel (Gerbet, 2018).

Ce ne sont pas que les projets de construction de nouvelles installations qui ont des problèmes d'acceptabilité sociale, l'ajout de nouvelles collectes et l'adoption de nouvelles habitudes en ont également. En effet, bien que la récupération des matières organiques ait été mise en place depuis quelques années sur le territoire de l'agglomération de Montréal, le taux de récupération demeure très faible à 23% en 2017, bien en deçà de l'objectif de 60% (Ville de Montréal, 2018a). Il est tout de même à noter qu'il est en hausse constante depuis 2012, année où il s'établissait à seulement 11% (Ville de Montréal, 2017). Est-ce que des variables d'acceptabilité sociale des nouvelles habitudes pourraient expliquer l'importante disparité entre le taux de récupération atteint et le taux visé? Jean-François Parenteau, maire de l'arrondissement de Verdun, fait le constat que même si les citoyens disent désirer participer à la collecte de compostage, ils délaissent le service (Normandin, 2018), ce qui laisse entrevoir un problème d'acceptabilité du programme tel qu'il est opérationnalisé.

Malgré la hausse constante du taux de récupération des matières organiques depuis 2012, on peut entrevoir qu'il plafonnera à un niveau inférieur à l'objectif, à l'image du taux de récupération des matières recyclables, qui plafonne à 60% en 2017 (Ville de Montréal, 2018a), seulement 2% plus haut qu'en 2012 et bien en deçà de l'objectif de 70% (Ville de Montréal, 2017). Les municipalités doivent mieux cerner les enjeux d'acceptabilité sociale en matière de gestion des matières résiduelles si elles désirent atteindre leurs cibles, qui s'enlignent sur la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles* (MDDEP, 2011), qui est un des éléments clefs du *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques* (MDDEP, 2012). Elles doivent également comprendre les variables qui poussent les citoyens à participer ou non aux programmes de collecte des matières résiduelles.

1.2 Question de recherche et sous-questions

La question de recherche est : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ».

Pour répondre à ces questions et fournir les variables qui serviront à intégrer des variables d'acceptabilité sociale au logiciel d'optimisation MaRCOT, il est nécessaire de répondre à des sous-questions. La première est : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ». La seconde est : « Parmi ces variables, lesquelles sont intimement liées aux différentes technologies de gestion des matières résiduelles? ». Cette seconde sous-question est d'une importance primordiale, étant donné que l'outil doit servir à faire des choix entre les différentes technologies. Pour y répondre, il est nécessaire de démontrer que le choix technologique peut avoir une influence sur la variable d'acceptabilité sociale. Il est important de préciser que le but n'est pas de fournir des données sur les technologies, telles que le volume de gaz odorant émis par le traitement d'une tonne de matière organique par digestion anaérobie, ou le bruit émis par la décharge de matières recyclables d'un camion. Il sera cependant probablement nécessaire d'obtenir de telles données lors de futurs travaux afin d'intégrer le volet social à l'algorithme d'optimisation sous contraintes de MaRCOT. La troisième est : « Ces variables peuvent-elles être intégrées au logiciel? ». Il s'agit de déterminer si les variables peuvent être intégrées au logiciel d'optimisation sous contraintes, soit sous forme de contraintes lorsqu'il s'agit de seuils à ne pas dépasser, ou sous forme de pénalités lorsqu'il s'agit d'impacts à minimiser, en les intégrant de manière quantitative dans le cas des impacts chiffrables ou d'une autre manière lorsqu'elles sont davantage de nature qualitative.

Le projet de recherche ne vise donc pas à modéliser l'acceptabilité sociale dans son ensemble, pas plus qu'à évaluer l'acceptabilité sociale d'un projet spécifique, d'une installation ou d'une technologie. Il se limite à explorer des pistes d'intégration d'éléments de l'acceptabilité sociale à un logiciel d'optimisation sous contraintes.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

Cette section décrit la méthodologie employée pour le projet de recherche, ainsi que le travail accompli. Le projet de recherche a débuté avec une revue de littérature (section Chapitre 3, Cadre théorique et problématique théorique), premièrement sur l'acceptabilité sociale en général, ensuite sur les outils et modèles permettant d'évaluer l'acceptabilité sociale et finalement, sur le positionnement du projet et sur les variables d'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles.

Un groupe de discussion a été réalisé avec des employés des services de l'environnement des municipalités partenaires de la CRVMR, ce qui a permis de confirmer l'information recueillie au travers de la revue de littérature et de la bonifier (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) et ainsi de répondre à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ».

Suite au groupe de discussion, il a été envisagé d'étudier le registre des plaintes que la Ville de Montréal a enregistrés en lien avec la gestion des matières résiduelles. Il n'a cependant pas été possible d'en tirer des conclusions étant donné que selon nos contacts, la vaste majorité des plaintes étaient en lien avec la collecte des matières résiduelles et non avec les installations de traitement. L'organisation des données du registre n'a pas permis d'identifier les plaintes qui auraient été logées à propos des installations.

Les résultats de la revue de littérature et du groupe de discussion ont permis d'établir une hiérarchie des variables d'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles (section 4.2, Hiérarchisation des variables). Ce travail de hiérarchisation est une étape importante de la sélection des variables visant à répondre à la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ».

Une activité a été réalisée avec les collègues de la CRVMR, qui sont des experts des technologies de traitement, afin d'évaluer la force du lien existant entre chacune des variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles et le choix technologique. Cet exercice a permis de combler un manque d'information dans la littérature sur le sujet et de répondre à la seconde sous-question de recherche : « Parmi ces variables, lesquelles sont intimement liées aux différentes technologies de gestion des matières résiduelles? » (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale).

Une cartographie des variables a été réalisée afin de placer les variables sur deux axes (section 4.4, Cartographie et sélection des variables). L'axe horizontal est celui de l'importance relative de chacune des variables en termes d'acceptabilité sociale, qu'il a été possible d'évaluer au travers de la revue de littérature et du groupe de discussion, et l'axe vertical est celui de la force du lien existant entre les variables et le choix technologique.

Grace au travail ayant mené à la cartographie des variables, il a été possible de sélectionner des variables à développer pour une intégration à MaRCOT (section 4.5, Les variables retenues) et ainsi de répondre à la première partie de la question de recherche : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale

des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». Des revues de littérature ont été réalisées pour chacune des variables retenues afin de comprendre pourquoi et comment elles influencent l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles, en plus de déterminer comment elles peuvent être paramétrées et quantifiées, et ainsi fournir des pistes pour leur intégration dans le logiciel MaRCOT.

Suite à la revue de littérature et au groupe de discussion, il a été déterminé qu'il était important d'étudier les environnements dans lesquels sont situées les installations desservant les municipalités partenaires de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR). Cela a permis de paramétrer les environnements typiques dans lesquels se situent ces installations et ainsi fournir des données utiles à l'intégration des variables sociales dans l'outil MaRCOT (section Chapitre 5, Les installations de traitement des matières résiduelles et leurs environnements).

Finalement, la question de recherche principale a été répondue en proposant un schéma d'intégration des variables d'acceptabilité sociale au logiciel MaRCOT (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel) : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». Les variables, paramètres, tests logiques, relations et dynamiques ont ensuite été décrits de manière à répondre à l'objectif du projet, qui est de fournir des pistes d'intégration de variables d'acceptabilité sociale au logiciel d'optimisation sous contraintes MaRCOT.

2.1 Revue de littérature : théorie, contextualisation et cadrage du projet

Dans le cadre de ce projet de recherche, une revue de littérature a été réalisée (section Chapitre 3, Cadre théorique et problématique théorique) sur les thématiques suivantes : l'acceptabilité sociale en général et au Québec; les modèles et outils d'évaluation de l'acceptabilité sociale d'installations, d'infrastructures ou de projets; l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles; les variables de l'acceptabilité sociale des installations de traitement de matières résiduelles; les études de cas de succès et d'échecs d'installations de gestion des matières résiduelles projetées ou opérationnelles au Québec et ailleurs. Cette revue de littérature a permis de commencer à répondre à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? », en plus de contextualiser et de positionner le projet dans le spectre de l'acceptabilité sociale (section 3.3, MaRCOT et l'acceptabilité sociale : minimiser le risque de plaintes).

La recherche a été effectuée sur des bases de données scientifiques, des sites d'actualité et des sites internet tels que celui du Bureau des Audience Publiques en Environnement (BAPE). Cela a permis d'identifier des articles scientifiques, des rapports et statistiques, des sondages d'opinion, des articles d'actualité, en plus de rapports et de mémoires de consultations publiques pertinents à l'identification des variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales. Cette revue n'était cependant pas limitée à la littérature portant sur les installations de gestion des matières résiduelles, car la littérature portant sur d'autres types d'installations ou de projets, tels que des projets miniers, a permis d'identifier des outils d'évaluation de l'acceptabilité sociale et des variables clefs de l'acceptabilité sociale de projets d'envergure.

2.2 Groupe de discussion

Un groupe de discussion avec cinq experts issus des services de l'environnement des municipalités partenaires de la CRVMM a été réalisé. Les informations récoltées au travers de l'activité (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) ont servi à compléter les données et informations issues de la revue de littérature et de répondre à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clés de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ». Après une présentation du projet de recherche aux participants, nous avons demandé aux participants de répondre de manière individuelle à la question « Quelles sont les variables qui conditionnent, selon vous, l'acceptabilité ou le refus de vos projets de valorisation de la matière? » en inscrivant de 5 à 7 variables sur une feuille de papier. Les réponses ont été comptabilisées et présentées aux participants, et s'ensuivit une discussion sur les variables identifiées. Nous avons ensuite demandé aux participants de hiérarchiser les variables identifiées sur une autre feuille de papier et de leur donner une pondération. Finalement, nous leur avons demandé s'il existait des modalités de quantification de ces variables au sein des différentes municipalités et s'ils avaient des idées pratiques au sein de leur institution respective à suggérer.

Il était prévu de réaliser d'autres groupes de discussion ainsi que des entrevues avec, entre autres, des citoyens activistes ou membres de comités de suivi des projets d'installation de traitement des matières résiduelles, mais le projet a été abandonné dans le contexte de la crise sanitaire engendrée par la COVID-19.

2.3 Étude des plaintes

Les participants du groupe de discussion nous ont suggéré d'étudier les registres de plaintes de la Ville de Montréal. L'étude des plaintes répertoriées par les municipalités

pourrait permettre d'établir une pondération des variables. La Ville de Montréal conserve en effet un registre des plaintes classées par catégories de matières résiduelles et par arrondissements. Nous avons pu consulter le registre des plaintes de la Ville de Montréal mais n'avons malheureusement pas pu en tirer les informations espérées qui auraient pu permettre d'établir une pondération des variables. Les plaintes répertoriées ne sont pas séparées entre celles qui concernent les installations de gestion des matières résiduelles et celles qui concernent la collecte de ces dernières. Les plaintes concernant la collecte, à propos d'ordures qui n'ont pas été ramassées ou de camions de collecte qui ont des fuites de liquide malodorant par exemple, semblent en fait constituer la majorité du registre des plaintes selon les discussions que nous avons eu avec nos contacts à la Ville de Montréal.

Il a été possible de vérifier s'il y avait une corrélation entre le nombre de plaintes recensées par arrondissement et la présence d'une installation de traitement des matières résiduelles, mais aucune corrélation n'a pu être décelée. Il n'a donc pas été possible de tirer de conclusions avec les données disponibles et l'étude des plaintes a dû être abandonnée pour la suite du projet de recherche. Il serait cependant possible lors de futurs travaux d'écouter et de lire les plaintes qui ont été enregistrées. Cela permettrait de départager les plaintes liées aux collectes des plaintes liées aux installations. Nous croyons également que ces enregistrements contiennent une foule d'informations intéressantes sur les préoccupations des citoyens par rapport à la gestion des matières résiduelles et sur l'interaction entre les citoyens et les services aux citoyens, mais il s'agit d'une piste de recherche qui dépasse le cadre du projet de recherche. Finalement, nous conseillons aux municipalités de départager les plaintes qui portent sur les collectes de celles qui portent sur les installations lors de leur enregistrement.

2.4 Hiérarchisation des variables

Une hiérarchisation des variables a été réalisée en faisant une analyse en profondeur d'un rapport clef sur les facteurs d'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles identifié lors de la revue de littérature, complété par d'autres articles, documents et par les résultats du groupe de discussion (section 4.2, Hiérarchisation des variables). Après l'identification des variables clefs, la hiérarchisation des variables était une étape importante du processus menant à la sélection des variables pour lesquelles le projet a fourni des pistes d'intégration, dans le but de répondre à la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ».

2.5 Activité CRVMR : lien entre variables et choix technologique

L'activité décrite ci-dessous visait à répondre à la deuxième sous-question de recherche : « Parmi ces variables, lesquelles sont intimement liées aux différentes technologies de gestion des matières résiduelles? ». La force du lien avec le choix technologique a été déterminée au travers d'une activité réalisée avec les collègues de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR), qui sont des experts des technologies de traitement des matières résiduelles. De plus, un collaborateur de la CRVMR a participé à l'activité. Il est un expert de la gestion des matières résiduelles municipales et travaille pour une municipalité partenaire de la chaire. L'activité a été réalisée lors d'une réunion virtuelle de la chaire où, après une explication de chacune des variables, les six participants ont été appelés à placer les

variables sur une échelle allant de « lien très faible » à « lien très fort » et à discuter du raisonnement à l'origine du placement des variables. Les résultats tirés de l'activité (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale) ont ainsi permis de combler un manque d'information dans la littérature. Il s'agit d'une étape importante du projet de recherche, car celui-ci vise à fournir des pistes d'intégration de variables influençant l'acceptabilité sociale dans un outil d'aide à la décision pour un choix de bouquet technologique, nécessaire au traitement des matières résiduelles municipales. Il est donc crucial de limiter la sélection de variables d'acceptabilité sociale à celles qui peuvent influencer le choix entre différentes technologies.

2.6 Cartographie des variables

Grâce aux travaux ayant mené à la hiérarchisation des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles et aux travaux sur le lien entre le choix technologique et les variables, une cartographie des variables a pu être réalisée (section 4.4, Cartographie et sélection des variables). Les variables ont été placées sur deux axes, l'axe horizontal représentant l'importance de la variable en termes d'acceptabilité sociale et l'axe vertical représentant la force du lien existant entre la variable et le choix technologique. La cartographie est l'étape finale du processus menant à la sélection des variables pour lesquelles le projet fournit des pistes d'intégration, dans le but de répondre à la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». En effet, la majorité des variables à sélectionner pour une intégration dans le logiciel MaRCOT s'est retrouvée dans le cadran en haut à droite de la cartographie, là où les variables ayant une importance forte

en termes d'acceptabilité sociale et ayant un lien fort avec le choix technologique se sont retrouvées.

2.7 Étude en profondeur des variables retenues

Une revue de littérature a été réalisée pour chacune des variables sélectionnées afin de les étudier en profondeur (section 4.5, Les variables retenues). Ce travail était l'étape suivant la sélection des variables dans le cheminement qui a permis de développer les pistes d'intégration, dans le but de répondre à la principale question de recherche : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». Cette recherche vise également à répondre à la troisième sous-question de recherche : « Ces variables peuvent-elles être intégrées au logiciel? ». La revue de littérature avait pour objectifs de mieux comprendre comment les variables sélectionnées ont une incidence sur l'acceptabilité sociale et de déterminer quels paramètres et modalités de quantification pourraient servir à leur intégration dans l'outil d'optimisation sous contraintes MaRCOT.

2.8 Étude des environnements des installations existantes et création de profils

Suite aux revues de littérature et au groupe de discussion, il a été déterminé qu'il était nécessaire d'étudier des environnements typiques où sont situées des installations de traitement des matières résiduelles afin de développer des variables de contextualisation. Le but de cette recherche est de fournir des variables et des données qui permettront d'adapter l'outil MaRCOT aux différents contextes propres aux

municipalités qui utiliseront l’outil. Pour ce faire, une analyse des environnements où sont construites les installations de gestion des matières résiduelles a été effectuée. Cela a permis d’identifier, de caractériser et donc de paramétrer des environnements types, ce qui a mené à la création de profils types qui pourront être intégrés au logiciel. Les environnements des sites des installations projetées et en opération traitant les matières résiduelles générées par les villes partenaires de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR) ont ainsi été étudiés (section Chapitre 5, Les installations de traitement des matières résiduelles et leurs environnements). Les points ayant été analysés sont : le type de matière traitée; la technologie employée; le volume traité; l’origine des matières traitées (la région desservie); l’adresse; le zonage immédiat et environnant; la proximité des zones habitées; leur densité et; la couverture de ces zones habitées (horizon couvert par des zones habitées avec l’installation comme point central). L’analyse des zones habitées a été réalisée en observant les images satellite de Google Maps (Google, 2020). La création des profils d’environnements types de sites est ainsi une partie de la réponse à la portion « comment pourraient-elles être intégrées? » de la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l’acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d’influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d’optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ».

2.9 Schéma d’intégration : pistes d’intégration des variables d’acceptabilité sociale

Le cheminement décrit dans les sections précédentes de la méthodologie visait à répondre à la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l’acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d’influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d’optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles

être intégrées à ce dernier? ». Le schéma d'intégration et le texte l'accompagnant sont la réponse à cette question et l'aboutissement du cheminement et du projet de recherche (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel). Les variables, paramètres, tests logiques, relations et dynamiques qui sont ressortis lors du projet de recherche ont été regroupés et illustrés dans un schéma (figure 6.2), conçu de concert avec Guillaume Majeau-Bettez, codirecteur du présent projet de recherche et principal architecte du projet MaRCOT. Le schéma représente MaRCOT et tous les volets composant ce projet, en plus du fonctionnement de l'algorithme d'optimisation sous contraintes. Chacun des éléments s'y trouvant a ensuite été décrit et expliqué de manière à répondre à l'objectif principal du projet, qui est de proposer des pistes pour l'intégration dans MaRCOT de certaines connaissances fournies par les sciences sociales sur l'acceptabilité sociale, de sorte que ces connaissances influencent les résultats d'optimisation que fournira le logiciel d'optimisation sous contraintes.

CHAPITRE III

CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE THÉORIQUE

Le cadre théorique vise à établir les bases théoriques du projet de recherche et à le cadrer en effectuant une revue de littérature. De plus, cette section vise à offrir une réponse préliminaire à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ».

Premièrement, les notions de base de l'acceptabilité sociale ont été établies, grâce notamment au travail de synthèse de Batellier (2015) et au travail de Gendron (2014) qui a fourni la définition de l'acceptabilité sociale retenue pour le projet de recherche. Ces travaux, en fournissant une base théorique sur l'acceptabilité sociale, suffisent aux besoins du présent projet de recherche, qui ne vise pas à apporter de nouvelles connaissances à ce cadre conceptuel. Ensuite, la nuance entre les notions d'acceptabilité et d'acceptation a été apportée, de même que la nuance entre les différentes perspectives que peuvent avoir différents acteurs sur l'acceptabilité sociale. La notion de risque lié à l'acceptabilité sociale de projets a elle aussi été introduite.

Ensuite, une revue des modèles et outils d'évaluation de l'acceptabilité sociale de projets a été réalisée. Trois modèles et outils ont été identifiés, soit le *knowledge-based logic modeling system* de Kakoyannis *et al.* (2001), la *Social License to Operate* de Boutilier et Thomson (2011) et l'Indice du risque social de Bergeron *et al.* (2015). Parmi ceux-ci, l'Indice du risque social a la particularité de fournir une liste de variables classées en plusieurs catégories.

Finalement, le projet de recherche et MaRCOT ont été mis en perspective par rapport à l'acceptabilité sociale et aux outils et modèles recensés. Pour ce faire, une revue de littérature sur les enjeux d'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles et des installations de traitement a été réalisée. Cette revue a mené à l'analyse en profondeur d'une étude de Transfert Environnement (2010). Dans cette étude, une liste hiérarchisée de variables de l'acceptabilité sociale des projets d'installation de traitement des matières résiduelles et des installations opérationnelles a été établie.

3.1 L'acceptabilité sociale

Pierre Batellier (2015) a fait le constat lors de la construction du cadre théorique de sa thèse que définir l'acceptabilité sociale représente un défi en soi, ce qui a mené à la réalisation d'un travail d'analyse des notions de l'acceptabilité sociale, des différentes approches et de ses définitions. Le travail s'est notamment concentré sur l'analyse de textes portant sur « des grands projets à fort impact socio-environnemental en contexte de pays développé » (Batellier, 2015). L'acceptabilité sociale est une notion peu définie et balisée par les parties concernées par ces grands projets, par les médias et même dans les articles scientifiques (Batellier, 2015 ; Fortin, 2012 ; Gendron, 2014). Ce manque de repères est problématique et « ouvre la porte à de nombreux écueils, raccourcis et stéréotypes vis-à-vis des enjeux soulevés par les mobilisations sociales, des réponses du public aux grands projets et de leur « analyse » (mythe de la « majorité silencieuse favorable », [...] syndrome « pas dans ma cour », etc.) » (Batellier, 2015).

L'acceptabilité sociale fait référence à un processus impliquant les parties prenantes qui mène à l'assentiment de la collectivité (Bergeron *et al.*, 2015 ; Gendron, 2014).

3.1.1 Notions et termes utilisés dans le discours public et dans la littérature

Les notions et termes utilisés dans le discours public et dans la littérature font référence à la question « Pourquoi et comment un public, sur un territoire donné, à un moment donné, répond-il à un objet / projet? » (Batellier, 2015). Les différents termes clefs ont des utilisations particulières qui varient selon les domaines (tableau 3.1). Le terme « not in my backyard » ou « NIMBY » est celui qui est le plus utilisé dans les contextes de gestion des matières résiduelles et des installations. Les termes « acceptabilité sociale », « acceptation sociale », « public acceptance » et « acceptation / acceptabilité du risque » sont également intéressants pour le projet de recherche, étant donné qu'ils sont respectivement utilisés dans les contextes de « technologie », « aménagement du territoire », « technologies, procédés industriels, outils de régulation / taxes souvent environnementales » et « technologies, procédés industriels ».

Tableau 3.1 Utilisations particulières de termes et expressions dans le discours public et dans la littérature, faisant référence à un concept d'acceptabilité ou d'acceptation sociale. Tiré de Batellier (2015).

Termes / expressions	Utilisation	Utilisations particulières
Acceptabilité sociale	Très utilisé	Ressources naturelles et énergie, technologie, urbanisme (projets immobiliers)
Acceptation sociale	Régulièrement utilisé	Parcs-réserves naturelles, aménagement du territoire
Acceptation / acceptabilité du risque	Peu utilisé	Technologies, produits, procédés industriels
Acceptabilité publique	Très peu utilisé	Outils de régulation / taxes souvent environnementales
Social acceptance	Très utilisé	Énergie, aménagement du territoire, parcs naturels / réserves
Public acceptance	Régulièrement utilisé	Technologie, produits, procédés industriels, outils de régulation / taxes souvent environnementales
Not in my backyard (NIMBY)	Régulièrement utilisé	Énergie, Matières résiduelles, projets sociaux, installations

Termes / expressions	Utilisation	Utilisations particulières
Social acceptability	Peu utilisé	Faune et forêts, énergie, technologie, urbanisme
Social license to operate	Peu utilisé	Mines, activités extractives – Contexte PED
Public acceptability	Très peu utilisé	Outils de régulation / taxes souvent environnementales

3.1.2 Approche

Batellier (2015) a identifié, dans une analyse de 250 textes, différentes approches dans l'étude de l'acceptabilité sociale. La principale approche est l'« analyse des déterminants / facteurs influençant les réponses du public », qui se trouve à être analogue à la première sous-question de recherche du présent projet de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ». Cette approche comprend elle-même plusieurs sous-approches, qui étudient notamment : l'adéquation entre le milieu et le projet; la nature, l'intensité et la distribution des impacts ou des retombées; la gestion du projet par les promoteurs; le niveau de risque, de nouveauté et d'incertitude; le rôle de l'information et de la connaissance; la confiance et la légitimité des acteurs; le processus de décision ou la justice procédurale et; la gouvernance, le cadre et les facteurs institutionnels (Batellier, 2015).

3.1.3 Définition

Dans sa démarche de définition de l'acceptabilité sociale, (Batellier, 2015) cite l'Office québécois de la langue française, qui dans sa définition de l'acceptabilité sociale fait la

distinction entre l'acceptabilité et l'acceptation : « Il ne faut pas confondre acceptation et acceptabilité. Il faut voir le premier comme une fin (on donne son acceptation à quelque chose, son accord) et le second comme le caractère de qui est acceptable ou ne l'est pas » (OQLF, 2011). La définition de l'acceptabilité sociale par l'Office est cependant inadéquate car elle limite la notion à un contexte d'exploitation des ressources naturelles : « Ensemble des caractéristiques qui font que l'exploitation d'une ressource naturelle est jugée comme étant potentiellement acceptable par une communauté » (OQLF, 2011).

De nombreuses définitions de l'acceptabilité sociale coexistent dans la littérature. La définition formulée par Gendron (2014), qui a un ancrage épistémologique constructiviste, est retenue pour le présent travail vu sa clarté, sa simplicité et vu le fait qu'elle n'est pas exclusive à un type de projet ou à un contexte donné : « Assentiment de la population à un projet ou à une décision résultant du jugement collectif que ce projet ou cette décision est supérieur aux alternatives connues, y compris le statu quo ». Le choix de cette définition peut toutefois causer des frictions vu l'ancrage épistémologique positiviste du présent projet de recherche, qui, par l'évaluation de variables d'acceptabilité sociale, vise à fournir des pistes d'intégration de ces variables à un logiciel d'optimisation sous contraintes.

3.1.4 Différentes perspectives : processus, résultat et risque

Bergeron *et al.* (2015) fait une distinction intéressante entre l'acceptation, l'acceptabilité et le risque (social), qui sont des notions complémentaires émanant des perspectives très différentes que peuvent avoir les différents acteurs. « L'acceptation est un état statique, un résultat visé par les opérateurs : les politiques y voient un résultat souhaitable, les industriels une barrière à franchir, le communautés une injonction d'origine externe » (Bergeron *et al.*, 2015). L'acceptabilité quant à elle est un processus

et une dynamique sociale, dont fait partie la décision d'acceptation ou d'inacceptation (Bergeron *et al.*, 2015 ; Gendron, 2014). Ainsi, la notion d'acceptation renvoie à la perspective du promoteur et la notion d'acceptabilité renvoie à la perspective des groupes touchés par un changement (Bergeron *et al.*, 2015). Entre ensuite la notion de risque, qui, de la perspective des entreprises, était autrefois limitée aux risques économiques et politiques (Bergeron *et al.*, 2015). Le risque social ou d'inacceptation d'un projet qui n'obtient pas l'assentiment de la population, car socialement inacceptable, vient, avec le risque environnemental, compléter la notion de risque pour un promoteur.

3.2 Modèles et outils d'évaluation de l'acceptabilité sociale

Trois outils d'évaluation de l'acceptabilité sociale intéressants pour le projet de recherche ont été répertoriés dans la littérature. Les trois ont été développés pour évaluer l'acceptabilité sociale de projets d'exploitation des ressources naturelles, le premier dans un contexte d'exploitation forestière et les deux autres dans un contexte d'exploitation minière. Ces outils, qui comme le présent projet de recherche ont un ancrage épistémologique positiviste, peuvent servir d'inspiration au projet. Il s'agit de l'outil d'évaluation basé sur le *knowledge-based logic medeling system* (Kakoyannis *et al.*, 2001 ; Reynolds, 2001), de l'outil de mesure du *Social License to Operate* (Boutilier et Thomson, 2011) et de l'*Indice du risque social dans les projets miniers* (Bergeron *et al.*, 2015) développé par la Chaire en entrepreneuriat minier UQAT/UQAM.

3.2.1 Le *knowledge-based logic modeling system*

L'étude de l'acceptabilité sociale de l'exploitation des ressources naturelles avec l'approche du *knowledge-based logic modeling system*, a été réalisée dans un contexte où les décisions en matière de gestion des forêts aux États-Unis ont créé des conflits avec des communautés qui jugeaient les décisions inacceptables. L'approche utilisée pour analyser l'acceptabilité sociale du processus décisionnel de la gestion des ressources naturelles est le *knowledge-based logic modeling system* (système de modélisation logique basé sur la connaissance), développé par Kakoyannis *et al.* (2001). Le modèle met de l'avant l'acceptabilité sociale des processus décisionnels pour encourager les gestionnaires qui l'utilisent à mettre l'emphase sur le processus lors de la création de procédés de prise de décision (Reynolds, 2001). Selon Kakoyannis *et al.* (2001), l'acceptabilité sociale de la gestion des ressources naturelles est une question de processus et non de résultats. Ce choix de mettre l'emphase sur le processus permet aussi au modèle d'être applicable à une multitude de scénarios de gestion (Reynolds, 2001).

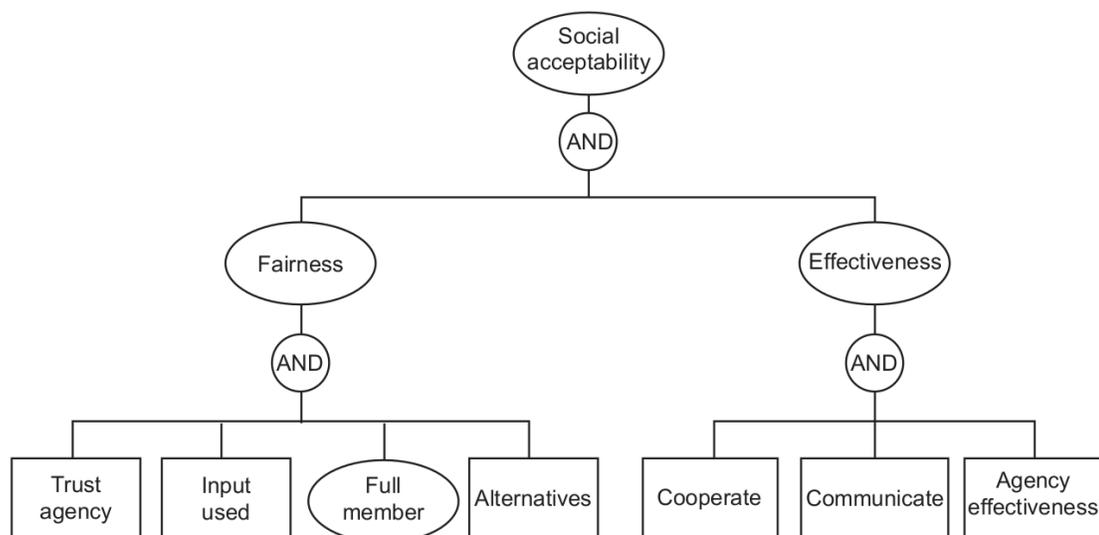


Figure 1 Les trois premiers niveaux proposés de l'approche *knowledge-based* de l'évaluation de l'acceptabilité sociale de processus décisionnels en matière de gestion des ressources naturelles. Tiré de Kakoyannis *et al.* (2001).

L'approche basée sur le *knowledge-based logic modeling system* peut être ajustée pour différents contextes, mais l'outil doit être utilisé comme un guide permettant d'évaluer les différents facteurs influençant l'acceptabilité sociale et non comme un outil donnant une évaluation chiffrée permettant d'évaluer dans l'absolu l'acceptabilité sociale d'un processus décisionnel (Kakoyannis *et al.*, 2001). L'utilisation d'une telle approche a cependant des limites. Premièrement, le modèle risque de devenir une boîte noire dont on comprend mal les mécanismes internes, surtout si ces derniers ont été modifiés pour être adaptés à un autre contexte et mal documentés. Deuxièmement, la réduction de concepts complexes tels que l'acceptabilité sociale à des valeurs numériques peut être problématique. Troisièmement, la compréhension qu'ont les chercheurs de l'acceptabilité sociale et de ses facteurs demeure incomplète (Kakoyannis *et al.*, 2001 ; Reynolds, 2001).

3.2.2 La *Social License to Operate*

Émanant d'une perspective de gestion du risque (Dare *et al.*, 2014), l'outil est le fruit d'un long discours entre la théorie et la pratique, au terme d'une étude de l'acceptabilité sociale d'une mine au Pérou sur une période de quinze ans. Thomson et Boutilier (2011) avancent que « la *Social License to Operate* est la perception qu'a une communauté de l'acceptabilité d'une entreprise et de ses opérations locales » (Boutilier et Thomson, 2011). Des entrevues réalisées avec des villageois péruviens relocalisés ont permis aux auteurs d'identifier quatre niveaux à la *Social License to Operate* (SLO), allant du retrait de l'acceptation à l'identification psychologique, et de proposer un modèle en pyramide (figure 3.2).

Le niveau de la SLO accordé aux entreprises est inversement proportionnel au niveau de risque sociopolitique auquel fait face l'entreprise (Thomson et Boutilier, 2011). Un bassin de quinze affirmations, portant sur des questions de légitimité, de crédibilité, de

confiance et de support a été développé à partir du modèle pyramidal à quatre niveaux. Pour évaluer l'acceptabilité d'un projet, les affirmations sont présentées aux parties prenantes sous forme de sondage. Les répondants doivent affirmer en utilisant une échelle de un à cinq s'ils sont en accord ou en désaccord avec les affirmations. L'outil a été testé et validé en l'appliquant à un nombre important d'études effectuées à l'international (Boutilier, 2017). Tout comme avec l'approche *Knowledge-based*, cette méthode est fondée sur la perception qu'ont les parties prenantes d'une entreprise et du projet et n'intègre pas de données sociodémographiques.

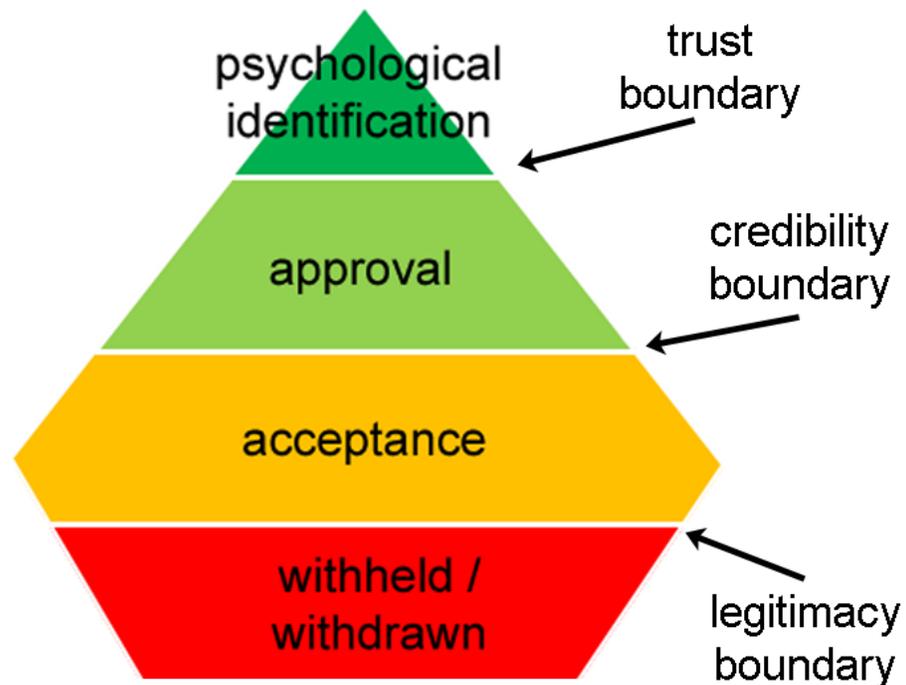


Figure 2 Modèle en pyramide de la *Social License to Operate* proposé par Boutilier et Thomson (2011).

Les travaux de Boutilier et Thomson (2011) ont permis d'identifier quatre facteurs à la SLO (tableau 3.2). Ceux-ci sont cumulatifs, dans le sens qu'un acteur bénéficiant d'une bonne note au niveau de la confiance institutionnelle (le facteur le plus élevé)

bénéficiera automatiquement d'une bonne note au niveau des facteurs inférieurs. Les acteurs ayant une faible note aux facteurs inférieurs ne pourront jamais avoir de bonne note au niveau des facteurs supérieurs.

Tableau 3.2 Les quatre facteurs constituant trois niveaux de la SLO. Tiré de Boutilier et Thomson (2011).

Niveau et nom	Description	Rôle dans la détermination du niveau de la SLO, tel que décrit dans le modèle pyramidal de Thomson et Boutilier
1. Légitimité économique	La perception que le projet ou l'entreprise offre un bénéfice	Si elle est manquante, la plupart des parties prenantes n'accorderont pas la SLO ou la retireront. Si elle est présente, plusieurs accorderont une SLO de niveau acceptation.
2a. Légitimité sociopolitique	La perception que le projet ou l'entreprise contribue au bien-être de la région, respecte le mode de vie local, répond aux attentes quant à son rôle dans la société et agisse selon ce que les parties prenantes considèrent comme étant juste.	Si elle est manquante, l'atteinte du niveau d'acceptation de la SLO est moins probable. Si en plus la confiance interactionnelle est manquante, l'acceptation est rarement accordée par les parties prenantes.
2b. Confiance interactionnelle	La perception que l'entreprise et ses gestionnaires écoutent, répondent, tiennent leurs promesses, engagent un dialogue mutuel et démontrent de la réciprocité dans leurs interactions.	Si elle est manquante, l'atteinte du niveau d'acceptation de la SLO est moins probable. Si en plus la légitimité sociopolitique est manquante, l'acceptation est rarement accordée par les parties prenantes.
3. Confiance institutionnalisée	La perception que les relations entre les institutions des parties prenantes (ex : les organisations représentant les communautés) et les entreprises sont basées sur un respect durable des intérêts de chacun.	Si elle est manquante, l'identification psychologique est peu probable. Si elle est manquante mais que la légitimité politique et la confiance interactionnelle sont présentes, la plupart des parties prenantes accorderont le niveau d'approbation de la SLO.

Un modèle en tête de flèche qui représente le caractère cumulatif des niveaux de la SLO a été créé (figure 3.3) par Boutilier et Thomson (2011). L'atteinte du niveau supérieur est conditionnelle à l'atteinte des niveaux inférieurs. Ce modèle permet de mesurer chacun des quatre facteurs indépendamment, par les mêmes affirmations qui permettent de mesurer le niveau de la SLO accordé par les parties prenantes au projet ou à l'entreprise (Boutilier et Thomson, 2011).

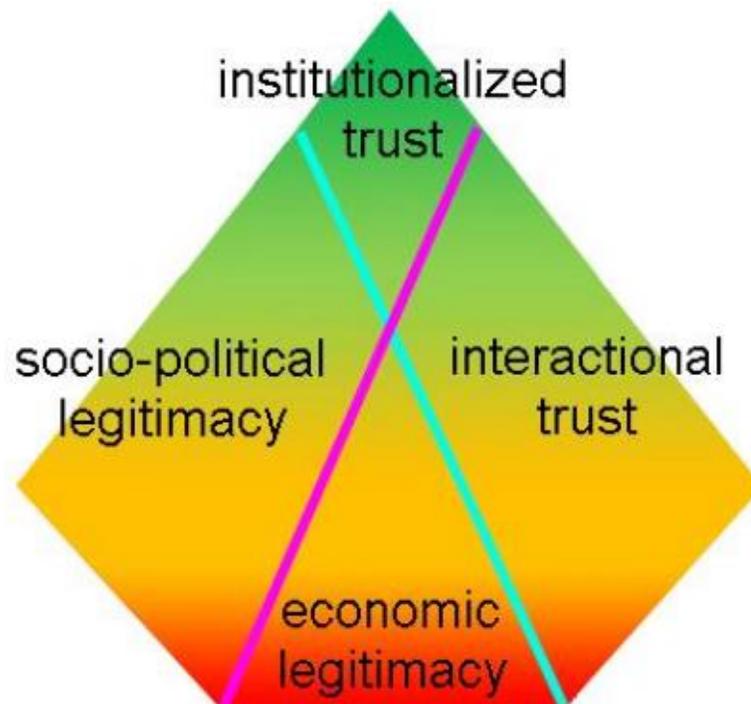


Figure 3 Niveaux de la SLO avec les quatre facteurs qui déterminent la proportion de parties prenantes à chacun des niveaux. Tiré de Boutilier et Thomson (2011).

Les travaux de Boutilier et Thomson ont été repris par Moffat et Zhang (2014), qui ont tenté de « mesurer et de modéliser les éléments critiques d'une SLO en s'appuyant sur la recherche psychosociale portant sur les relations entre les groupes ». Le modèle qu'ils proposent (figure 3.4) est basé sur les quatre éléments clefs suivants : la confiance entre les groupes; les impacts sur les infrastructures sociales; la qualité et la quantité des contacts entre les membres de la communauté et les entreprises et; la justice

procédurale. Dans leurs travaux, Moffat et Zhang (2014) ont appliqué leur modèle à des cas réels et mesuré (pondéré) l'importance de chacun des liens entre les différents éléments.

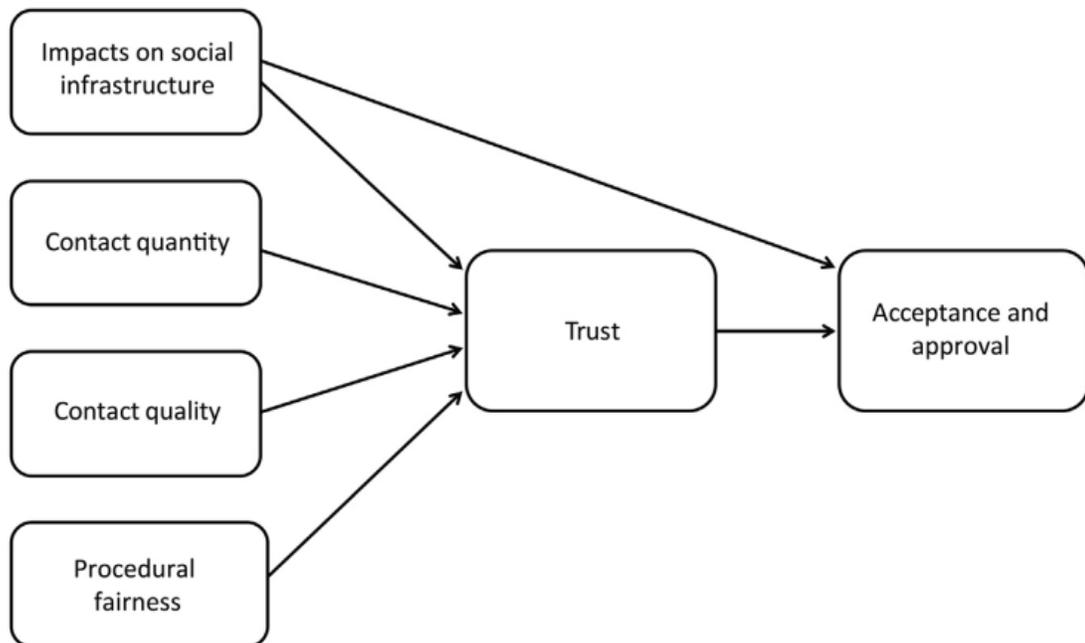


Figure 4 Relation entre les éléments clés d'une SLO. Tiré de Moffat et Zhang (2014).

Le modèle de Moffat et Zhang (2014) a été revu par Moffat *et al.* (2016) pour cette fois évaluer la SLO de l'industrie minière dans son ensemble et non d'un projet minier en particulier (figure 3.5).

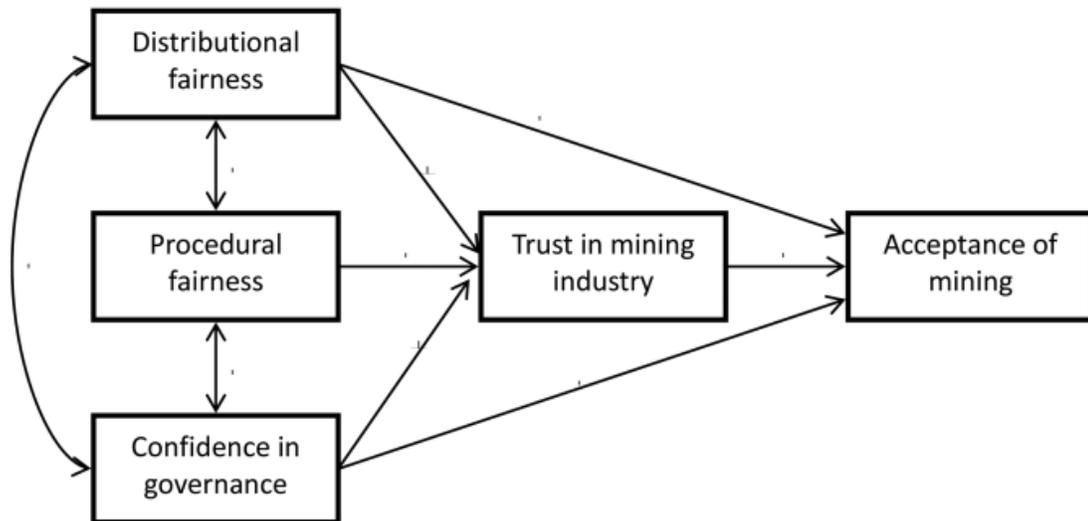


Figure 5 Modèle de l'évaluation de la SLO de l'industrie minière. Tiré de Moffat *et al.* (2016).

3.2.3 Indice du risque social

L'indice du risque social, développé par la Chaire en entrepreneuriat minier UQAT/UQAM, a émergé du postulat que :

Tout projet est susceptible de se réaliser ou non [...] il s'agit alors d'évaluer les probabilités que les procédures de dialogue entre les parties prenantes, dont l'organisation porteuse des projets et ses interlocuteurs, puissent aboutir à un compromis social au meilleur intérêt des parties. (Bergeron et al., 2015)

Ainsi, comme le risque environnemental et d'autres formes de risques, le risque social, c'est-à-dire le risque qu'un projet ne soit pas accepté par les groupes affectés, pourrait être évalué.

Le travail de recherche ayant permis le développement de l'indice du risque social visait à répondre la question suivante : « Comment évaluer de manière quantitative un risque

social pour les projets miniers à un stade suffisamment précoce? » (Bergeron *et al.*, 2015). La recherche sur l'indice du risque social a été orientée par les trois questions suivantes (Bergeron *et al.*, 2015), dont le présent travail de recherche peut s'inspirer :

1. « Quelles sont les caractéristiques favorisant ou défavorisant l'acceptabilité sociale d'un projet minier, lorsqu'on considère le projet lui-même, le milieu naturel et humain dans lequel il s'inscrit et l'entreprise qui porte ce projet? »
2. « Parmi ces caractéristiques, quelles sont les plus importantes et comment affectent-elles le risque social associé à un projet minier? »
3. « Comment peut-on évaluer la qualité des communications ayant déjà eu lieu entre l'entreprise et la communauté touchée, dans la perspective du devenir de ce projet? »

L'indice du risque social a la particularité d'intégrer des données chiffrables, telles que des données démographiques, en plus d'évaluer les communications entre les différents acteurs et les perceptions des parties prenantes. Le modèle est basé sur une conceptualisation de deux ensembles de pôles (figure 3.6) et est structuré de manière à répondre à deux des trois questions précédemment énumérées. L'ensemble « caractérisation » comprend les variables factuelles et souvent chiffrables, telles que les caractéristiques du milieu naturel et du projet, de la communauté et de l'entreprise. L'ensemble « communication » comprend les variables portant sur les perceptions qu'ont les parties prenantes quant aux communications. Il s'agit donc de l'aspect relationnel du projet évalué.

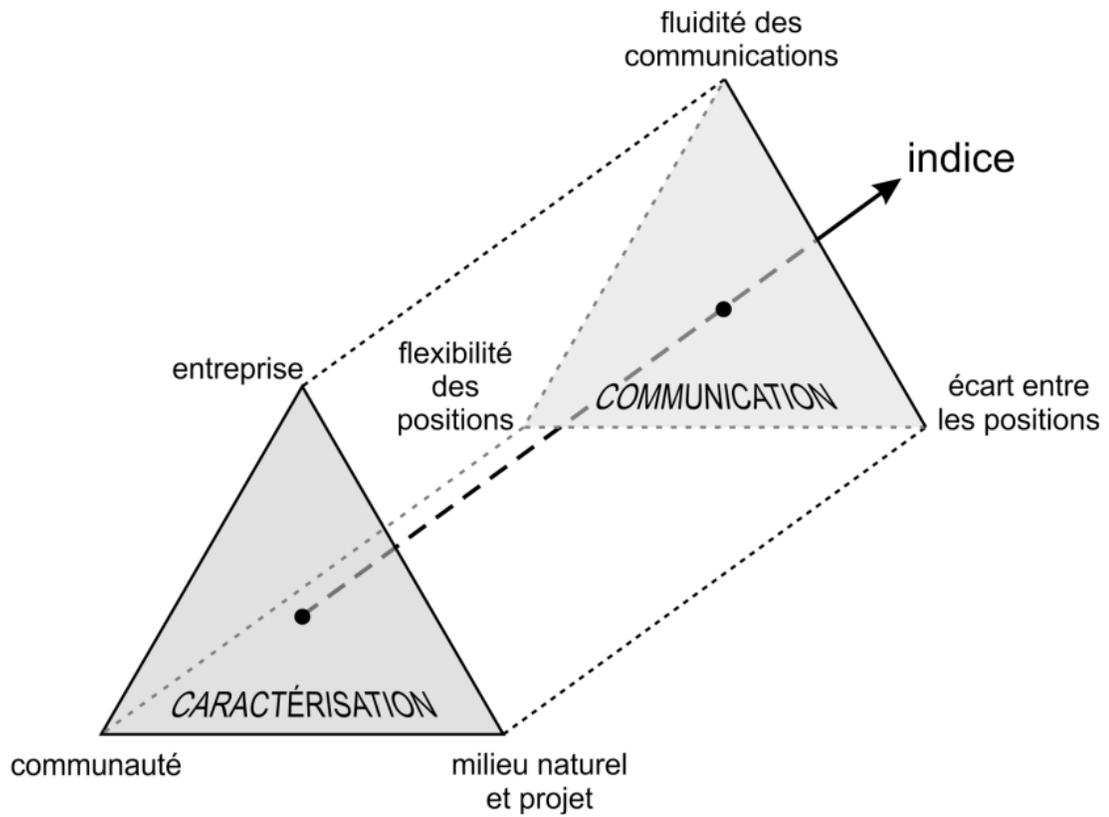


Figure 6 Conceptualisation du modèle de l'indice du risque social. Tiré de Bergeron *et al.* (2015).

Une liste de variables et de questions a été définie. Celle-ci s'articule autour de chacun des pôles identifiés lors de la conceptualisation (figure 3.7).

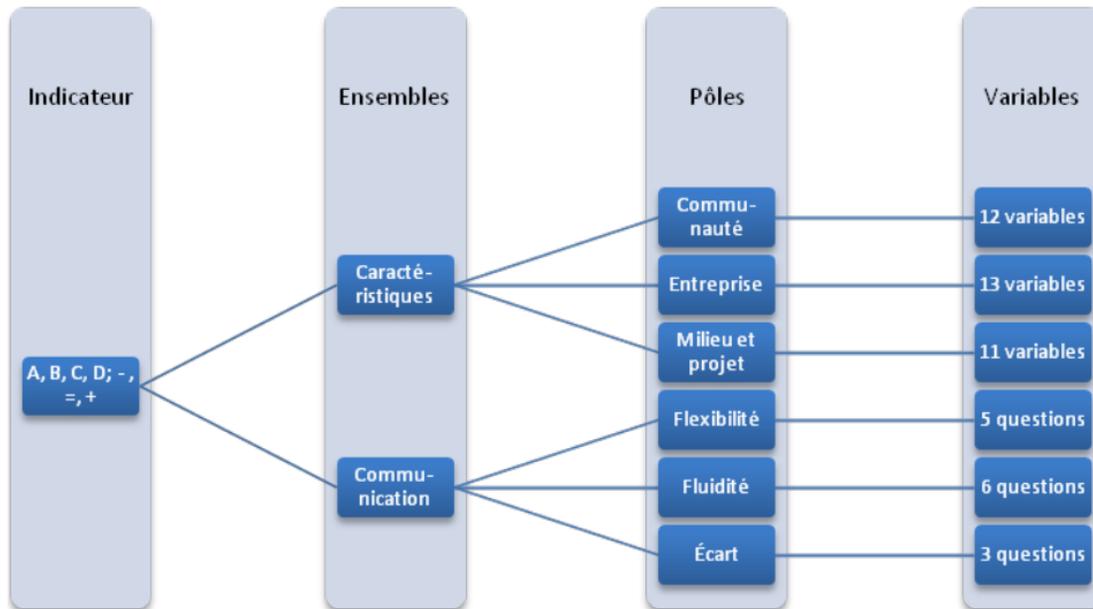


Figure 7 Structure de l'indice en niveaux et articulation des variables selon les pôles et ensembles. Tiré de Bergeron *et al.* (2015).

Le tableau 3.3 présente la liste des variables de l'indice du risque social pour l'ensemble *caractéristiques* et pour les pôles *communauté*, *entreprise* et *projet et milieu naturel*. Cette liste de variables, issue d'un travail de recherche étudiant spécifiquement le domaine minier, et la méthodologie ayant servi à son développement, peuvent servir d'inspiration au développement d'une liste de variables spécifiques aux installations de gestion des matières résiduelles pour le présent projet de recherche.

Tableau 3.3 Liste des variables de l'indice du risque social pour l'ensemble *caractéristiques* et pour les pôles *communauté, entreprise et projet et milieu naturel*. Tiré de (Bergeron *et al.*, 2015).

Pôles	Indicateurs	Composants	Variables
Communauté	Économie	Type de communauté	Importance de l'industrie minière dans l'économie de la communauté
			Densité de la population dans la MRC ou municipalité (habitants par km carré)
		Main-d'œuvre disponible	Taux de diplomation post-secondaire pour la communauté
			Taux de chômage pour la communauté
	Sociologie	Villégiateurs	Ratio du nombre de chalets par rapport aux résidences
		Capacité de mobilisation	Structuration du milieu (nombre d'organismes communautaires)
		Valeur perçue du lieu	Signification du lieu (attachement identitaire)
			Usage du lieu (fréquentation)
	Autochtonie	Droits autochtones sur le territoire visé	
	Historique	Historique de projets non-miniers	Événements marquants et leur interprétation (positive / négative)
		Historique de projets miniers	Événements marquants et leur interprétation (positive / négative)
Réactions	Réactions médiatiques par rapport au projet	Importance et nature positive ou négative du suivi médiatique	
Entreprise	Organisation		Taille de l'entreprise
			Présence d'un poste dédié aux relations communautaires
			Présence du développement durable dans la structure
	Historique		Âge de l'entreprise
			Infractions environnementales répertoriées
		Histoire des relations communautaires	Occurrence de difficultés avec les communautés rapportées dans les médias
		Présence locale	Situation du siège sociale
	Présence d'un bureau local de projet		
	Direction	Compétence	Années d'expérience
			Passage dans une majeure d'un des membres de l'équipe de direction

Pôles	Indicateurs	Composants	Variables
		Éthique	Infraction financière
			CA multidisciplinaire
		Leadership	Leadership (direction d'association)
Projet et milieu naturel	Substance	Toxicité	Perception de toxicité
			Toxicité sanitaire (y compris les rejets)
			Toxicité environnementale (y compris les rejets)
	Valeur du projet	Valeur du projet (teneur × tonnage × prix)	
		Transformation	
	Localisation		Distance par rapport aux communautés avoisinantes (km)
			Distance par rapport au plus proche plan d'eau (km)
			Distance par rapport à des sites protégés (culturels ou environnementaux ou fragiles)
	Exploitation		Mode d'exploitation
			Taille (production en tonnes par jour)
Emplois directs			

3.3 MaRCOT et l'acceptabilité sociale : minimiser le risque de plaintes

Cette section vise à positionner le projet de recherche et MaRCOT dans le spectre de l'acceptabilité sociale, premièrement en présentant une revue de littérature scientifique sur l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles, plus particulièrement des installations de traitement. Ensuite, une étude de Transfert Environnement (2010), qui recense et décrit des variables de l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles classées en six catégories, est présentée.

3.3.1 Positionnement du projet

Afin de choisir les bonnes variables d'acceptabilité sociale pour MaRCOT, c'est-à-dire celles qui permettraient d'influencer les choix de technologies de traitement, il est nécessaire de considérer qu'il peut y avoir des différences entre l'acceptabilité sociale d'un projet d'installation et l'acceptabilité sociale d'une installation en phase d'opération. En effet, lors de la phase de projet, les citoyens peuvent s'opposer à cause des craintes qu'ils ont par rapport aux effets négatifs qu'ils pourraient subir, tels que les nuisances anticipées. Ulrich Beck (2008) propose une définition de l'acceptabilité sociale qui est très pertinente pour les projets qui ne sont pas encore réalisés : l'acceptabilité sociale est « l'acceptation anticipée d'un risque à court et à long terme qui accompagne, soit un projet, soit une situation » (CPEQ, 2012). Un exemple concernant les projets de centres de compostage est la crainte qu'ont les citoyens quant aux odeurs que l'installation pourrait générer, peu importe les technologies de contrôle des odeurs mises en place et la distance à laquelle se trouve l'installation (voir section 4.1, Résultats du groupe de discussion). Une fois un centre de compostage en opération, les enjeux d'acceptabilité sociale liés aux odeurs résultent des odeurs perçues par les citoyens, qu'elles soient justement ou faussement attribuées au centre de compostage (voir section 4.1, Résultats du groupe de discussion).

Parmi les outils évalués à la section 3.2, le *knowledge-based logic modeling system* et la *Social License to Operate* mettent de l'avant les aspects relationnels du processus d'acceptabilité sociale, dont la communication, la confiance, l'équité et la légitimité. Ces deux outils, bien qu'ils puissent être utilisés en phase de projet ou en phase d'opération, ne traitent pas ou peu des caractéristiques intrinsèques ou physiques des projets et des impacts qu'ils peuvent avoir au quotidien, tels que les nuisances. L'*Indice du risque social* quant à lui est destiné à être utilisé en phase de projet, avant même que celui-ci soit conçu et présenté, comme c'est le cas pour l'outil MaRCOT. L'*Indice*

du risque social vise à évaluer la réceptivité d'une communauté à un projet minier, donc le risque de rejet du projet ou le risque social, en examinant les caractéristiques du milieu récepteur et du projet. L'outil MaRCOT n'a pas le même objectif, il vise plutôt à influencer le choix entre différentes technologies en fonction des impacts qu'ont les différentes technologies sur des variables d'acceptabilité sociale, une fois que les installations utilisant ces technologies seront en opération. Ainsi, MaRCOT ne vise pas à évaluer la réceptivité d'un milieu à un projet, bien que l'inclusion de variables qui permettraient de déterminer qu'un milieu ne serait pas ouvert à un projet employant une certaine technologie, la présence d'événements marquants dans le passé par exemple, soit envisageable. C'est pourquoi nous choisissons d'orienter la recherche pour le projet MaRCOT sur les caractéristiques intrinsèques des technologies de traitement des matières résiduelles et des milieux, et que nous choisissons d'évaluer l'impact réel sur les variables et non l'impact anticipé ou faussement attribué. Les enjeux d'impacts anticipés et faussement attribués peuvent être adressés par des moyens de communication et en interagissant avec les citoyens (voir section 4.1, Résultats du groupe de discussion et Héroux *et al.* (2004)), ils ne sont donc pas le sujet de la présente recherche.

L'autre nuance à apporter sur le positionnement de MaRCOT et du présent projet de recherche dans le spectre de l'acceptabilité sociale est par rapport au positionnement « processus, résultat et risque » (voir section 3.1.4) ou « acceptation, acceptabilité et risque », tel que décrit par Bergeron *et al.* (2015). Comme MaRCOT est un outil d'aide à la décision pour le choix de technologies de traitement des matières résiduelles, ce sont les caractéristiques intrinsèques des technologies qui peuvent influencer l'acceptabilité sociale d'installations en phase d'opération qui nous intéressent, et non les caractéristiques du processus d'échange avec les citoyens. Nous tenons à souligner que nous considérons qu'un processus d'échange de qualité est essentiel à la réussite de tout projet d'installation de traitement des matières résiduelles, de même que la saine cohabitation d'une installation en phase d'opération avec les citoyens. L'utilisation de

l'outil MaRCOT n'est en aucun cas un substitut à la mise en place de moyens de communication et d'échange avec les citoyens des milieux récepteurs. Le projet de recherche ne cherche pas non plus à fournir des choix technologiques permettant l'acceptation d'un projet car, tel que mentionné précédemment, nous nous intéressons aux effets réels d'une installation en phase d'opération et non aux effets anticipés qui peuvent nuire à l'acceptation d'un projet. Le volet social de l'outil MaRCOT vise en fait à fournir des solutions de chaînes technologiques qui permettront de réduire le risque que des plaintes soit logées par les citoyens riverains d'une installation de traitement des matières résiduelles en phase d'opération, soit bien après que l'acceptation aura été obtenue. Dans son avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental, l'INSPQ (2015) avance que « [...] une acceptation sociale limitée, voir l'inacceptation sociale, se traduit principalement par des plaintes, la formation de regroupements de citoyens ou des recours juridiques ». Le risque de plaintes, représentant le risque d'inacceptabilité, est donc ce que l'algorithme d'optimisation sous contraintes de MaRCOT devra minimiser. Le risque de plaintes servira également à comparer différentes solutions technologiques sur le plan de l'acceptabilité sociale. Nous postulons ensuite que le « risque 0 » de plaintes ne sera pas atteignable pour les municipalités qui utiliseront MaRCOT à cause de contraintes avec lesquelles les municipalités devront composer, qu'elles soient géographiques, financières ou autres. L'outil MaRCOT doit donc intégrer une fonction de tolérance au risque de plaintes configurable par l'utilisateur. Enfin, il est important de souligner que l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles ne peut être réduite à la minimisation du risque de plaintes. L'approche décrite est pour nous une manière de faire remonter le plus tôt possible en amont dans les processus décisionnels menant à des projets d'installation, des éléments de l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles.

3.3.2 L'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles

La compréhension des enjeux d'acceptabilité sociale des projets d'installation de traitement des matières résiduelles est critique pour les municipalités québécoises, qui désirent développer des solutions de gestion intégrant une gamme de technologies, certaines nouvelles au Québec, nécessaires au traitement efficace et écologique des divers types de matières résiduelles (Kollikkathara *et al.*, 2009). En effet, il est absolument nécessaire que l'acceptation du public soit obtenue pour que tout schéma de gestion intégrée des matières résiduelles municipales soit efficace, même que sans cet assentiment de la population, tout plan de gestion intégrée des matières résiduelles serait voué à l'échec (Achillas *et al.*, 2011 ; Joos *et al.*, 1999).

Selon Wolsink et Devilee (2009), l'approche classique utilisée pour aborder les enjeux d'acceptabilité sociale liés à l'implantation dans un milieu d'une installation de gestion des matières résiduelles est l'approche coûts-bénéfices, qui découle d'analyses économiques. « Cette approche met l'emphase sur les divergences entre le coût au niveau local et les bénéfices pour le public général ou à l'échelle nationale » [traduction libre] (Wolsink et Devilee, 2009), les coûts étant ressentis de manière individuelle et personnelle par les riverains, qui ne percevraient que peu de bénéfices. L'approche coûts-bénéfices aurait comme résultat que la solution aux problèmes d'acceptabilité sociale mise de l'avant est le versement de compensations aux riverains car un projet, pour aller de l'avant, représenterait un bénéfice net qu'il suffirait de redistribuer (Caplan *et al.*, 2007 ; Groothuis *et al.*, 2008 ; Wolsink et Devilee, 2009). La compensation financière des communautés locales pour le transfert de risque qui leur serait imposé, en pratique, ne contribuerait pas à l'acceptabilité sociale de projets, du moins dans le cas de projets d'incinérateurs (Achillas *et al.*, 2011).

L'approche économique aux enjeux d'acceptabilité sociale voit les problèmes individuels vécus par les riverains comme étant des problèmes d'espace, de propriété

(valeur de l'investissement) et d'utilisation du territoire (Dear, 1992 ; Deng, 2003 ; Wolsink et Devilee, 2009), présentant ainsi de manière réductrice l'opposition comme étant de type *NIMBY* (Not In My BackYard), alors que les problèmes individuels vécus sont bien plus complexes (Wolsink et Devilee, 2009). L'opposition, notamment celle à des technologies perçues comme risquées (Marks et von Winterfeldt, 1984 ; Wolsink et Devilee, 2009), est donc dépeinte comme étant une réaction rationnelle et égoïste visant à protéger les intérêts des opposants, particulièrement les intérêts financiers comme les investissements dans la propriété foncière. Wolsink et Devilee (2009) avancent que, bien que des motivations de types *NIMBY* soient une des sources d'opposition, particulièrement lors des phases de planification, les motifs égoïstes n'expliquent pas l'opposition locale à des projets. Les motifs de « cour arrière » seraient en fait des questions d'équité et le facteur le plus important de l'implantation d'une installation ne serait pas l'égoïsme, mais l'équité du processus décisionnel, l'implication du public dans le processus décisionnel dès le début des projets, l'accès à l'information, l'absence d'injustice et l'application de principes éthiques dans la distribution territoriale des risques (Achillas *et al.*, 2011 ; Hermansson, 2007 ; Joos *et al.*, 1999 ; Wolsink et Devilee, 2009).

Le manque d'information sur les enjeux de gestion des matières résiduelles et sur l'opération d'installations de traitement pourrait aussi être à l'origine de l'opposition de citoyens à des projets d'installations de traitement près de leurs communautés, particulièrement lorsqu'il s'agit de nouvelles technologies ou lorsque des projets similaires ont échoué dans le passé (Achillas *et al.*, 2011). L'acceptation sociale de certaines technologies pourrait même dépendre d'une utilisation locale des extrants générés par l'installation, par exemple, l'utilisation locale de la chaleur générée par un incinérateur projeté pour chauffer des bâtiments du quartier, favoriserait l'acceptabilité du projet, alors qu'un projet d'incinérateur sans récupération thermique aurait de fortes chances d'être rejeté (Achillas *et al.*, 2011).

Dans le cas spécifique de l'incinération, l'émission de polluants et de particules dans l'air pouvant causer des problèmes de santé publique serait le principal enjeu d'acceptabilité sociale (Achillas *et al.*, 2011). Ceci suggère que la réglementation sur l'émission de polluants dans l'air, les mesures mises en place pour mitiger cette pollution et respecter la réglementation, ainsi que le contrôle et la surveillance des opérations seraient des facteurs d'acceptabilité sociale particulièrement importants pour cette technologie.

Finalement, une fois l'installation en phase d'opération, le type d'installation, donc la technologie employée, serait le principal facteur déterminant si les riverains sont au courant de la présence de l'installation et si les riverains expriment des inquiétudes quant à l'installation (Elliott *et al.*, 2004).

3.3.3 Étude de Transfert Environnement (2010)

Une étude de Transfert Environnement (2010) réalisée pour la Communauté Métropolitaine de Montréal permet d'identifier les variables de l'acceptabilité sociale qui sont propres à la gestion des matières résiduelles et offre ainsi une réponse préliminaire à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ». Cette étude a été choisie comme principale source de connaissances sur les variables de l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles car elle est le résultat d'un mandat visant à « identifier et analyser les différents facteurs d'acceptabilité sociale susceptibles de surgir au cours des étapes d'implantation et d'exploitation des installations de traitement des matières résiduelles » (Transfert Environnement, 2010). Le mandat a été octroyé par la Communauté Métropolitaine de Montréal, dont font partie les villes de Laval et de Montréal, qui sont deux des trois villes partenaires de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles

(CRVMR). Il a été déterminé que « des facteurs d'acceptabilité sociale bien circonscrits peuvent être utilisés pour évaluer dans quelle mesure un milieu donné sera réceptif à l'idée d'accueillir des installations de traitement des matières résiduelles » (Transfert Environnement, 2010), pavant ainsi la voie au présent projet de recherche, qui fait le lien entre ce constat et un outil d'aide à la décision technologique fondé sur un algorithme d'optimisation sous contraintes. Il s'agit de la seule étude recensée lors de la revue de littérature qui établissait une liste exhaustive hiérarchisée des variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles, en plus d'étudier le contexte de la région montréalaise.

L'étude de Transfert Environnement (2010) a été réalisée en analysant des projets concrets afin de faire ressortir les enjeux d'acceptabilité sociale qui leurs sont associés. La première étape a été l'étude de douze cas d'installation de gestion des matières résiduelles, dont cinq au Québec, trois ailleurs au Canada et quatre en Europe, afin d'identifier les variables de l'acceptabilité sociale de ce type d'installation. La seconde étape a été l'analyse avec une approche quantitative des préoccupations de treize cas d'installations de types variés sur le territoire de la CMM, afin de hiérarchiser les variables identifiées à la première étape. Les variables identifiées et analysées ont ainsi été classées en ordre d'importance en six catégories : environnementales; sociales; de gouvernance; de localisation; économiques et; techniques. Le tableau 4.6 hiérarchisant les catégories de variables, ainsi que les variables, est présenté à la section 4.2 des résultats.

3.3.3.1 Variables environnementales

Les variables environnementales couvrent un éventail large de facteurs, allant de la présence d'une politique environnementale, à la plus-value environnementale, en passant par les nuisances. Transfert Environnement (2010) souligne l'importance de

créer un contexte de confiance favorable à l'acceptabilité sociale en prenant des engagements clairs permettant de soutenir la politique environnementale et en mettant en place des mesures efficaces de contrôle des nuisances. Une mauvaise gestion de nuisances persistantes peut mener à une opposition ferme et systématique de la part des citoyens. Finalement, la possibilité d'utiliser les extrants localement et la plus-value du projet, notamment au niveau de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, permettent d'améliorer la perception du projet. (Transfert Environnement, 2010)

Les principales variables environnementales en ordre d'importance sont : l'absence de nuisances (bruit, circulation, qualité de l'air et odeurs); le respect de l'environnement (émissions de GES, milieux naturels et qualité des eaux); les réponses aux préoccupations sur la santé et; l'absence d'impacts visuels (dans une moindre mesure). D'autres variables environnementales favorisant l'acceptabilité sociale sont : le contrôle des nuisances par une gestion environnementale efficace (mesures de contrôle des nuisances efficaces et suivi rigoureux); la confiance dans l'innocuité pour la santé (absence de doute); la reconnaissance de la capacité et de la compétence de l'opérateur (historique de l'opérateur); les extrants offrant une plus-value environnementale (une utilité locale est un bonus) et; l'adoption d'une politique environnementale formelle (un engagement formel et publique de l'opérateur rend le contexte favorable). La préoccupation première est le bruit. (Transfert Environnement, 2010)

3.3.3.2 Variables sociales

Les variables sociales mettent de l'avant l'importance de la légitimité du processus d'échange, qui est « une condition fondamentale de l'acceptabilité sociale » (Transfert Environnement, 2010). La légitimité du processus d'échange doit être bâtie dès la conception du projet en s'appuyant sur des moyens, dont la consultation en amont du projet, l'implication des citoyens, les mécanismes de communication transparents et

l'ouverture aux préoccupations des citoyens. D'autres variables sociales peuvent affecter l'acceptabilité sociale d'un projet, tels que la présence d'un contexte historique défavorable, qui est un des éléments nuisant à l'acceptabilité sociale des incinérateurs. (Transfert Environnement, 2010)

La principale variable sociale en termes d'importance est : la qualité du processus d'information et de consultation (qualité des échanges avec le public, richesse des informations communiquées et ouvertures à d'autres solutions). D'autres variables sociales favorisant l'acceptabilité sociale sont : la légitimité du processus d'échange (bidirectionnelle, accessible et transparente, de la conception du projet à son exploitation); l'adhésion à la justification du projet (raison d'être du projet partagée par la communauté); le contexte historique favorable (libre d'historique négative) et; le respect des engagements (efforts réels du promoteur). La préoccupation première est la qualité du processus d'échange. (Transfert Environnement, 2010)

3.3.3.3 Variables de gouvernance

Les variables de gouvernance rejoignent les variables sociales par le biais de la légitimité du processus d'échange, renforcée par la représentativité, l'indépendance et la crédibilité du comité de vigilance, qui doit faire sentir aux citoyens que leurs intérêts sont considérés. Il en va de même pour les autorités publiques, qui doivent en plus faire preuve de leadership et d'autorité face aux exploitants privés. Finalement, le respect du cadre réglementaire est d'une importance primordiale. (Transfert Environnement, 2010)

Les variables de gouvernance en ordre d'importance sont : l'encadrement législatif et réglementaire (présence et respect d'un encadrement réglementaire et cohérence avec les politiques, orientations et autres lignes directrices gouvernementales) et;

l'encadrement du secteur privé (pour soulager les inquiétudes). D'autres variables de gouvernance favorisant l'acceptabilité sociale sont : l'ascendance des instances publiques (sur lesquelles les citoyens peuvent s'appuyer); la représentativité et l'indépendance du comité de vigilance (crédibilité essentielle) et; le respect du cadre réglementaire (réglementation respectée). La préoccupation première est les lois et règlements (encadrement, observance). (Transfert Environnement, 2010)

3.3.3.4 Variables de localisation

Les variables de localisation mettent en évidence l'importance du choix du site, de sa proximité avec les riverains et de sa compatibilité avec le milieu environnant, car elles déterminent l'ampleur des nuisances ressenties et des autres impacts négatifs, tels que la dépréciation foncière. Le potentiel de nuisances générées par le choix du site et l'incompatibilité avec le milieu environnant peuvent donc tromper les avantages apportés par sa pertinence. (Transfert Environnement, 2010)

Les variables de localisation en ordre d'importance sont : la compatibilité avec le milieu récepteur (et l'absence d'une trop grande concentration d'activités industrielles dans un même secteur); l'équité quant à la réception de matières résiduelles (l'importation fait naître un sentiment d'iniquité) et; la proximité d'accès routiers. Une autre variable de localisation est : l'intégration au milieu environnant (proximité des riverains et incompatibilité avec le milieu). La préoccupation première est la compatibilité avec le milieu récepteur. (Transfert Environnement, 2010)

3.3.3.5 Variables économiques

Les variables économiques font premièrement référence aux enjeux d'équité régionale, qu'ils soient réels ou perçus. Le traitement de matières provenant d'ailleurs peut être problématique. Par contre, une utilisation locale des extrants apportant des bénéfices économiques peut favoriser l'acceptabilité sociale, tout comme la présence de mesures compensatoires et les rapports « gagnants-gagnants ». Les nuisances économiques, telles que la dépréciation foncière, arrivent cependant au premier rang des variables économiques en termes d'importance, alors que les contraintes économiques du promoteur ne concernent pas les citoyens négativement impactés. (Transfert Environnement, 2010)

Les variables économiques en ordre d'importance sont : l'impact économique positif (les bénéfices peuvent être escomptés et même attendus, l'impact négatif est appréhendé) et; le niveau acceptable des coûts (crainte des dépenses non justifiées, trop élevées ou sous-estimées). D'autres variables économiques favorisant l'acceptabilité sociale sont : l'équité quant à l'importation de matières résiduelles (l'importation peut faire naître un sentiment d'iniquité); une situation de type gagnant-gagnant (avantages économiques locaux ou mesures compensatoires) et; un niveau acceptable des investissements nécessaires (coûts d'implantation et d'exploitation jugés raisonnables). La préoccupation première est l'impact économique négatif. (Transfert Environnement, 2010)

3.3.3.6 Variables techniques

Les variables techniques font référence au degré de confiance que la communauté a envers le projet ou l'installation. Une technologie éprouvée permet généralement

d'apaiser les craintes que peut avoir la communauté quant à la fiabilité d'une technologie et à sa capacité à prévenir les nuisances. Les nouvelles technologies peuvent être acceptables si elles ont des avantages, notamment en termes de performance environnementale. Une fois l'installation en phase d'opération, l'acceptabilité sociale est influencée par la conduite des opérations et l'atteinte ou non des promesses de performance. Les nuisances peuvent tout de même être tolérées si l'opérateur est proactif dans ses actions pour les contrôler. (Transfert Environnement, 2010)

Les variables techniques en ordre d'importance sont : le bien-fondé du projet ou du concept présenté (la démonstration du bien-fondé de la nature même du projet favorise l'acceptabilité sociale) et; le bien-fondé des aspects techniques composant le projet (liés au type d'équipements et aux procédés ou méthodes de travail). D'autres variables techniques favorisant l'acceptabilité sociale sont : la confiance dans la technologie privilégiée (doit être reconnue et être prouvée quant à son efficacité à prévenir les nuisances) et; la gestion diligente des opérations (les solutions doivent être efficaces et répondre aux attentes). La préoccupation première est la pertinence du projet ou de ses caractéristiques techniques. (Transfert Environnement, 2010)

CHAPITRE IV

RÉSULTATS : ANALYSE, HIÉRARCHISATION ET PARAMÉTRAGE DES VARIABLES DE L'ACCEPTABILITÉ SOCIALE DE LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

Cette section est une première analyse des résultats du projet de recherche et vise à approfondir les connaissances sur les variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles.

La section débute avec les résultats du groupe de discussion qui a été réalisé avec des experts du milieu municipal (section 4.1, Résultats du groupe de discussion), qui a permis de compléter l'étude de Transfert Environnement (2010) et de mieux comprendre l'importance des variables. Ensuite, la section présente comment les variables ont été hiérarchisées sur la base des connaissances recueillies au travers de la revue de littérature et du groupe de discussion (section 4.2, Hiérarchisation des variables). Les résultats de l'activité réalisée avec les experts de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR), qui a permis d'évaluer le lien existant entre les variables d'acceptabilité sociale et le choix technologique sont également présentés (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale), ainsi que la cartographie des variables qui en découle (section 4.4, Cartographie et sélection des variables). Finalement, les variables retenues pour une future intégration dans l'outil MaRCOT, principalement les bruits et les odeurs, sont développées en profondeur (section 4.5, Les variables retenues) et des pistes de

développement ou parenthèses sur d'autres variables importantes qui n'ont pas été retenues sont ouvertes (section 4.6, Les variables non retenues).

4.1 Résultats du groupe de discussion

Un groupe de discussion a été réalisé avec cinq acteurs du milieu municipal qui travaillent sur des projets d'installations de gestion des matières résiduelles, afin de compléter et de valider la revue de littérature. Les variables d'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles qui étaient ressorties comme étant particulièrement importantes lors de la revue de littérature (section Chapitre 3, Cadre théorique et problématique théorique) ont pu être validées par les participants. Cela a permis de répondre à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ». Les résultats de la revue de littérature et du groupe de discussion ont servi à établir une hiérarchie des variables (section 4.2, Hiérarchisation des variables).

L'étude de Transfert Environnement (2010), avec laquelle les participants étaient déjà tous familiers, a été présentée en guise d'introduction. Les premiers échanges qui ont suivi la présentation du projet portaient sur les variables de gouvernance et sur les variables sociales, notamment en lien avec le projet de biométhanisateur à Montréal-Est. Il a été avancé que pour une entreprise privée, il y a une obligation de profits, alors que pour une ville, il y a une obligation de résultats. Cela serait une des raisons pour lesquelles les projets qui sont encadrés et menés par des instances publiques sont vus d'un œil plus favorable par les citoyens que les projets qui donnent l'impression d'être menés, voir dictés, par une entreprise privée. Selon les participants, cette obligation de profits versus résultats serait un facteur particulièrement important pour les grands projets, car mêmes si les vertus des technologies et les études techniques disent une chose, l'aspect politique d'un projet est plus important quant à la décision de le réaliser

ou non. Dans les prises de décisions au sujet des projets et contrats de gestion des matières résiduelles, 20% sont techniques et 80% sont politiques selon un participant. Selon celui-ci, la technologie choisie ne semble pas affecter ce constat.

Il a ensuite été souligné, toujours en lien avec le projet de biométhanisateur de Montréal-Est, que lors d'une consultation publique, un projet municipal est souvent vu comme un levier pour communiquer d'autres problématiques vécues par la communauté, qui peuvent n'avoir aucun lien avec le projet à l'origine de la consultation, particulièrement lorsqu'il y a un besoin social très fort, ce qui rend la compréhension du contexte par le promoteur particulièrement importante. Les citoyens peuvent faire part de problèmes de circulation dans un autre secteur de la ville par exemple. L'impact sur la circulation était d'ailleurs la principale source de préoccupation pour les citoyens dans le cas du biométhanisateur de Montréal-Est, devant les odeurs. Par contre, les citoyens étaient préoccupés par les impacts du projet sur la circulation de la rue Sherbrooke Est, sur laquelle les camions se rendant au centre de biométhanisation ne circuleront pas. Les préoccupations des citoyens persistaient malgré les communications de la Ville de Montréal. Pour les projets d'installations de traitement des matières organiques, les préoccupations face à la circulation et aux odeurs sont toujours présentes selon les participants.

À propos des odeurs, des participants ont souligné que le centre de biométhanisation de Montréal-Est suscite moins de préoccupations que le centre de compostage de Saint-Laurent. Selon les participants, cette différence pourrait être expliquée par le fait que le centre de biométhanisation est situé plus loin des quartiers résidentiels. Il se pourrait aussi que le choix de technologie soit la cause de cette disparité. Les participants ont avancé comme hypothèse que la publication d'articles sur internet, qui donnent mauvaise presse à une technologie ou à un projet, pourrait expliquer les inquiétudes au niveau des odeurs pour le projet de centre de compostage de Saint-Laurent, projet qui, contrairement au projet de biométhanisateur, a fait l'objet de nombreuses publications

négatives sur internet (CBC News, 2018 ; Ciavatti, 2019 ; Esseghir, 2013, 2017 ; Gyulai, 2018 ; Pellus, 2017, 2018). Ces publications promouvaient des croyances négatives qui n'étaient pas toujours fondées sur des faits et comme l'a souligné un participant, les croyances dominent et sont souvent plus importantes que les faits lorsque les citoyens formulent des opinions et prennent position. En effet, selon les participants, lorsqu'un nouveau processus d'aménagement est présenté au public, les municipalités doivent gérer les croyances de la population.

Les perceptions peuvent également être problématiques une fois qu'une installation est construite et opérationnelle. Un participant nous a témoigné de son expérience avec un centre de compostage situé à Montréal à côté d'un ancien lieu d'enfouissement technique, pour lequel de nombreuses plaintes pour les odeurs avaient été logées. Les odeurs peuvent être des nuisances sans être reconnues et identifiées et dans ce cas particulier, les odeurs malodorantes qui étaient à l'origine des plaintes étaient faussement attribuées au centre de compostage, alors qu'une proportion importante de ces odeurs provenait d'autres sources, telles que d'autres industries ou la circulation routière. Comme un centre de traitement des matières compostables était opérationnel dans le quartier, les citoyens qui percevaient des mauvaises odeurs faisaient le lien entre ces odeurs et la présence de l'installation car des matières résiduelles organiques, de par leur nature, dégagent des mauvaises odeurs. Les mauvaises odeurs perçues devaient donc parvenir du centre de compostage. Pour régler le problème d'attribution des odeurs, une expérience avait été réalisée avec 43 citoyens du quartier, qui avaient été formés à identifier différents types d'odeurs et à évaluer leur intensité (Héroux *et al.*, 2004). Ces citoyens ont fait des observations sur les odeurs et pris des notes deux fois par jours, le matin et le soir, pendant un peu plus de deux mois à la fin de l'automne, lorsque le centre est le plus actif à cause de l'importante quantité de feuilles mortes à traiter. L'expérience avait permis de déterminer que moins de la moitié des événements d'odeurs recensés étaient réellement attribuables au centre de compostage, moins du quart à l'ancien lieu d'enfouissement technique et près du tiers à d'autres sources. Cette

même expérience a permis de déterminer que pour le site de compostage à aire ouverte, l'impact des odeurs provenant du site était significatif à l'intérieur d'un rayon de 500 mètres.

En ce qui a trait à la distance séparant les riverains d'une installation, des participants nous ont dit que les riverains les plus près d'un site sont toujours préoccupés, même s'il s'agit d'un site isolé à plusieurs kilomètres de distance des riverains. La problématique de la distance séparant une installation des riverains dépend également fortement du contexte. Pour la Ville de Gatineau, le choix d'un site pour une installation n'est généralement pas problématique, car il y a beaucoup d'espace, alors que le choix d'un site est problématique pour la Ville de Montréal, dont le territoire est densément occupé. Les options pour le choix d'un site sur le territoire de la Ville de Montréal sont donc très limitées, ce qui constitue un enjeu important, alors que pour la Ville de Gatineau, le principal enjeu est de décider d'aller de l'avant ou non avec un projet.

Le groupe de discussion a mené à une hiérarchisation des variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales par les participants, après qu'une liste de variables ait été établie. Trois des cinq participants ont hiérarchisé les variables en les mettant simplement en ordre et les deux autres les ont hiérarchisées en fonction de différents contextes. Premièrement, le tableau 4.1 présente les variables simplement hiérarchisées par trois des participants en ordre d'importance, des variables les plus importantes aux variables les moins importantes.

Tableau 4.1 Hiérarchisation de variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales par les participants #1, #2 et #3 du groupe de discussion.

Ordre d'importance	Participant #1	Participant #2 *	Participant #3
#1	Nuisances (bruits, odeurs, visuel, circulation)	Nuisances (circulation, odeurs, bruits, poussière)	Localisation de l'infrastructure : nuisances, intégration dans le milieu (social, territoire, paysage, économique, emplois)
#2	Facteurs environnementaux (gaz à effet de serre, milieux naturels, eau)	Impacts financiers (coûts versus bénéfices pour les citoyens)	Gains socio-économiques : emplois, développement économique et social)
#3	Gains environnementaux	Gains environnementaux	Gains environnementaux et pertinence du projet
#4	Gains socio-économiques	Pertinence du projet	Gouvernance à un moment donné précis : politique, lobbyisme, administration municipale
#5	Impacts financiers	Facteurs environnementaux	Contexte géo-historique et légal, conformité réglementaire
#6	Gouvernance : public / privé		

* Le participant #2 a placé la variable « Changements d'habitude (mode et fréquence des collectes) » au premier rang d'importance, devant les nuisances. Nous considérons pour le présent projet de recherche qu'une collecte à trois voies (compost, recyclage et ordures) est la norme pour les municipalités partenaires de la CRVMR. Les changements d'habitudes ne devraient pas influencer le choix technologique car vu la standardisation de la collecte à trois voies, les habitudes sont en réalité statiques et non variables (voir section 4.6.2, Changements d'habitudes). Nous avons donc décidé de retirer cette variable.

Le tableau ci-dessous présente les résultats donnés par, le participant #4, qui a hiérarchisé les variables en fonction de cinq différents contextes, soit le traitement

mécanique (compostage), le tri des matières recyclables, le traitement des déchets, au niveau des programmes (ex : plan de gestion des matières résiduelles ou PGMR) et la collecte. Le tableau 4.2 présente la hiérarchisation réalisée par le participant #4 pour chacun des cinq contextes en rang d'importance, allant de 1, premier rang (le plus important) à 4, quatrième rang (le moins important) et 0, pas important ou non applicable.

Tableau 4.2 Hiérarchisation de variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales par le participant #4, pour 5 contextes différents en rang d'importance, de 1, le plus important à 4, le moins important et 0, pas important ou non applicable.

Variable	Traitement mécanique	Recyclage	Traitement des déchets	Programmes (ex : PGMR)	Collecte
Odeurs	1	4	1	4	4
Bruits	4	3	2	4	4
Visuel	4	3	2	4	4
Circulation	2	1	2	4	1
Santé	1	3	1	4	4
Coûts	3	2	4	2	2
Sociodémographique	2	2	2	1	1
Facteurs environnementaux	2	3	1	2	2
Levier économique	3	3	2	2	4
Contexte géo-historique	2	2	1	1	1
Gains environnementaux	3	3	4	2	4
Gains socio-économiques	3	3	2	2	4
Intégrité du paysage	4	3	2	4	4
Pertinence	2	2	1	2	2
Cycle électoral	2	2	4	1	1
Public versus privé	3	2	4	0	0

Finalement, le participant #5 a divisé la hiérarchisation des variables en deux temps, premièrement, entre les matières organiques et les matières recyclables, et ensuite, pour

chacun des deux types de matières, les variables ont été hiérarchisées pour un contexte de proximité, donc du point de vue des riverains d'une installation, et pour un contexte à l'échelle de la ville, donc du point de vue des citoyens de la municipalité, qui ne sont pas riverains d'une installation. La hiérarchisation réalisée par le participant #5 est présentée dans le tableau 4.3.

Tableau 4.3 Hiérarchisation de variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles municipales par le participant #5, en ordre d'importance, de la plus importante à la moins importante, du haut vers le bas, pour les matières organiques et les matières recyclables, dans un contexte de proximité (les riverains) et dans un contexte à l'échelle de la ville (non riverains).

Ordre d'importance	Matières organiques		Matières recyclables	
	Proximité	Ville	Proximité	Ville
#1	Contexte géo-historique	Gains environnementaux	Contexte géo-historique	Gains socio-économiques
#2	Nuisances : #1 Odeurs #2 Circulation #3 Visuel (faible) #4 Bruits (faible)	Gains socio-économiques	Nuisances : #1 Circulation #2 Bruits #3 Visuel #4 Odeurs	Impact financier
#3	Santé	Pertinence du projet	Gouvernance (public / privé)	Pertinence du projet
#4	Gouvernance (public / privé)	Changement d'habitude	Intégration dans le milieu	Gouvernance (public / privé)
#5	Cycle électoral	Groupe culturel	Levier économique	Gains environnementaux
#6	Intégration dans le milieu	Impact financier		Groupe culturel
#7	Facteurs environnementaux			

L'analyse des tableaux 4.1, 4.2 et 4.3 permet de déterminer que pour la majorité des participants, les nuisances, c'est-à-dire les odeurs, le bruit, l'impact sur la circulation et l'impact visuel, arrivent au premier rang des variables d'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles en termes d'importance. En effet, dans le tableau 4.1, les nuisances arrivent au premier rang pour les participants #1, #2 et #3 (de pair avec

l'intégration dans le milieu pour le participant #3). Les réponses des participants #4 et #5, illustrées dans les tableaux 4.2 et 4.3 respectivement, permettent d'en apprendre davantage sur l'influence des nuisances sur l'acceptabilité sociale, notamment qu'elle varie en fonction du contexte et du type de nuisance. Premièrement, les nuisances sont importantes dans un contexte de proximité des installations, donc pour les riverains, comme l'illustre le participant #5, qui les place au deuxième rang en terme d'importance dans un contexte de proximité et ne les liste pas comme variables importantes à l'échelle de la ville. Le participant #4 classe certaines nuisances comme étant très importantes pour les installations de traitement (traitement mécanique, recyclage et traitement des déchets) qui doivent s'intégrer dans leur milieu et classe les quatre types de nuisances comme étant peu importantes lorsqu'il est question de programmes de gestion des matières résiduelles, contexte assimilable au contexte « ville » du participant #5. Lorsqu'il est question de la collecte des matières résiduelles, le participant #4 classe la variable « impact sur la circulation » comme étant très importante et les autres nuisances comme étant peu importantes. Le contexte de la collecte des matières résiduelles est particulier, c'est-à-dire que ses effets sont ressentis par les citoyens qui sont à proximité des camions de collecte ou qui empruntent les axes routiers sur lesquels circulent les camions de collecte. Les effets peuvent ainsi être ressentis loin des installations où les matières résiduelles transportées par les camions de collecte sont traitées. La collecte n'est donc pas assimilable au contexte de proximité des installations de traitement et pourrait être incluse dans le contexte « ville » du participant #5, car les effets de la collecte sont ressentis par tous les citoyens et pas seulement par les citoyens riverains des installations. L'autre distinction qui ressort des tableaux 4.2 et 4.3 quant à la hiérarchisation des nuisances est que celle-ci varie en fonction du type de traitement (tableau 4.2) et du type de matières résiduelles (tableau 4.3). Ces deux distinctions sont assimilables car un traitement optimal des matières résiduelles (ce qui est l'objectif des municipalités qui utiliseront l'outil MaRCOT) requiert un traitement propre à chaque type de matières résiduelles. Dans le cas du traitement mécanique (compostage) et des

matières organiques dans un contexte de proximité, les odeurs arrivent au premier rang des nuisances, suivies de l'impact sur la circulation. Le bruit et l'impact visuel sont classés comme étant peu importants par les participants #4 et #5. Dans le cas du recyclage et des matières recyclables dans un contexte de proximité, c'est l'impact sur la circulation qui arrive au premier rang des nuisances, suivi du bruit, de l'impact visuel et finalement des odeurs, qui sont au dernier rang des nuisances. Le participant #4 a en plus hiérarchisé les variables pour le traitement des déchets ultimes et a placé les odeurs au premier rang des nuisances, suivi à égalité par les trois autres nuisances (bruit, impact sur la circulation et impact visuel). Le bruit et l'impact visuel seraient aussi plus importants dans le cas du traitement des déchets ultimes que dans le cas du recyclage et seraient peu importants dans le cas du traitement mécanique (compostage). Ces distinctions offertes par les participants #4 et #5 entre les différents types de matières et de traitements sont très importantes, car elles suggèrent que les variables d'acceptabilité sociale peuvent influencer le choix technologique, particulièrement les nuisances, dont certaines varient de très importantes à peu importantes selon le type de matière et le type de traitement.

Une autre variable qui fluctue beaucoup en fonction du type de matière résiduelle, du type de traitement et du contexte, dans les tableaux 4.2 et 4.3 est la variable « santé ». Elle est classée comme étant très importante dans le cas du traitement mécanique (compostage), du traitement des déchets ultimes et des matières organiques dans un contexte de proximité, alors qu'elle est classée comme peu importante ou ne figure pas dans les autres contextes. Cela est expliqué par la corrélation existant entre les odeurs et la santé. Il nous a été expliqué lors du groupe de discussion que les citoyens associent les odeurs perçues à des risques pour la santé. Selon les participants, la variable « santé » n'est pas une variable concernant les risques de santé réels, mais une variable sur les risques de santé perçus par les citoyens, qui associent les odeurs nauséabondes à des gaz toxiques dangereux pour la santé, que des éléments toxiques soient présents ou non, ce qui a par la suite été confirmé par la littérature (Bulsing *et al.*, 2009). Ainsi,

des gaz toxiques inodores, donc imperceptibles par les citoyens, ne seraient pas pris en compte par cette variable. Dans le cadre des résultats du groupe de discussion, la variable « santé » est donc une variable de perception, qui peut être fusionnée à la variable « odeurs ». Il ne s'agit pas de la même variable « santé » issue de l'étude de Transfert Environnement (2010), qui porte moins sur les perceptions basées sur les sens, mais sur l'accès à l'information et sur la transparence quant aux enjeux de santé qui pourraient exister pour certains projets.

Le contexte géo-historique est une variable dont l'importance a été soulignée par certains des participants lors des échanges. Le participant #4 a placé cette variable au premier rang en termes d'importance pour le traitement des déchets, les programmes (ex : PGMR) et la collecte, et au second rang pour le traitement mécanique (compostage) et le recyclage (voir tableau 4.2). Le participant #5 a quant à lui placé la variable du contexte géo-historique au premier rang en termes d'importance pour les matières organiques et pour les matières recyclables, dans un contexte de proximité pour les deux types de matières (voir tableau 4.3). L'importance marquée de cette variable est explicable par le fait que, comme nous avons pu le voir dans l'introduction (section 1.1.2), des projets tels que le centre de compostage de Saint-Michel peuvent être mis en péril si le contexte géo-historique est désavantageux. De tels enjeux peuvent aussi être repris par des politiciens lors de campagnes électorales, comme ça avait été le cas en 2013 lorsque Denis Coderre avait promis de « tirer la plogue » du centre de compostage de Saint-Michel s'il était élu maire (Benessaieh, 2013). Les participants avaient en effet souligné l'importance de la politique et des cycles électoraux lorsqu'il était question de projets d'installations de traitement, un allant jusqu'à dire que les décisions d'aller de l'avant avec un projet sont à 80% politiques et à 20% techniques.

Ensuite, les coûts et les facteurs économiques sont décrits par la majorité des participants comme étant des facteurs importants, mais de second rang. Il a tout de même été souligné que la stimulation de l'emploi, particulièrement pour une région aux

prises avec des problèmes de chômage, pouvait avoir un impact positif majeur sur l'acceptabilité sociale d'un projet d'installation.

Les facteurs environnementaux et les gains environnementaux sont également décrits comme étant des facteurs importants, mais de second rang. Ce qui est ressorti des discussions à propos des facteurs environnementaux est que certains facteurs peuvent varier en importance dans le temps. Certains des participants croient en effet que certains des facteurs environnementaux, l'émission de gaz à effet de serre notamment, gagneront en importance avec les années. Ainsi, l'emploi de technologies performantes permettant la réduction des émissions de gaz à effet de serre favorisera de plus en plus l'acceptabilité sociale de projets d'installations au fil des ans.

4.2 Hiérarchisation des variables

Cette section vise à établir une hiérarchie des variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles. La hiérarchisation des variables a été réalisée en interprétant les résultats de l'étude de Transfert Environnement (2010) et en intégrant les résultats du groupe de discussion réalisé avec cinq experts de la gestion des matières résiduelles issus du milieu municipal (section 4.1, Résultats du groupe de discussion). La hiérarchisation des variables est une étape importante du processus ayant mené à la sélection des variables pour lesquelles le projet a fourni des pistes d'intégration, dans le but de répondre à la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». Les tableaux 4.4 et 4.5 présentent des étapes intermédiaires du travail de hiérarchisation et le tableau 4.6 présente la hiérarchisation entre les catégories de variables et la hiérarchisation des variables à

l'intérieur de leur catégorie respective. L'objectif est de faire ressortir les variables qui influencent de façon plus importante l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles et ainsi répondre à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ».

La deuxième section de l'étude de Transfert Environnement (2010) porte sur 13 cas d'infrastructures telles l'aéronautique, le transport routier, le développement domiciliaire, la production d'énergie et la gestion des matières résiduelles. Ces 13 cas sont situés sur le territoire de la Communauté Métropolitaine de Montréal et 7 sont des cas d'installations de gestion des matières résiduelles. Le travail effectué par Transfert Environnement (2010) a été de recenser les préoccupations exprimées par les parties prenantes dans les mémoires que celles-ci ont déposé au Bureau des Audiences Publiques en Environnement (BAPE) pour les cas étudiés, ou de recenser les préoccupations qui ont pu être décelées grâce à des revues de presse pour les projets qui n'ont pas fait l'objet d'une consultation publique. Le nombre d'interventions, c'est-à-dire de préoccupations exprimées recensées, a été comptabilisé par variable et par cas. Cela a permis de classer les catégories de variables par ordre d'importance pour les différents types d'infrastructures étudiés parmi les 13 cas en fonction du nombre d'interventions. Dans la présente section, nous concentrons l'analyse sur les sept installations de gestion des matières résiduelles, ce qui nous permet de hiérarchiser les catégories pour ce contexte spécifique. Le tableau 4.4 présente le nombre d'interventions recensées par catégorie de variables (environnementales, sociales, de gouvernance, de localisation, économiques et techniques) pour les treize cas étudiés, dont les 7 cas d'installations de gestion des matières résiduelles (GMR), ainsi que le total pour les 13 cas réunis et pour les 7 cas de gestion des matières résiduelles seulement.

Tableau 4.4 Occurrences des interventions par cas d'étude selon les catégories de variables pour les 13 cas étudiés, dont 7 de gestion des matières résiduelles (GMR). Adapté de Transfert Environnement (2010).

Cas / Catégories de variables	Environ.	Sociales	Gouvern.	Localisa.	Économi.	Techniq.
6 cas non GMR						
Aéroport de St-Hubert	40	35	16	14	35	23
Échangeur Turcot	220	82	70	36	0	62
Collège Marianopolis	50	25	3	28	0	20
Autoroute 30	442	169	190	228	159	84
Centrale Suroît	86	35	44	23	48	64
Autoroute 25	324	73	9	15	126	14
7 cas GMR						
Centre de transbordement RCI Environnement	4	8	15	2	0	3
Centre de transbordement MATREC	11	11	2	9	2	3
Écocentre l'Acadie	22	6	5	3	3	1
Biogaz Gazmont	21	4	9	7	7	11
LES Carrière Demix	10	8	5	2	3	5
Sols contaminés Écosol	25	8	35	11	10	34
LET UTL-BFI	257	147	114	74	55	52
Total						
13 cas	1512	611	517	452	448	376
7 cas GMR	350	192	185	108	80	109

Il ressort du tableau 4.4 que les variables environnementales¹ arrivent au premier rang des préoccupations, loin devant les variables sociales, elles-mêmes suivies de près par les variables de gouvernance, que ce soit pour l'ensemble des 13 cas étudiés ou pour les 7 cas d'installations de gestion des matières résiduelles. Là où ces 7 cas se démarquent de l'ensemble est dans l'importance des trois autres catégories. Les variables techniques, qui arrivaient au sixième et dernier rang pour les 13 cas, sont maintenant au quatrième rang, virtuellement exæquos avec les variables de localisation. Les variables économiques, qui étaient au cinquième rang, mais presque à égalité avec les variables de localisation, arrivent maintenant au dernier rang. Le bond en importance des variables techniques pourrait être expliqué par l'hypothèse que, dans le contexte de la gestion des matières résiduelles, les solutions techniques ont une plus grande incidence sur les nuisances subies que les autres types de projets. Ces constats soulignent l'importance du choix technologique lorsqu'il est question d'acceptabilité sociale des projets d'installation de gestion des matières résiduelles, de même que la pertinence du présent projet de recherche.

Dans l'étude de Transfert Environnement (2010), des variables sensibles pour chacun des 13 cas étudiés ont été soulignées. Il s'agit de variables d'acceptabilité sociale pour lesquelles il y avait des enjeux ou des sensibilités marqués pour chacun des 13 cas étudiés sur le territoire de la CMM. Le tableau 4.5 synthétise les résultats de l'étude et présente les variables qui ressortent de l'étude pour lesquelles il y a une importance marquée parmi les 7 cas d'installations de gestion des matières résiduelles.

¹ Variables environnementales : bruit; impact sur la circulation; qualité de l'air; émissions de GES; milieux naturels; odeurs; santé; qualité des eaux; impact visuel; suivi environnemental.

Tableau 4.5 Variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles ayant une importance marquée parmi les 7 cas d'installations de gestion des matières résiduelles. « X » lorsqu'une variable a une importance marquée pour un cas. Nombre total sur 7 de cas pour lesquels une variable a une importance marquée à la dernière colonne. Adapté de Transfert Environnement (2010).

Cas / Variables	Centre transbord. RCI Environ.	Centre transbord. MATREC	Écocentre l' Acadie	Biogaz Gazmont	LES Carrière Demix	Sols contam. Écosol	LET UTL-BFI	Nombre de cas Total sur 7
Variables environnementales								
Bruit		x	x	x		x	x	5
Impact sur la circulation	x	x	x	x		x	x	5
Qualité de l'air		x		x			x	3
Émissions de GES	x					x		2
Milieus naturels			x					1
Odeurs		x	x	x			x	4
Santé				x			x	2
Qualité des eaux					x	x	x	3
Impact visuel				x				1
Suivi environnemental				x	x			2
Variables sociales								
Qualité du processus de consultation et disponibilité des données	x	x	x		x		x	5
Ouverture à d'autres solutions					x		x	2
Variables de gouvernance								
Lois et règlements (encadrement souhaité, observance)	x					x		2
Cohérence avec le développement durable	x					x	x	3
Intervention du secteur privé				x				1
Variables de localisation								
Compatibilité du projet avec le milieu récepteur (urbain et périurbain)		x	x	x	x	x	x	6

Cas / Variables	Centre transbord. RCI Environ.	Centre transbord. MATREC	Écocentre l' Acadie	Biogaz Gazmont	LES Carrière Demix	Sols contam. Écosol	LET UTL-BFI	Nombre de cas Total sur 7
Concentration d'activités et d'installations (déjà présentes ou potentielles)	x	x						2
Réponse à des besoins extérieurs au milieu récepteur						x	x	2
Modification de l'accès au secteur			x					1
Variables économiques								
Impact économique négatif (activités, terrains, développement)		x	x				x	3
Dépenses non justifiées, trop élevées ou mésestimées						x		1
Attentes vis-à-vis de redevances ou de retombées économiques				x			x	2
Variables techniques								
Bien-fondé du projet ou du concept présenté	x			x	x			3
Pertinence ou qualité de certains aspects techniques spécifiques		x	x			x	x	4

Il ressort de l'analyse du tableau 4.5 que parmi les variables, six ont une sensibilité particulière pour plus de la moitié des sept cas d'installations de gestion des matières résiduelles. Il s'agit donc d'enjeux récurrents d'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles. La compatibilité avec le milieu récepteur est la variable qui ressort le plus fortement, se manifestant comme variable sensible dans six des sept cas d'installations considérés. La compatibilité avec le milieu récepteur fait référence aux propriétés mêmes du milieu, tels que les vents dominants et la proximité des riverains, qui pourraient faire en sorte que des nuisances soient subies plus fortement

par les riverains. Trois variables ont une sensibilité particulière dans cinq des sept cas, soit : le bruit; l'impact sur la circulation et; la qualité du processus de consultation et la disponibilité des données. Deux variables ont une sensibilité particulière dans quatre des sept cas étudiés, soit : les odeurs et; la pertinence ou la qualité de certains aspects techniques spécifiques. Ainsi, trois des six variables identifiées ayant une sensibilité particulière dans plus de la moitié des sept cas d'installation de gestion des matières résiduelles sont des nuisances (bruits, impact sur la circulation et odeurs) et une quatrième, la compatibilité avec le milieu récepteur (qui est la variable la plus représentée), est en lien direct avec les nuisances. Les variables de localisation faisant référence à la compatibilité avec le milieu pourraient ainsi contextualiser les enjeux d'acceptabilité sociale liés aux nuisances. Cette forte représentation des nuisances et des variables de compatibilité avec le secteur, qui permettent de contextualiser les nuisances, souligne l'importance capitale des nuisances dans l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles.

Le tableau 4.6 présente la hiérarchisation des variables tirées de l'étude de (Transfert Environnement, 2010). Elles ont été hiérarchisées à l'intérieur même de leurs catégories respectives, catégories elles aussi hiérarchisées. Cette hiérarchisation est le résultat du travail d'interprétation de l'étude de Transfert Environnement (2010) présenté dans tableaux 4.4 et 4.5, complété de l'activité de groupe de discussion réalisée avec les experts de la gestion des matières résiduelles municipales. Ce tableau présente une liste exhaustive des variables et a servi de référence pour la suite des travaux. Les variables jugées comme étant les plus significatives et pertinentes pour le projet ont été tirées de ce tableau.

Tableau 4.6 Variables de l'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles hiérarchisées entre catégories, sous-catégories et à l'intérieur des sous-catégories, sur la base de l'analyse de l'étude de Transfert Environnement (2010) et du groupe de discussion réalisé avec des experts de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion).

Catégories de variables en ordre d'importance	Sous-catégories de variables en ordre d'importance à l'intérieur de la catégorie	Variables en ordre d'importance à l'intérieur de la sous-catégorie	Sous-variables en ordre d'importance à l'intérieur de la variable / explication
Variables environnementales	A) Contrôle des impacts	Perception négative amplifiée par la récurrence des nuisances	Bruits
			Odeurs
			Impact sur la circulation
			Qualité de l'air
		Respect de l'environnement (GES, milieux naturels, eau)	Pollution de l'environnement
		Innocuité pour la santé	Intolérance à tout manque de transparence sur les questions de santé et les questions reliées à la santé ne doivent susciter aucun doute
		Incinération	Perception négative malgré l'existence de technologies qui permettent le respect
	Absence d'impact visuel	Dans une moindre mesure, l'impact visuel est sujet à préoccupation	
	B) Qualité de la gestion	Engagements et adoption d'une politique environnementale formelle	Un contexte est plus favorable lorsque le porteur de dossier s'engage formellement et publiquement à protéger l'environnement. La reconnaissance des préoccupations de la collectivité a un effet positif
		Gestion diligente des nuisances et des préoccupations soulevées	Les mesures de contrôle des nuisances doivent être efficaces et faire l'objet d'un suivi rigoureux
		Reconnaissance de la capacité et de la compétence du	Impact de l'historique de non-conformité de l'opérateur, qui peut susciter la méfiance. Des lacunes dans l'évaluation

Catégories de variables en ordre d'importance	Sous-catégories de variables en ordre d'importance à l'intérieur de la catégorie	Variables en ordre d'importance à l'intérieur de la sous-catégorie	Sous-variables en ordre d'importance à l'intérieur de la variable / explication
		promoteur technologique	environnementale de l'opérateur peuvent susciter la méfiance
	C) Plus-value du projet	Résultats et produits offrant une plus-value environnementale	La plus-value des extrants sur le plan environnemental est valorisée par la population, surtout s'ils peuvent avoir une utilité au niveau local
Variables sociales	A) Communication de qualité	Qualité du processus d'échange avec le public, du début à la fin. Information, consultation et participation. Ouverture aux préoccupations	Consultation en amont d'un projet
			Participation des citoyens dans le suivi des opérations
			Faiblesses de la légitimité du processus d'échange
			Accès à l'information
			Efforts de communication insuffisants ou mal ciblés
	Limites des processus de consultation et d'information		
	B) Contexte historique	Absence d'événements passés négatifs pouvant être associés au projet	Influence négative liée au contexte historique
C) Autre		Respect des engagements	Les engagements pris par le promoteur doivent être pris avec diligence et suivis d'efforts réels pour les respecter
		Compréhension partagée de la justification d'un projet	La raison d'être du projet doit être partagée par la collectivité
		Ouverture à d'autres solutions	Les autres options ont été considérées
Variables de gouvernance	A) Encadrement public	Présence d'un cadre législatif et réglementaire clair (également directives, politiques, etc.)	Présence d'un cadre législatif et réglementaire clair
			Moyens d'intervention limités de la part des autorités publiques
			Cohérence avec le développement durable
			Cohérence avec les politiques, orientations et autres lignes

Catégories de variables en ordre d'importance	Sous-catégories de variables en ordre d'importance à l'intérieur de la catégorie	Variables en ordre d'importance à l'intérieur de la sous-catégorie	Sous-variables en ordre d'importance à l'intérieur de la variable / explication
			directrices gouvernementales ou spécifiques au secteur d'activité
		Respect de l'encadrement législatif et réglementaire (également directives, politiques, etc.)	Respect du cadre réglementaire
		Légitimité et rôle des acteurs	Encadrement du secteur privé. Des inquiétudes sont présentes lorsque le secteur privé intervient de façon trop prépondérante
			Doutes sur la neutralité des représentants politiques
			Les citoyens doivent avoir le sentiment de pouvoir s'appuyer sur la gouvernance publique
			Changements fréquents des personnes responsables
	B) Suivi en continu	Représentativité et indépendance des divers comités de liaison formés aux différentes étapes du projet	La crédibilité de toute entité de surveillance est essentielle
Variables de localisation	A) Intégration au milieu environnant	Éloignement des riverains	Présence importante de riverains à proximité
		Compatibilité avec des activités dans le secteur	Intégration au milieu environnant
		Proximité d'accès routiers principaux	Proximité d'accès routiers principaux réduisant la circulation
	B) Équité par rapport aux autres secteurs géographiques	Traitement de matières résiduelles importées	Faible niveau d'importation de matières résiduelles
		Présence d'autres activités sources de nuisances	Trop grande concentration d'activités industrielles ou autres

Catégories de variables en ordre d'importance	Sous-catégories de variables en ordre d'importance à l'intérieur de la catégorie	Variables en ordre d'importance à l'intérieur de la sous-catégorie	Sous-variables en ordre d'importance à l'intérieur de la variable / explication
Variables économiques	A) Impact économique satisfaisant	Présence d'avantages économiques	Possibilité d'une utilisation locale des extrants
			Appréhension d'un impact économique négatif (valeur immobilière, fréquentation des commerces, etc.)
	B) Coûts engendrés modérés	Niveau raisonnable des coûts d'implantation et d'exploitation	Présence de mesures compensatoires
			Soutien financier, aide à des projets du milieu, création de fonds consacrés à la réduction des nuisances
Variables techniques	A) Pertinence du projet	Reconnaissance de la justification du projet dans son ensemble	Le bien-fondé de la nature même du projet est démontré
		Pertinence ou qualité des particularités techniques des installations	Pertinence ou qualité des équipements, méthodes de travail, etc
	B) Efficacité de l'exploitation	Gestion diligente des opérations	Solutions techniques efficaces permettant de combler les attentes sociales
		Confiance dans la technologie retenue	Doutes sur la technologie ou feuille de route ne démontrant pas son efficacité

Il convient de souligner que les constats qui ressortent de l'analyse en profondeur de l'étude de Transfert Environnement (2010) sont compatibles avec ceux tirés du groupe de discussion avec des experts œuvrant dans le domaine de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion). En effet, lors de l'activité, les participants nous ont confirmé que les nuisances (bruits, odeurs et impact sur la circulation) sont les variables qui influencent le plus l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles. Selon eux, la principale raison pour

laquelle les nuisances sont si importantes est que celles-ci peuvent-être perçues par les riverains. D'autres variables environnementales, telles que la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ont bien moins d'importance en termes d'acceptabilité sociale que les nuisances, car elles ne peuvent être perçues directement. Les experts ayant participé au groupe de discussion ont également souligné l'importance de la compatibilité avec le milieu récepteur. La présence d'autres industries sources de nuisances peut avoir un effet négatif sur l'acceptabilité sociale d'une installation de gestion des matières résiduelles, pas seulement à cause des effets cumulatifs, mais aussi à cause d'erreurs d'attribution des nuisances. Certains citoyens, lorsqu'ils détectent des odeurs désagréables, font une association entre les odeurs désagréables et la présence d'une installation de gestion des matières résiduelles et ainsi déduisent que la source des odeurs est cette installation, alors qu'elles proviennent en réalité d'autres sources. La présence de populations riveraines à proximité est également une variable très importante de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles.

La hiérarchisation des variables qui sont ressorties de l'étude de Transfert Environnement (2010) et du groupe de discussion comme étant les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles, a permis de répondre à la première sous-question de recherche : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ». Les variables environnementales, principalement les nuisances (bruits, odeurs et impact sur la circulation) sont clairement ressorties comme étant celles qui ont le plus d'influence sur l'acceptabilité sociale d'une installation de traitement des matières résiduelles. Les variables de localisation (compatibilité avec le milieu, la présence de populations riveraines et la distance les séparant de l'installation) et une variable sociale (le contexte historique) sont ensuite ressorties comme les variables les plus déterminantes de l'acceptabilité sociales d'une installation après les nuisances. L'identification des variables clefs est la première étape nécessaire à la sélection des variables et est le

dont un travaille pour une municipalité partenaire de la chaire. L'activité visait à évaluer la force du lien existant entre le choix technologique d'une installation de gestion des matières résiduelles et chacune des variables de l'acceptabilité sociale retenues à ce stade (voir section 4.2, Hiérarchisation des variables). La présente section permet donc de répondre à la deuxième sous-question de recherche : « Parmi ces variables, lesquelles sont intimement liées aux différentes technologies de gestion des matières résiduelles? ». Il s'agit d'évaluer l'influence que peut avoir le fait de choisir une technologie de traitement plutôt qu'une autre (ex : centre de tri vs. centre de biométhanisation) sur les variables considérées (ex : trafic routier, bruit, etc.). Les variables ont été expliquées aux participants, qui ont été amenés à les placer, une à une, sur une échelle allant de « lien très faible » à « lien très fort ». Un « lien très faible » serait un cas où la variable ne sera pas portée à varier en fonction de la technologie choisie et un « lien très fort » serait la situation inverse. Les résultats de l'exercice sont illustrés au travers des six figures suivantes (figures 4.2 à 4.7), soit une figure par catégorie de variable. L'échelle utilisée pour les figures va de 0, qui correspond à un lien inexistant, à 10, qui correspond à un lien particulièrement fort ou direct. Une variable avec un lien de force moyenne serait placée aux environs de la zone allant de 4 à 6. Des diagrammes à boîte sont utilisés car ils permettent de visualiser la variabilité des réponses fournies. Les barres des diagrammes à boîte représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum. Certaines variables ont fait l'objet de discussions et de débats intéressants lors de l'activité, qui ont été rapportés dans les paragraphes suivant les figures. Le texte dédié à certaines variables ne reflète donc pas les valeurs qui leurs ont été attribuées.

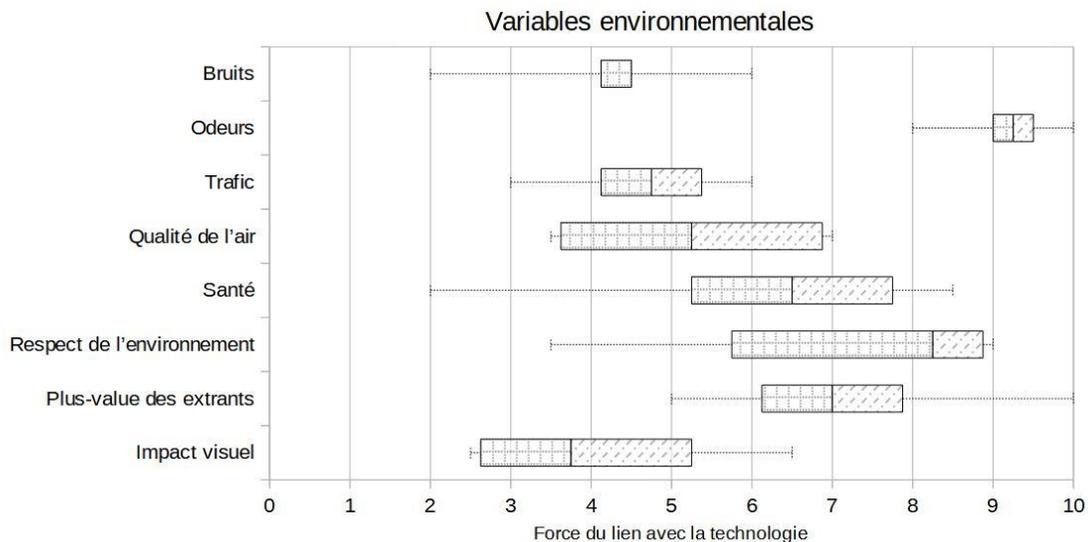


Figure 9 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables environnementales. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.

On note de l'analyse de la figure 4.2 qu'aucune des variables environnementales a un lien nul avec le choix technologique. Certaines variables (odeurs; respect de l'environnement et; plus-value des extrants) ont un lien fort avec le choix technologique (médiane de 7 et plus) alors que les autres (bruits; trafic; qualité de l'air; santé et; impact visuel) ont un lien moyennement fort avec le choix technologique (médiane de 3,75 à 6,5). Le lien entre la variable « odeurs » et le choix technologique a fait consensus comme l'illustre la faible distribution des réponses, alors que la distribution des réponses pour les autres variables est plus grande.

Parmi les variables environnementales, le bruit serait de faiblement à moyennement lié au choix technologique. Selon les participants, les préoccupations des citoyens par rapport aux bruits sont majoritairement liées au transport par les camions et ce ne serait pas tant la machinerie de traitement, donc l'installation elle-même, qui émettrait du bruit. Par contre, il existe tout de même trois liens évidents entre le bruit et le choix technologique. Le premier serait celui du bruit généré par les activités de chargement et

de déchargement des camions, lors desquelles les camions reculent régulièrement en activant leur témoin sonore. Il est possible de favoriser l'acceptabilité sociale des installations de traitement en les construisant de manière à ce que les activités de chargement et de déchargement se déroulent à l'intérieur, atténuant ainsi la problématique du bruit. Le second lien avec le choix technologique est que les technologies dont les activités doivent se dérouler à l'extérieur (ex : lieu d'enfouissement technique et plateforme de compostage) exposent davantage les riverains au bruit que les technologies qui peuvent être confinées à l'intérieur d'un bâtiment. Le troisième lien avec le choix technologique est la possibilité d'intégrer des technologies ou mesures d'atténuation du bruit à une installation. Ces technologies ou mesures font en fait partie intégrante des choix technologiques et sont donc à prendre en compte dans le présent projet de recherche. Pour ces raisons, nous croyons que le lien entre le bruit et le choix technologique est plus fort que ne le laisse entendre la figure 4.2, ce qui est reflété dans la cartographie (figure 4.8, section 4.4, Cartographie et sélection des variables).

Ensuite, les odeurs émises sont très fortement liées au choix technologique. Les technologies de traitement des matières organiques ou de traitement des déchets sont plus susceptibles d'être sources de problèmes au niveau de l'acceptabilité sociale à cause des odeurs qu'elles peuvent dégager. Les technologies ou mesures d'atténuation peuvent également être très efficaces dans les faits, mais les citoyens sont toujours préoccupés par les risques d'odeurs, même si les opérations d'une installation se déroulent dans un bâtiment fermé avec pression négative empêchant la fuite d'air ou de gaz malodorant.

Finalement, l'impact sur la circulation (ou trafic) est moyennement lié au choix technologique. Le trafic généré par l'opération d'une installation dépend du volume de matière à traiter en amont, indépendamment de la technologie, et du volume des extrants. Là où le choix technologique a un impact est au niveau du volume d'extrants

à transporter. Par exemple, un centre de tri des matières recyclables a un volume d'extrants qui est égal au volume d'intrants, mais un lieu d'enfouissement technique n'a pas ou a peu d'extrants, résultant en une réduction du trafic généré pour un volume d'intrants donné. Nous considérons également que dans la majorité des cas, les camions qui transportent les intrants feront des retours à vide, qu'il y ait des extrants à transporter ou non. La raison est que les camions de collecte qui transportent les intrants vers une installation ne peuvent généralement pas transporter les extrants, qui nécessitent d'autres types de camions (ex : les ballots de plastique et de carton sortant des centres de tri ne peuvent être transportés par les camions de collecte). Il en va de même pour les camions qui transportent les extrants, qui ne sont pas des camions de collecte et ne peuvent donc pas transporter les intrants.

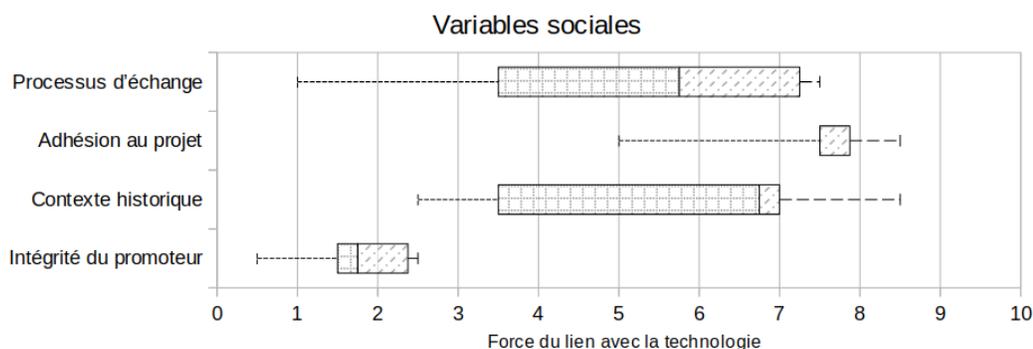


Figure 10 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables sociales. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.

Tel que l'illustre la figure 4.3, le lien entre la variable « adhésion au projet » et le choix technologique est fort avec une médiane de 7,5, alors qu'il est faible pour la variable « intégrité du promoteur », avec une médiane de 1,75. Ces deux variables ont été évaluées de manière relativement unanime comme l'illustre la faible distribution des réponses. Les réponses pour les variables « processus d'échange » et « contexte historique » étaient quant à elles plus largement distribuées. Ces deux dernières

variables ont un lien avec le choix technologique moyennement fort (médianes respectives de 5,75 et de 6,75).

Parmi les variables sociales, la variable « qualité du processus d'échange » n'a pas donné de consensus, le lien avec la technologie ayant été décrit comme étant de « très faible » à « fort ». L'argument pour évaluer le lien comme étant « très faible » était que, peu importe la technologie, un processus d'échange doit être de bonne qualité afin qu'un projet soit socialement acceptable. Il nous a cependant été souligné lors de l'activité par l'expert municipal que les projets employant certaines technologies ne sont pas soumis à des consultations publiques, les centres de tri des matières recyclables par exemple. Il a également été avancé que pour des projets employant certaines technologies, notamment les lieux d'enfouissement technique ou les centres de compostage extérieurs qui sont susceptibles de générer davantage de nuisances, ou des nouvelles technologies qui n'ont pas encore fait leurs preuves, les aspects communicationnels du processus d'échange doivent être mieux ficelés afin d'être acceptables.

Ensuite, le contexte historique a une influence sur l'acceptabilité sociale qui peut être fortement liée au choix technologique. Un exemple cité lors de l'activité est le compostage, qui a eu mauvaise presse au tournant des années 2010 à cause de mauvais joueurs qui ont causé d'importants problèmes pour les citoyens riverains (Boivin, 2011 ; Lapierre, 2012 ; Radio-Canada, 2009). Cela a eu un effet négatif sur l'acceptabilité sociale des centres de compostage pendant les années qui ont suivies.

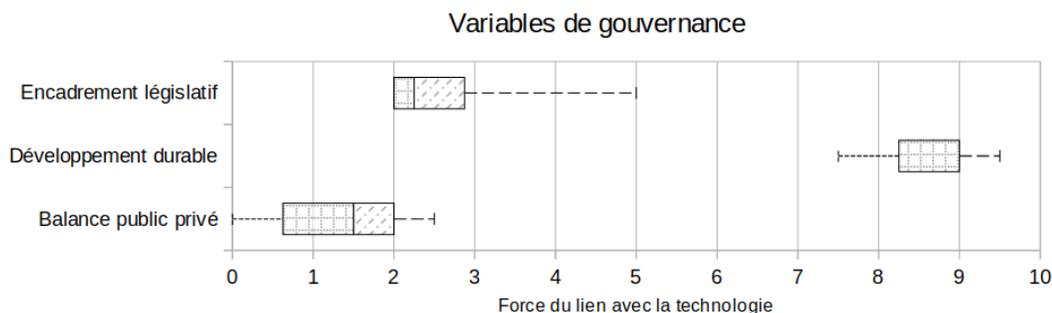


Figure 11 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables de gouvernance. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.

Tel qu'illustré par la figure 4.4, la variable « cohérence avec le développement » durable est très fortement liée au choix technologique (médiane de 9) alors que les variables « encadrement législatif » et « balance public privé » sont faiblement liées au choix technologique (médianes respectives de 2,25 et de 1,5). Les répondants étaient plutôt unanimes dans leurs réponses comme le montre la faible distribution des réponses.

Parmi les variables de gouvernance, la cohérence avec le développement durable est fortement liée au choix technologique. Les installations de traitement des matières résiduelles qui permettent une circularité des matières, telles que les centres de tri de matières recyclables et les centres de biométhanisation, sont généralement perçues par les citoyens comme étant cohérentes avec le développement durable, alors que les lieux d'enfouissement techniques le sont moins. Par contre, la perspective détermine la perception de ce qui est cohérent avec le développement durable ou non, par exemple, certains acteurs du milieu de la gestion des matières résiduelles considèrent que les lieux d'enfouissement technique munis de systèmes de captation des gaz sont en fait d'immenses biométhanisateurs. La part de l'implication du secteur privé est très faiblement lié au choix technologique. En effet, les citoyens ont généralement plus

confiance lorsqu'un projet est mené par une municipalité que par une entreprise privée, peu importe la technologie choisie.

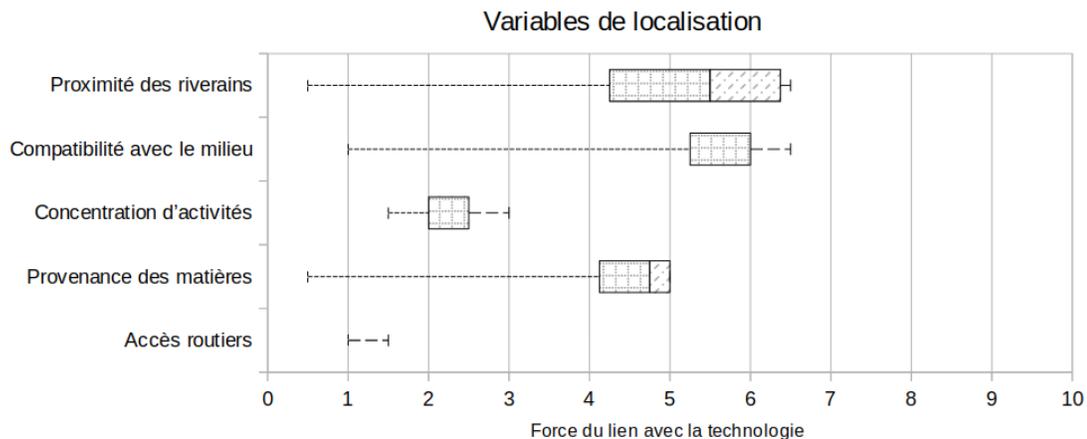


Figure 12 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables de localisation. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.

Comme l'illustre la figure 4.5, la force du lien entre les variables de localisation et le choix technologique va de très faible à moyen. Les variables « accès routier » et « concentration des activités » sont très faiblement liées au choix technologique (médianes respectives de 1 et de 2) et les variables « provenance des matières », « proximité des riverains » et « compatibilité avec le milieu » ont un lien de force moyenne avec la technologie (médianes respectives de 4,75, 5,5 et 6). Ces trois dernières variables n'ont pas fait l'unanimité chez les participants comme l'illustre la grande distribution des réponses.

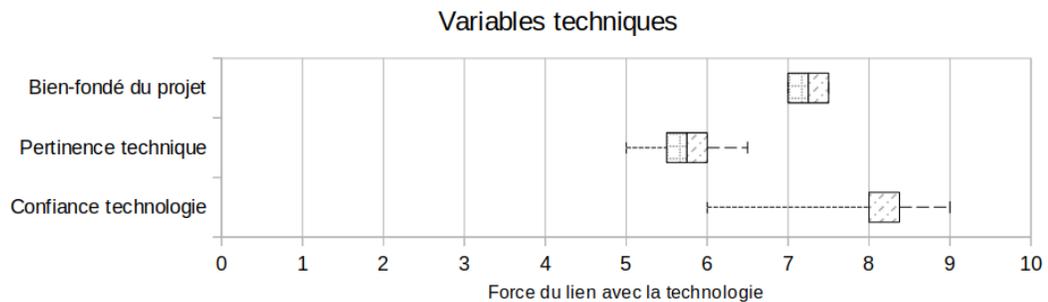


Figure 13 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables techniques. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.

Comme le met en évidence la figure 4.6, les variables techniques sont fortement liées au choix technologique avec un lien très fort pour la « confiance technique », fort pour le « bien-fondé du projet » et moyennement fort pour la « pertinence technique » (médianes respectives de 8, 7,25 et 5,75). Les participants étaient unanimes, particulièrement pour le « bien-fondé du projet », comme l'indique la faible distribution des réponses.

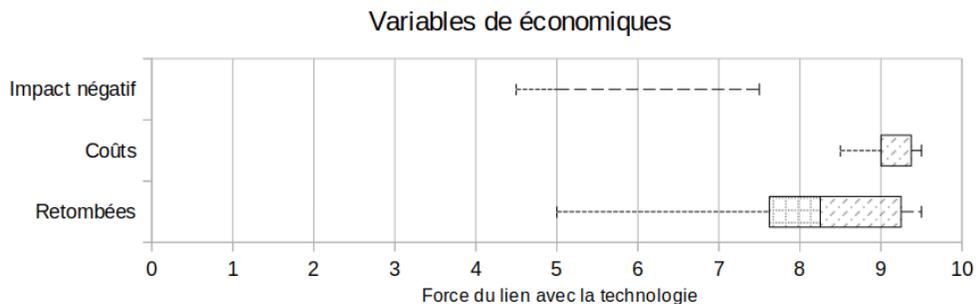


Figure 14 Diagrammes à boîte illustrant la force des liens existant entre le choix technologique et les variables économiques. Les barres représentent, de gauche à droite, le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.

Tel que l'illustre la figure 4.7, la force des liens entre les variables économiques et le choix technologique va de moyenne, pour l'« impact négatif » à très forte pour les « retombées » et pour les « coûts » (médianes respectives de 5, 8,25 et 9). Les participants étaient unanimes quant à la variable « coûts » et relativement partagés pour les deux autres variables, comme l'illustre la distribution de leurs réponses.

Le lien entre le choix technologique et l'impact économique négatif est difficile à évaluer, comme nous avons pu le constater lors de l'activité. Il peut être abordé de deux manières. Premièrement, une baisse de 15% de la valeur foncière des propriétés à proximité d'une installation serait, par exemple, une baisse de 15% indépendamment de la technologie employée par l'installation, donc le lien serait faible. Deuxièmement, la présence d'un certain type d'installation générant d'importantes nuisances aurait plus d'impact négatif sur la valeur foncière des propriétés qu'un autre type d'installation ne générant pas de nuisances, donc le lien serait fort. Les participants ont déterminé que la force du lien entre le choix technologique et l'impact économique est moyenne. L'influence des coûts sur l'acceptabilité sociale d'une installation de traitement des matières résiduelles serait fortement liée au choix technologique. Selon les participants, les citoyens seraient prêts à accepter qu'une installation soit plus coûteuse si elle emploie une technologie performante sur le plan environnemental et sur la gestion des nuisances, alors que des coûts élevés pour une installation peu performante ne seraient pas socialement acceptables.

4.4 Cartographie et sélection des variables

Cette section est l'aboutissement du travail de recherche qui a mené à la sélection des variables d'acceptabilité sociale, pour lesquelles le projet fournit des pistes d'intégration au logiciel d'optimisation sous contraintes MaRCOT (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel). La sélection des variables est une étape

importante du projet de recherche qui vise à répondre à la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ».

Les résultats du travail de sélection sont présentés sous forme de cartographie (figure 4.8). L'axe horizontal représente le degré d'importance en termes d'acceptabilité sociale, c'est-à-dire l'influence de la variable sur l'acceptabilité sociale, de très faible à gauche à très élevée à droite. L'axe vertical représente la force du lien avec le choix technologique, de très faible en bas à très fort en haut. Les variables à prioriser pour le présent projet de recherche se trouvent dans le quadrant du haut à droite, étant donné que nous cherchons à fournir des modalités d'intégration de variables qui ont une grande influence sur l'acceptabilité sociale et qui sont fortement liées au choix technologique. La capacité d'intégrer une variable ou non à MaRCOT et les méthodes à employer sont abordées à la section 4.5 (Les variables retenues) et aux sous-sections dédiées à chacune des variables retenues pour le projet.

L'importance des variables en terme d'acceptabilité sociale a été estimée en interprétant l'étude de Transfert Environnement (2010) (section 4.2, Hiérarchisation des variables) et en interprétant les résultats du groupe de discussion réalisé avec des experts de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion).

La force du lien existant entre les variables et le choix technologique a été estimée grâce aux résultats de l'activité réalisée avec des collègues de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale) et aux résultats du groupe de discussion réalisé avec des experts de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion).

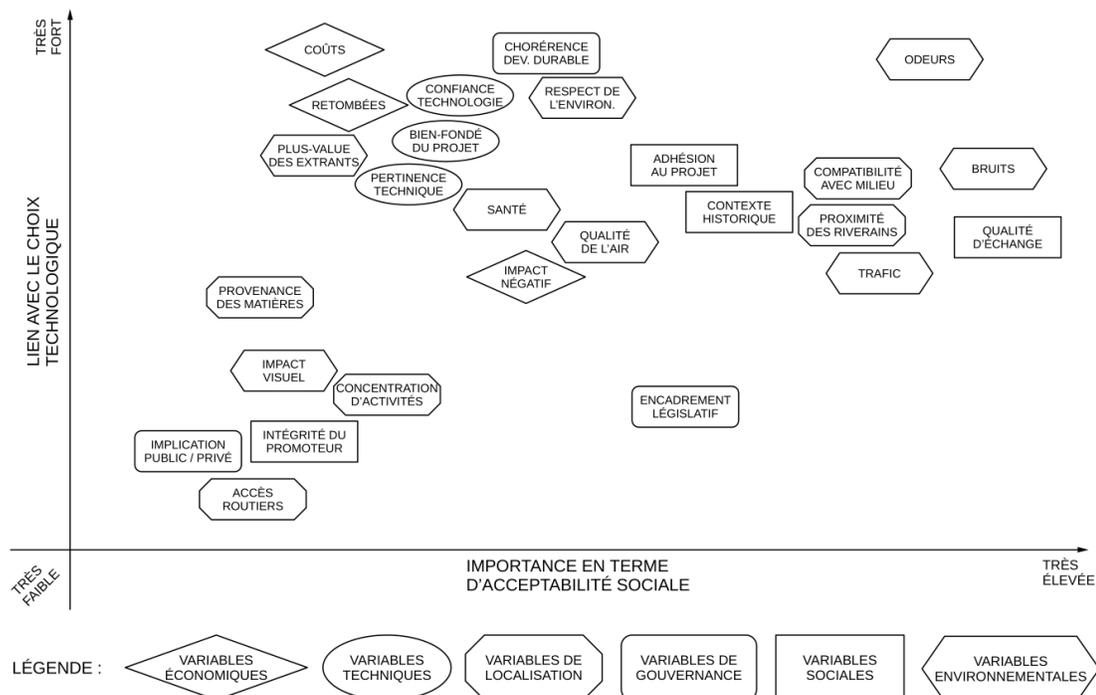


Figure 15 Cartographie des variables d'acceptabilité sociale par catégorie, en fonction de leur importance en termes d'acceptabilité sociale et de la force de leur lien avec le choix technologique.

La cartographie fait ressortir les variables suivantes comme celles ayant une forte influence et ayant un lien fort avec le choix technologique : bruits, odeurs, adhésion au projet, contexte historique, compatibilité avec le milieu, proximité avec les riverains, trafic, qualité d'échange, respect de l'environnement et cohérence avec le développement durable. Les variables retenues pour la suite du projet sont : bruits (section 4.5.1.1), odeurs (section 4.5.1.2), proximité avec les riverains (section 4.5.2.1) et contexte historique (section 4.5.2.2). L'adhésion au projet n'a pas été retenue car cette variable n'a pas fait l'objet d'échanges lors du groupe de discussion (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) et n'est ressortie que dans la cartographie. La compatibilité avec le milieu n'a pas été retenue car elle est une variable complexe qui a

de multiples dimensions (usage du territoire, intégration au paysage, nature du projet, etc.), dont la proximité des riverains, qui elle a été retenue. Le trafic (ou impact sur la circulation) n'a pas été retenu à cause de sa complexité, mais des pistes sont tout de même fournies à la section 4.6.1, Impact sur la circulation. La qualité du processus d'échange, bien qu'un facteur essentiel de l'acceptabilité sociale de tout projet, n'a pas été sélectionnée car le processus d'échange est un processus dynamique qui peut difficilement être cadré dans le présent projet de recherche (section 4.6.3, Qualité du processus d'échange). Le respect de l'environnement et la cohérence avec le développement durable sont des variables intéressantes qui gagneront probablement en importance dans les prochaines décennies (section 4.1, Résultats du groupe de discussion), mais leur influence actuelle sur l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles ne justifie pas leur sélection. Le choix de retenir des variables ou non est davantage développé dans les sections 4.5, Les variables retenues et 4.6, Les variables non retenues.

4.5 Les variables retenues

Cette section consiste en une description et une analyse des variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles retenues par ce projet et pour lesquelles des pistes d'intégration sont fournies pour une éventuelle intégration dans l'outil d'optimisation sous contraintes MaRCOT (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel). Les variables retenues ont été sélectionnées au travers d'un processus dont les étapes étaient : l'identification des variables (sections 3.3.2, L'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles, 3.3.3, Étude de Transfert Environnement (2010) et 4.1, L'acceptabilité sociale de la gestion des matières résiduelles Résultats du groupe de discussion); la hiérarchisation de leur importance dans le contexte de la gestion des matières résiduelles au Québec (section 4.2, Hiérarchisation des variables); l'évaluation de la force des relations qui les lie au

choix technologique (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale); et finalement la cartographie (section 4.4, Cartographie et sélection des variables) qui a fait ressortir les variables à prioriser pour le développement de pistes d'intégration à l'outil MaRCOT.

Ces étapes reflètent les critères de sélection adoptés dans le cadre de ce projet pour qu'une variable soit retenue. Ceux-ci sont les suivants : une variable doit avoir une influence importante sur l'acceptabilité sociale d'une installation de gestion des matières résiduelles; un lien d'une certaine force doit exister entre la variable et le choix technologique et; elle doit être intégrable à l'outil, idéalement en étant mesurable ou quantifiable, ou bien en étant intégrable de manière plus qualitative. Comme le volet social de MaRCOT vise à fournir des solutions technologiques qui éviteront des écueils d'acceptabilité sociale une fois les installations en opération, les variables retenues devraient être factuellement influencées par le choix technologique, c'est-à-dire que, dans le cas d'une nuisance, celle-ci devrait être réellement attribuable à l'installation. Nous ne considérons donc pas les problèmes d'acceptabilité sociale causés par des nuisances provenant d'une autre source et qui sont faussement attribuées à l'installation visée, et nous ne considérons pas non plus les nuisances anticipées avant que l'installation ne soit opérationnelle.

Le travail d'analyse en profondeur des variables retenues est une étape importante dans le cheminement qui a permis de développer les pistes d'intégration (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel). Le but de ce cheminement est de répondre à la principale question de recherche : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». La présente section vise également à répondre à la

troisième sous-question de recherche : « Ces variables peuvent-elles être intégrées au logiciel? ».

Les variables d'acceptabilité sociale ont été développées et paramétrées dans cette section en réalisant une revue de littérature sommaire pour chacune, permettant de bien comprendre les principaux éléments qui composent ces variables, quels éléments ont une influence sur l'acceptabilité sociale et comment ceux-ci affectent l'acceptabilité sociale, en plus d'identifier les principales méthodes de mesure ou de quantification des variables.

Étant donné que le projet de recherche est une exploration de pistes d'intégration de variables sociales à un d'outil d'aide à la décision et ne vise pas à mesurer l'acceptabilité sociale d'installations, nous avons fait le choix de focaliser la recherche sur deux des principales variables d'acceptabilité sociale qui sont ressorties dans le cadran en haut à droite de la cartographie (figure 4.8 de la section 4.4, Cartographie et sélection des variables), en plus de deux variables servant à leur contextualisation. Les deux principales variables sélectionnées nous semblent avoir un haut potentiel d'intégration à l'outil MaRCOT, il s'agit des bruits et des odeurs. Ces deux variables, qui sont des nuisances, sont ressorties comme étant deux des trois variables influençant le plus l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles (section 4.2, Hiérarchisation des variables) lors de la revue de littérature (section 3.3, MaRCOT et l'acceptabilité sociale : minimiser le risque de plaintes) et du groupe de discussion (section 4.1, Résultats du groupe de discussion). La troisième est la qualité du processus d'échange, que nous avons choisi de ne pas sélectionner à cause de son lien ténu avec le choix technologique et parce que cette variable est un processus dynamique qui peut difficilement être cadré dans ce projet de recherche (section 4.6.3, Qualité du processus d'échange).

En plus des bruits et des odeurs, nous avons inclus deux variables qui permettent de contextualiser les bruits et les odeurs. La revue de littérature et plus particulièrement le

groupe de discussion (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) ont souligné l'importance du contexte en gestion des matières résiduelles. En effet, il nous semble impossible de faire un choix technologique sans informations contextuelles car, par exemple, des nuisances générées loin de zones habitées n'ont pas le même impact sur l'acceptabilité sociale d'une installation que si ces mêmes nuisances sont générées dans un milieu densément peuplé. Ces variables de contextualisation, qui se retrouvent dans le cadran en haut à droite de la cartographie (section 4.4, Cartographie et sélection des variables), sont les suivantes : la distance séparant les zones habitées riveraines de l'installation (et la densité de population) et le contexte historique.

Finalement, le fait qu'une variable ne soit pas retenue ne signifie aucunement qu'elle n'est pas importante. Des variables telles que celles découlant de la qualité du processus d'échange avec le public sont des incontournables de l'acceptabilité sociale des projets et sont au cœur même de la dimension de l'acceptabilité sociale qu'est le processus de co-création dynamique de projets (section 4.6, Les variables non retenues).

4.5.1 Variables environnementales : Les nuisances

Tel que vu dans la hiérarchisation des variables (section 4.2, Hiérarchisation des variables), les variables environnementales ont été identifiées par Transfert Environnement (2010) comme étant la catégorie ayant le plus d'influence sur l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles. Parmi les 13 cas étudiés sur le territoire de la Communauté Métropolitaine de Montréal dont 7 étaient des cas de gestion des matières résiduelles, plus du tiers des interventions recensées concernaient les variables environnementales, plaçant cette catégorie au premier rang en termes d'importance, loin devant les variables sociales au second rang.

Parmi les variables environnementales, Transfert Environnement (2010) a déterminé que les nuisances sont les variables ayant le plus d'impact sur l'acceptabilité sociale d'un projet. La nuisance est le résultat de pollution environnementale et est un effet bien plus commun que les réactions à des agents pathogènes ou toxiques (Lindvall et Radford, 1973). On considère comme facteurs de nuisance les odeurs, les bruits et la circulation qui sont générés par les activités d'exploitation, ainsi que les impacts sur la qualité de l'air. Les partenaires municipaux de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR), au travers des échanges que nous avons eu avec eux lors du groupe de discussion (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) et à d'autres occasions, nous ont confirmé que selon leur expérience, les odeurs, les bruits et les impacts sur la circulation sont les variables qui préoccupent le plus les citoyens. On peut comprendre pourquoi les nuisances sont les variables qui influencent le plus l'acceptabilité sociale si l'on considère leur caractère et les effets qu'elles peuvent engendrer sur le bien-être des riverains, tel qu'illustré par la définition du Ministère des Affaires Municipales et de l'Habitation du Québec : « La première caractéristique d'une nuisance est d'entraîner de graves inconvénients ou de porter atteinte soit à la santé publique, soit au bien-être d'une partie ou de toute la collectivité. Le terme « nuisance » peut englober toute une gamme de situations : odeurs, bruits, poussières, émanations, etc. » (MAMH, s. d.). Sur le plan légal, il est important de souligner que bien que certaines nuisances soient réglementées par la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LRQ, chap. Q-2), la *Loi sur les compétences municipales* (LRQ, chap. C47-1) délègue la responsabilité de la réglementation des nuisances aux municipalités par les articles 4, 6 et 59, en plus de l'article 19 qui donne le droit aux municipalités d'adopter des règlements en matière d'environnement (MJQ).

Les participants du groupe de discussion ont également identifié les nuisances comme étant parmi les principales variables influençant l'acceptabilité sociale d'une installation de gestion des matières résiduelles (section 4.1, Résultats du groupe de discussion). Ils ont décrit les nuisances comme « ce qui est perceptible », c'est-à-dire le

bruit, les odeurs, la circulation, la poussière et l'impact visuel. Ils ont également souligné que l'ordre d'importance de ces nuisances varie en fonction du type de matière traitée, donc en fonction de la technologie employée, ce qui a été confirmé par les résultats de l'activité visant à évaluer le lien entre le choix technologique et les variables (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale). Comme l'illustre la figure 4.8, l'influence qu'ont les odeurs sur l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles varie très fortement en fonction du choix technologique. C'est pourquoi dans les cas des matières recyclables et des centres de tri de ces matières qui génèrent peu d'odeurs, la principale préoccupation est le bruit, alors que les odeurs sont la principale préoccupation dans le cas du traitement des matières organiques, qui elles ont le potentiel de générer des épisodes d'odeurs.

Le lien existant entre la technologie employée et les nuisances générées, ainsi que l'influence de celles-ci sur l'acceptabilité sociale d'une installation valide notre choix de concentrer nos efforts sur l'intégration des nuisances dans l'outil d'optimisation sous contraintes MaRCOT. Le bruit et les odeurs sont ainsi les deux variables clefs qui ont été retenues pour le développement de pistes d'intégration.

4.5.1.1 Bruits

Cette section présente une revue de littérature sur le bruit qui a les objectifs suivants : définir le bruit; examiner la problématique du bruit dans un contexte de gestion des matières résiduelles; explorer les méthodes de quantification et les enjeux liés au bruit; explorer le cadre réglementaire québécois et; faire ressortir les paramètres qui serviront à l'intégration du bruit dans MaRCOT.

Les effets du bruit sur la qualité de vie préoccupent l'humanité depuis l'antiquité et sont aujourd'hui étudiés entre autres par les psychologues, les médecins, les spécialistes

bébehavioristes, les statisticiens, les planificateurs urbains, les résidents, les ingénieurs et les physiciens, en faisant ainsi un sujet inter et multi-disciplinaire (Marquis-Favre *et al.*, 2005). Le bruit, à sa plus simple expression, est défini de la manière suivante : « Le bruit est une vibration de l'air qui se propage et provoque une variation de sa pression. Cette variation de pression en général infime vis-à-vis de la pression atmosphérique est appelée pression acoustique et c'est à elle qu'est sensible notre appareil auditif. » (Bastide, 1988). Les définitions du bruit et du bruit environnemental utilisées au Québec par le Gouvernement du Québec (Gouvernement du Québec, 2020), ses ministères et organismes tels que le Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) (MSSS, 2019) et l'Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ) sont les suivantes :

Le bruit est défini par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) comme étant tout son considéré comme indésirable. Ces sons indésirables peuvent être non souhaités, dérangeants, ou avoir une puissance suffisamment élevée susceptible de causer des effets néfastes sur la santé. (INSPQ, 2018)

et :

Le bruit environnemental fait référence à tout bruit, peu importe sa source, excluant les bruits en milieux de travail. Il inclut donc « [...] le bruit de la circulation routière, du transport ferroviaire et aérien, celui des industries, de la construction et des travaux publics ainsi que le bruit de voisinage [intérieur et extérieur] et d'activités culturelles ou de loisirs (terrains de jeux, discothèques, spectacles, chasse, motoneige, etc.) » (INSPQ, 2018)

Les instances officielles québécoises définissent donc le bruit comme une nuisance et non comme un simple phénomène physique. Le Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) fait d'ailleurs une distinction entre le bruit, une forme de pollution, et les sons, qui peuvent avoir un rôle positif en permettant notamment la communication (MSSS, 2019). Le développement industriel, des infrastructures de transport et des milieux urbains, a exacerbé cette conception négative de la dimension sonore de l'espace géographique, qui, grâce au développement de méthodes de mesure du bruit, a été réduit au paradigme normatif (Chételat, 2009; Marquis-Favre *et al.*, 2005; Roulier,

1999; WHO, 2011). En plus des désagréments qu'ils engendrent, les bruits peuvent avoir de nombreux impacts sur la santé et le bien-être humain (MSSS, 2019 ; WHO, 2011), en plus de pouvoir être interreliés (Marquis-Favre *et al.*, 2005).

La problématique des bruits serait le premier motif de plaintes en France (MTES, 2019), où plus de la moitié des répondants d'une étude portant sur la qualité de vie dans les agglomérations de 50 000 habitants s'est dite gênée par le bruit lorsqu'à la maison, principalement par les bruits causés par le transport. Ceci fait du bruit le premier facteur nuisant à la qualité de vie en France, devant les problèmes de pollution et d'insécurité (Martin-Houssart et Rizk, 2002). L'Enquête québécoise sur la santé de la population (EQSP) réalisée de mai 2014 à mai 2015 a révélé que durant cette période, 16,4% de la population du Québec et plus de 21% de la population de l'Île de Montréal a été fortement dérangée par au moins une source de bruit environnemental au domicile (INSPQ, 2019). La même étude révèle que les individus les plus socialement défavorisés sont plus souvent dérangés par le bruit que la moyenne de la population et que la population habitant le territoire des quatre réseaux locaux de service suivants est significativement plus touchée par le dérangement causé par le bruit que la moyenne québécoise : Faubourgs-Plateau-Mont-Royal-St-Louis-du-Parc; Hochelaga-Mercier-Ouest-Rosemont; Saint-Léonard-Saint-Michel; La-Petite-Patrie-Villeray (INSPQ, 2019). La proportion de la population résidant dans ces quatre réseaux locaux de service qui se trouve dans le quintile supérieur de défavorisation sociale dépasse largement la moyenne québécoise de 20%. Il s'agit des populations desservies par les centres locaux d'emplois suivants : Hochelaga-Maisonneuve (81,1%); Sainte-Marie-Centre-Sud (71,5%); Rosemont-Petite-Patrie (62,6%); Plateau-Mont-Royal (59,0%); Saint-Michel (28,7%) (ISQ, 2016). Le site doit donc être choisi en prenant soin de ne pas antagoniser des populations déjà plus exposées au bruit et défavorisées socialement que la moyenne. Selon Transfert Environnement (2010), le bruit est la variable environnementale d'acceptabilité sociale la plus importante et figure comme enjeux important dans 5 des 7 cas de gestion des matières résiduelles situés sur le territoire de la communauté

métropolitaine de Montréal. Le projet de centre de transbordement sous l'échangeur Turcot à Montréal a dû être abandonné en 2003 après trois ans de mobilisation citoyenne. L'un des principaux facteurs à la source de l'opposition citoyenne était la crainte d'une diminution de la qualité de vie qui serait subie par les riverains, notamment à cause des bruits. L'écocentre l'Acadie a également soulevé des craintes chez les citoyens quant à une diminution de leur qualité de vie causée par les bruits lorsqu'il était à la phase de projet, mais il ne semble pas faire face à d'importants problèmes d'acceptabilité sociale depuis son ouverture en 1998. Ce constat supporte l'hypothèse avancée précédemment (section 3.3.1, Positionnement du projet) comme quoi les enjeux d'acceptabilité sociale pour un projet d'installation de gestion des matières résiduelles (nuisances anticipées) ne sont pas les mêmes que pour une installation en phase d'opération (nuisances ressenties). L'impact du bruit sur la qualité de vie est également évoqué pour la centrale de valorisation du biogaz du Complexe environnemental Saint-Michel à Montréal et pour le projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement technique de Terrebonne. Un facteur aggravant pour les installations de gestion des matières résiduelles est la nature de la source du bruit, car l'attitude face à cette source a un impact sur le désagrément exprimé. Selon Berglund *et al.* (1994), l'exposition au bruit peut être la cause de plus de 85% des variations de désagréments exprimés au sein d'une communauté, mais ne compterait que pour 20% des variations de réactions individuelles, qui seraient en réalité causées par les attitudes face aux sources de bruits et à la sensibilité au bruit. Le fait qu'un bruit provienne d'une source indésirable telle une usine de traitement ou un camion de transport, pourrait donc être suffisant pour causer un désagrément et nuire à la qualité de vie, indépendamment de la fréquence et de l'intensité.

Il existe de nombreuses méthodes physiques et indices psychoacoustiques servant à évaluer le niveau des bruits, ce qui peut rendre difficile la comparaison des résultats de différentes études (Marquis-Favre *et al.*, 2005). La méthode physique la mieux connue est la mesure instantanée de la pression acoustique L_A à pondération A exprimée en

décibels dBA (Bastide, 1988; Marquis-Favre *et al.*, 2005; OTC, 2011). Cette pondération tient son origine des travaux de Fletcher et Munson (1933), qui ont développé la « equal loudness curve » en caractérisant la sensibilité de l'oreille humaine en fonction de la fréquence (figure 4.9). En effet, l'intensité ou le volume perçu par l'humain varie en fonction de la fréquence, tout comme la sensibilité au changement d'intensité. Cette non-linéarité a pour effet qu'une hausse de pression sonore dans les basses fréquences est perçue comme étant plus importante qu'une hausse égale dans les moyennes fréquences (Berglund et Lindvall, 1995).

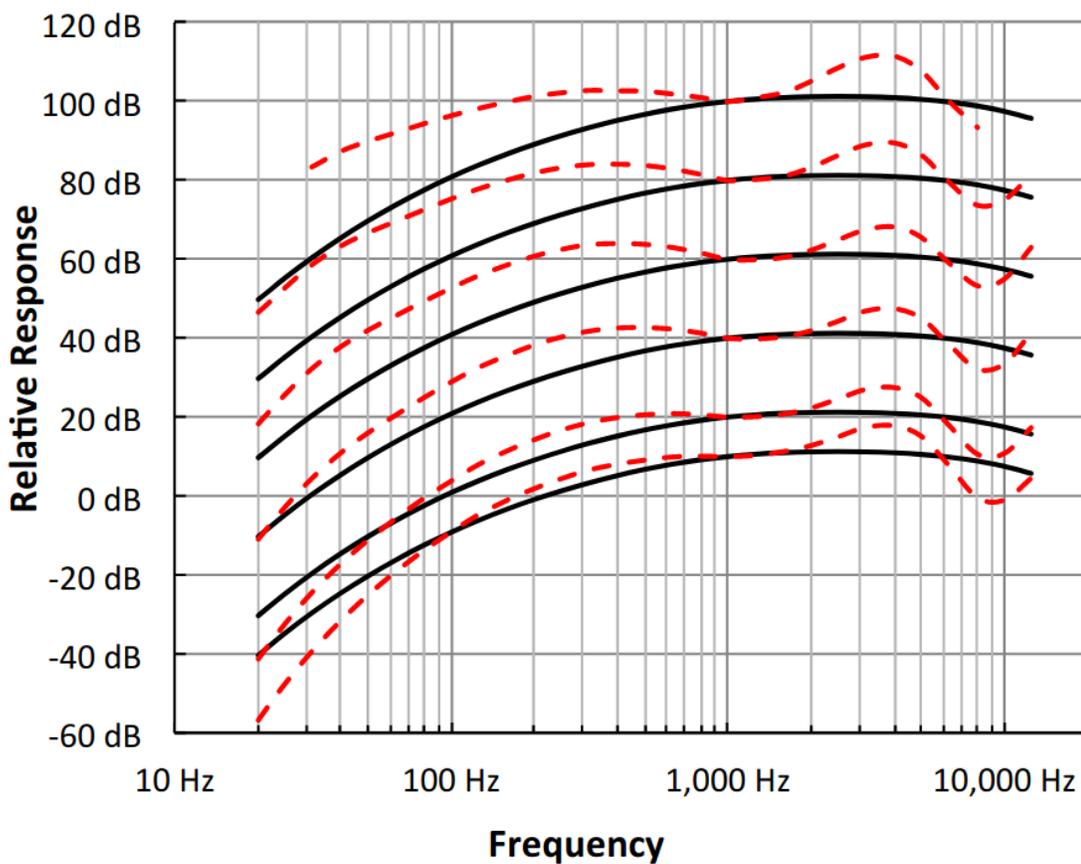


Figure 16 Illustration des différences entre les courbes dBA (en noir) et les « equal loudness curves » révisées d'ISO 226-2003 (en rouge). Tiré de McMinn (2003).

La pondération A a donc été développée afin fournir une métrique qui tient compte de cette particularité de l'ouïe. Comme le décibel (dB) est une unité de mesure à échelle logarithmique, il ne varie pas de la même manière que le niveau d'énergie sonore, qui lui est linéaire. La méthode d'évaluation du bruit la plus utilisée dans un cadre réglementaire et par les études portant sur le bruit en tant que nuisance est basée sur l'énergie sonore et consiste à mesurer le niveau sonore moyen sur une période déterminée. Il s'agit de la méthode L_{eq} ou L_{Aeq} lorsqu'elle emploie la pondération A et est aussi exprimée en dBA (Bastide, 1988; Marquis-Favre *et al.*, 2005; MSSS, 2019; OTC, 2011). Les arrondissements de la Ville de Montréal utilisent la méthode L_{Aeq} pour leur réglementation (Arrondissement du Sud-Ouest, 2018) et le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec utilise la méthode L_{Aeq} à laquelle ont été ajoutés des termes correctifs pour les bruits d'impact, le bruit à caractère tonal et pour les situations spéciales, appelée niveau acoustique d'évaluation et notée L_{Ar} (MDDEP, 2006).

L'intérêt de chercheurs en psychologie sur les effets des bruits sur l'humain a permis de développer des indices psychoacoustiques, notamment l'échelle de sonie ou de bruyance (« loudness scale » en anglais). Ces indices psychoacoustiques sont plus aptes à évaluer les nuisances causées par le bruit que les méthodes physiques (Marquis-Favre *et al.*, 2005). L'échelle de sonie a été développée entre autres grâce aux travaux de Stevens (1936) et de Churcher (1935). La sonie ou bruyance est définie comme « un terme psychologique utilisé pour décrire la magnitude d'une sensation auditive » (Fletcher et Munson, 1933), soit une sensation et non une quantité physique (Churcher, 1935), ce qui rend l'échelle de sonie mieux adaptée à l'étude de la gêne causée par le bruit, phénomène résultant aussi d'une sensation, que l'échelle de décibels généralement employée pour la réglementation (Robinson, 1957). L'échelle de sonie devrait ultimement permettre de répondre à la question « comment les gens décrivent-ils les sons quand on leur demande d'utiliser un langage numérique au lieu d'adjectifs? » (Stevens, 1955). Ces travaux ainsi que la mise à jour de la « equal

loudness curve » font dire aux experts d'aujourd'hui qu'une révision de la pondération A serait nécessaire afin qu'elle représente mieux l'ouïe humaine (Berglund et Lindvall, 1995 ; Charbonneau *et al.*, 2012 ; McMinn, 2013 ; St. Pierre et Maguire, 2004). En effet, l'équipement employé par Fletcher et Munson (1933) pour développer la « equal loudness curve » à l'origine de la pondération A il y a près de 90 ans aurait eu des capacités limitées, ce qui aurait introduit des erreurs dans la courbe (Charbonneau *et al.*, 2012). Des nouvelles courbes ont depuis été développées avec des équipements modernes, dont la courbe ISO 226.

La pondération A de 1936, lorsque employée à des fins de réglementation et d'évaluation des nuisances, aurait de nombreux inconvénients, dont le principal est de sous-estimer l'importance des basses fréquences (voir figures 4.10 et 4.9) (Berglund et Lindvall, 1995 ; Charbonneau *et al.*, 2012 ; McMinn, 2013 ; St. Pierre et Maguire, 2004). Les lacunes de la mesure en décibels à pondération A (dBA) au niveau des basses fréquences sont exacerbées dans un contexte de gestion des matières résiduelles pour deux raisons. Premièrement, la machinerie industrielle et la circulation de camions sont d'importantes sources de basses fréquences et deuxièmement, les basses fréquences ont la propriété de se propager avec aisance et d'être difficiles à atténuer (Berglund *et al.*, 1996). Ainsi, le désagrément exprimé pour des bruits à basses fréquences est parfois plus élevé que pour des bruits à d'autres fréquences et de pressions sonores égales à la source (Berglund *et al.*, 1996). De plus, la pondération A a été développée à partir de l'évaluation de sons purs alors qu'elle est principalement utilisée pour évaluer des sons complexes et les sons aléatoires sont généralement perçus comme étant plus forts que les sons purs (McMinn, 2013). Pour ces raisons, la pondération A n'est pas tout à fait adéquate pour évaluer les nuisances causées par le bruit (McMinn, 2013), mais dans l'attente qu'une meilleure méthode soit développée et adoptée, nous devons composer avec la pondération A vu sa popularité. Considérant les limites inhérentes de la mesure en décibels à pondération A (dBA), particulièrement au niveau des basses fréquences,

il est important d'accorder une importance accrue aux basses fréquences qui pourraient être émises par l'installation et par la circulation routière associée.

Dans ses documents détaillant les lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation et de compostage, le *Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques* (MDDELCC) exige que le niveau acoustique imputable aux activités de compostage ou de biométhanisation « soit inférieur, en tout temps, pour tout intervalle d'une heure continue et en tout point d'évaluation du bruit, au plus élevé des niveaux sonores » que sont le niveau de bruit résidentiel (bruit qui perdure lors de l'arrêt des activités visées) ou le niveau maximal permis selon le zonage et la période de la journée (MDDELCC, 2018a, 2018b). Les niveaux sonores permis selon le zonage sont déterminés par les règlements municipaux ou par les lignes directrices lorsque les limites de ces dernières sont plus sévères que la réglementation municipale ou qu'il n'y a pas de réglementation municipale les spécifiant. Ces limites sont de 45 dBA le jour et 40 dBA la nuit pour les zones destinées aux habitations unifamiliales, établissements d'enseignement ou de santé et 50 dBA le jour et 45 dBA la nuit pour les zones destinées aux habitations en unités de logements multiples et à des institutions. Ces niveaux sont tirés de la note d'instruction 98-01 sur le bruit (MDDEP, 2006), qui a comme référence légale la *Loi sur la Qualité de l'Environnement* (LRQ, chap. Q-2) et :

fixe les méthodes et les critères qui permettent de juger de l'acceptabilité des émissions sonores, de s'assurer du respect du deuxième alinéa de l'article 20 de la Loi et de baliser des interventions et les actions du ministère notamment en vue de la délivrance de documents officiels.

La note d'instruction 98-01 s'applique aux sources fixes (industrie, manufacture, lieu d'enfouissement, entreprise exploitant un procédé, etc.). Les mesures des niveaux acoustiques doivent être effectuées aux points sensibles, correspondant généralement aux points d'où sont formulés les plaintes et peuvent être une habitation, une institution, un terrain de camping ou un lieu récréatif (MDDEP, 2006). Comme le niveau sonore

légalement permis dans une zone habitée le plus élevé est de 50 dBA, ce qui correspond au bruit généré par une machine à laver ou par de la pluie modérée, le seuil légalement acceptable est relativement faible.

La revue de littérature sur le bruit et sur son caractère nuisible présentée ci-dessus a permis de mieux définir cette variable et ses méthodes de quantification en complétant les résultats obtenus dans les sections précédentes (sections 3.3.3, Étude de Transfert Environnement (2010), 4.1, Résultats du groupe de discussion et 4.2, Hiérarchisation des variables). Il est essentiel d'intégrer la variable du bruit dans le logiciel MaRCOT afin d'atteindre un des objectifs du projet MaRCOT, qui est de générer des solutions qui permettront de réduire le risque de plaintes en intégrant des variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles. En effet, le bruit est la principale source de plaintes et dérange fortement une part importante de la population, particulièrement dans les milieux urbains comme Montréal. Les populations qui subissent le plus de nuisances sonores sont également les plus socialement défavorisées. Il est donc important d'intégrer à MaRCOT une manière contextualiser le bruit en tenant compte des autres sources de bruits et de l'indice de défavorisation sociale.

Ensuite, le bruit peut aisément être physiquement mesuré avec un appareil portable (sonomètre) et donc quantifié. MaRCOT peut employer la méthode de mesure de l'énergie sonore moyenne L_{Aeq} à pondération A, qui est la méthode la plus utilisée en réglementation. Cette méthode a cependant des lacunes, notamment au niveau des basses fréquences, ce pourquoi il est nécessaire d'ajouter un paramètre sur ces fréquences lors de l'intégration des bruits dans MaRCOT. À la lumière de la recherche effectuée sur les odeurs (section 4.5.1.2, Odeurs), il sera également nécessaire d'intégrer un modèle de dispersion des bruits, qui permettra d'estimer les niveaux sonores qui pourraient être observés aux distances où se situeraient les populations riveraines.

La réglementation sur les bruits est généralement bien définie et des contraintes ou seuils à ne pas dépasser équivalents à la réglementation doivent être implémentés. L'algorithme d'optimisation sous contraintes de MaRCOT pourra ainsi générer des solutions qui minimiseront les bruits à l'intérieur des contraintes réglementaires.

Finalement, la réponse à la troisième sous-question de recherche « Ces variables peuvent-elles être intégrées au logiciel? » est « oui » pour les bruits et un schéma d'intégration (figure 6.2) est proposé à la section Chapitre 6 (Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel).

4.5.1.2 Odeurs

Cette section présente une revue de littérature sur les odeurs qui a les objectifs suivants : définir les odeurs; examiner la problématique des odeurs dans un contexte de gestion des matières résiduelles; explorer quelles sont les sources d'odeurs (types de matières, technologies, etc.); examiner les méthodes de quantification et les enjeux liés aux odeurs; explorer le cadre réglementaire québécois et; faire ressortir les paramètres qui serviront à l'intégration des odeurs dans MaRCOT.

Le terme « odeur » est défini comme « une molécule qui peut être perçue par un être humain ou un animal et qui peut générer des effets variés (agréables, désagréables ou indifférents) » [traduction libre] (Marchand *et al.*, 2013). Les odeurs sont la principale source de plaintes concernant les enjeux environnementaux (Hayes *et al.*, 2014), la seconde après le bruit en France (MTES, 2019) et sont un enjeu incontournable de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles (Littarru, 2007). Les citoyens tolèrent en effet rarement les odeurs provenant d'activités industrielles (Sironi *et al.*, 2007), au point où elles sont à l'origine de mobilisation citoyenne lorsqu'elles sont récurrentes et que les mesures d'atténuation sont inefficaces

(Transfert Environnement, 2010). Elles figurent parmi les problématiques rencontrées par un nombre important de projets analysés dans les études de cas de Transfert Environnement (2010), soit 4 des 7 cas de gestion des matières résiduelles étudiés sur le territoire de la Communauté Métropolitaine de Montréal. L'usine de tri-compostage de Sorel-Tracy a dû composer avec ce problème, qui était à l'origine de 20% des plaintes citoyennes enregistrées du début des opérations en 1993, jusqu'à la fermeture en 2008. Le site de compostage de Ferti-Val ouvert en 1993 à Bromptonville a lui aussi été la cause de problématiques d'odeurs récurrentes, de 1995 jusqu'à sa fermeture en 2008. Lors du BAPE portant sur l'agrandissement du lieu d'enfouissement technique de UTF-BFI à Terrebonne en 2008, un nombre important des interventions portaient sur la persistance d'odeurs. L'usine de méthanisation d'Amétyst à Montpellier (France) a elle aussi eu des problèmes d'odeurs dès le début de ses activités en 2008, peu avant l'étude de Transfert Environnement (2010). Une dizaine d'années plus tard, elle peine toujours à contrôler cette nuisance, ce qui suscite la grogne de la population locale (Ciavatti, 2019 ; Lelong, 2017). La crainte des odeurs est également évoquée par les citoyens en amont des projets, notamment celui de Matrec sous l'échangeur Turcot à Montréal qui a dû être abandonné en 2003 suite aux pressions populaires (pas seulement causées par la crainte des odeurs), celui de l'écocentre l'Acadie (Montréal) inauguré en 1998, celui de la centrale au biogaz Gazmont (Montréal) opérationnelle depuis 1996 (Transfert Environnement, 2010). Plus récemment, le projet de centre de compostage sur le site du Complexe environnemental Saint-Michel abandonné en 2013 (Radio-Canada, 2013b) a soulevé une vive opposition de la part des citoyens, notamment à cause des odeurs qui auraient pu être émises (Beaudin, 2012 ; Corriveau, 2012 ; Radio-Canada, 2011, 2013a). Dans le cas du traitement des matières organiques, la crainte du risque d'odeur est la principale variable d'acceptabilité sociale pour l'implantation de nouveaux projets, même dans les cas où une technologie en bâtiment fermé avec traitement de l'air est proposée (RECYC-QUÉBEC, 2018). Les odeurs doivent donc être intégrées en amont dans les prises de décision de la gestion des matières résiduelles,

au même titre que les impacts environnementaux conventionnels (Marchand *et al.*, 2013).

Dans le contexte de la gestion des matières résiduelles organiques, deux procédés de dégradation de la matière organique sont sources d'odeurs, soit le procédé aérobie et le procédé ou digestion anaérobie (Marchand *et al.*, 2013). Le procédé aérobie (avec oxygène) est employé pour produire du compost (centres ou plateformes de compostage) et la digestion anaérobie (sans oxygène) est employée pour produire du biogaz (centres de biométhanisation) (RECYC-QUÉBEC, 2008a, 2008b). Comme les nuisances olfactives sont souvent liées au compostage et que les odeurs émises varient selon le type de matière organique traité et selon les paramètres techniques du procédé choisi (Marchand *et al.*, 2013 ; Toledo *et al.*, 2018), il existe un lien clair entre le choix technologique et cette variable de l'acceptabilité sociale. Dans le cas des lieux d'enfouissement techniques (LET), le biogaz est la principale source d'odeurs (59%), suivi des déchets frais (48%) (Senante *et al.*, 2003 dans RECORD, 2006). De plus, selon les participants du groupe de discussion, les matières recyclables et les centres de tri de ces matières échappent aux problématiques d'odeurs (section 4.1, Résultats du groupe de discussion). Le type de matière traitée, les types d'installations, les technologies de traitement et les méthodes de rétention et de traitement des biogaz sont tous des facteurs qui ont un grand impact sur les émanations d'odeurs nauséabondes. « Les odeurs » est donc belle et bien une réponse à la deuxième sous-question de recherche : « Parmi ces variables, lesquelles sont intimement liées aux différentes technologies de gestion des matières résiduelles? ».

Comme une odeur devient une nuisance lorsque son intensité dépasse un seuil de tolérance (Nicell, 1994), c'est ce dernier qu'il est important de comprendre afin de transformer cette variable de l'acceptabilité sociale en contrainte intégrable à l'outil MaRCOT. Le « Odour Impact Model » ou Modèle d'Impact d'Odeur a été développé par Poostchi (1985) pour évaluer l'ampleur des désagréments causés par des odeurs au

sein d'une communauté, donc les risques que des plaintes soient logées, et ainsi contribuer à la création de meilleurs outils de régulation des odeurs. Le modèle a été développé en utilisant l'olfactométrie dynamique. Cette méthode impliquant la participation de panélistes a permis de déterminer, en fonction du niveau de dilution de certaines odeurs, les seuils de détection et de discrimination des odeurs, le degré de désagrément et le seuil à partir duquel les panélistes formuleraient une plainte s'ils étaient exposés à une odeur pour une période de huit heures (Nicell, 1994). Le niveau de désagrément d'une odeur est évalué en fonction de l'échelle suivante : 0 à 1 = tolérable; 2 à 4 = désagréable; 4 à 6 = très désagréable; 6 à 8 = terrible; 8 à 10 = insupportable (Poostchi, 1985).

DD = Degré de désagrément
 PP = Probabilité de plainte
 DM_{100} = Nombre maximal de dilutions de l'échantillon d'odeur pour une probabilité de plainte de 100%
 DD_{100} = Degré de désagrément correspondant au niveau de dilution DM_{100}

PDn = Probabilité de discrimination
 PD = Probabilité de détection

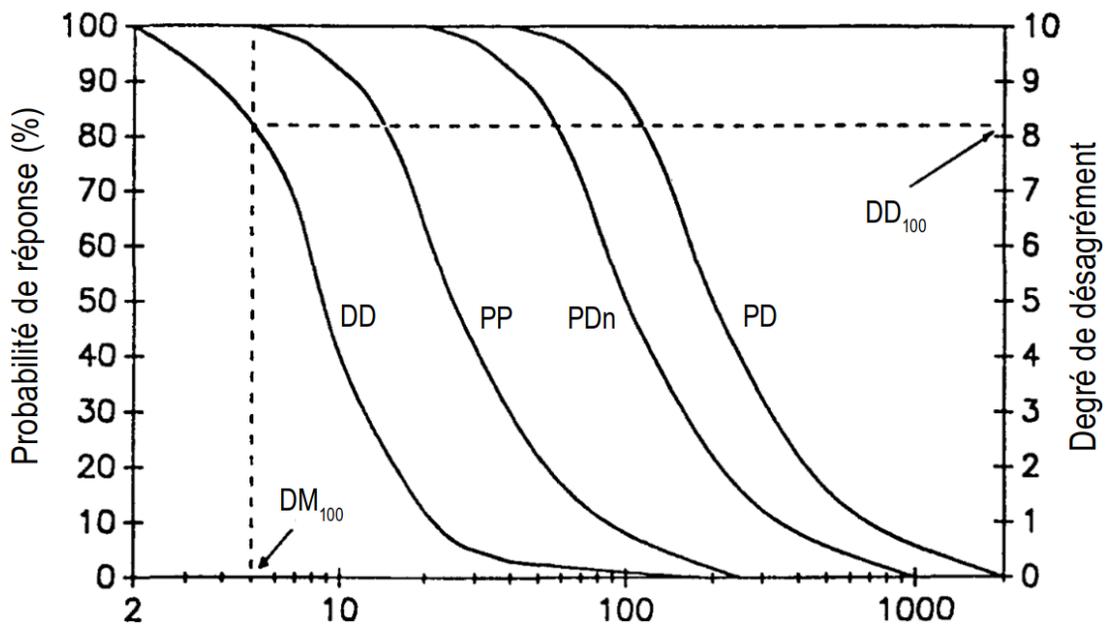


Figure 17 Modèle d'impact d'odeur. Adapté de Nicell (1994).

Le modèle peut être utilisé pour déterminer à quel point une odeur peut être « mauvaise », son degré d'offensivité (DO), en fonction de son intensité et de son caractère hédonique (Poostchi, 1985). Le nombre de dilutions correspondant au point où tous les panélistes logeraient une plainte permet d'évaluer l'intensité inhérente d'une odeur (DM_{100}).

Le Modèle d'Impact D'odeur a été testé par Nicell (1986) avec les six composés chimiques de référence suivants : acétate; glycol; hexanone; isobutanol; butanol; octane. Bien que les seuils soient à des concentrations différentes pour chacun des composés, les seuils de discrimination sont à des concentrations environ deux fois plus élevées que les seuils de détection et surtout, la courbe de probabilité de plainte suit de près la courbe de probabilité de discrimination. Ces résultats suggèrent qu'une plainte serait formulée à partir du moment où une odeur serait reconnue. Nicell (1994) argumente qu'étant donné que la probabilité de discrimination et la probabilité de plainte sont généralement identiques et que la définition de la plainte est arbitraire, la courbe de probabilité de plainte peut être éliminée et remplacée par la courbe de probabilité de discrimination. Both *et al.* (2004) avancent également qu'une odeur est nuisible à partir du moment où elle est reconnue et que son intensité, au-delà du seuil de discrimination, n'a que peu d'impact sur le degré de nuisance. Un aspect dont ne tient pas compte le modèle d'impact d'odeur est la temporalité. On peut aborder cet aspect en considérant la fréquence des odeurs, exprimée en *heures d'odeurs par année*, telle qu'employée pour établir la réglementation allemande. Ce paramètre suffirait à lui seul à prédire la nuisance causée par les odeurs selon Both *et al.* (2004).

Les méthodes les plus utilisées pour mesurer l'intensité des odeurs environnementales sont basées sur l'emploi de panélistes. Ceux-ci ont pour tâche d'évaluer les unités d'odeur (UO) d'échantillons d'odeur, calculées en unités d'odeur européennes par mètre carrés (UO_E/m^3). L'intensité d'une odeur en UO est déterminée en fonction du nombre de dilutions de l'échantillon qui doivent être effectuées pour que l'odeur soit

détectée ou correctement identifiée par la moitié des panélistes, en comparaison d'un échantillon de référence, le plus souvent composé de butanol (Anastasakis *et al.*, 2010 ; Hayes *et al.*, 2014). Les odeurs sont détectées à 1 UO_E/m³ (seuil de détection) et reconnues entre 2 et 4 UO_E/m³ (seuil de discrimination) (Anastasakis *et al.*, 2010 ; Baltrenas *et al.*, 2015 ; Bian et Suffet, 2019). Elles sont jugées comme étant faibles à 5 UO_E/m³ et fortes à 10 UO_E/m³ (Baltrenas *et al.*, 2015). La figure 4.11 illustre la relation entre la concentration des composés odorants, l'intensité de l'odeur et les seuils (Bian et Suffet, 2019).

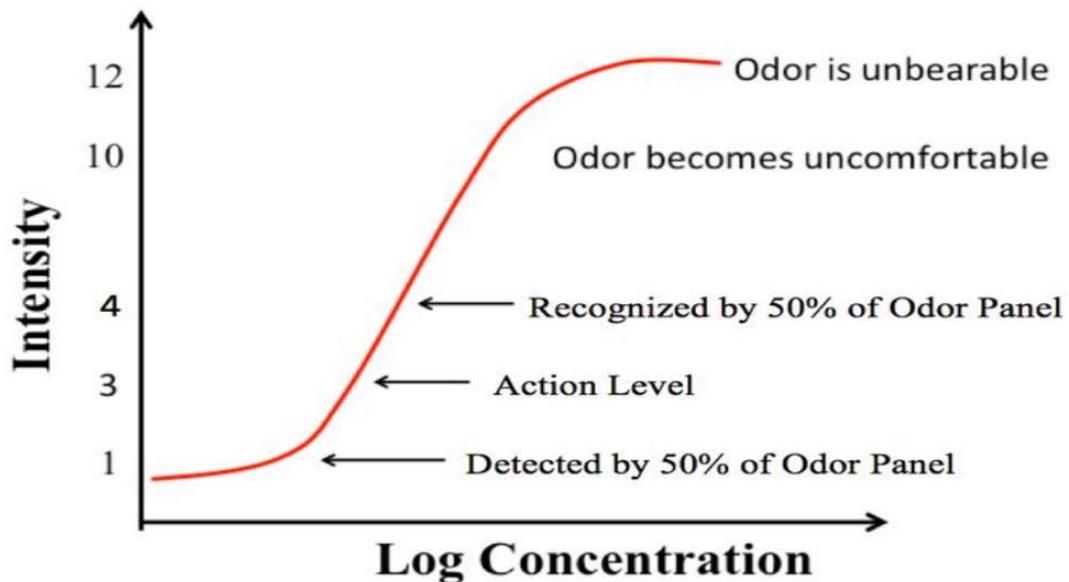


Figure 18 Courbe Weber-Fechner illustrant la relation entre l'intensité, la concentration et les seuils. Tiré de Bian et Suffet (2019).

L'intensité d'une odeur dépend de la concentration du composé odorant dans l'air et du composé lui-même (McGinley et McGinley, 2000 ; Stevens, 1962). En ce qui a trait à la gestion des matières résiduelles, de nombreux composés y sont associées,

principalement des gaz sulfurés, des gaz azotés et des composés organiques volatiles (Parker *et al.*, 2002). Un composé odorant à considérer de manière prioritaire est le sulfure d'hydrogène (H_2S), étant donné que 98% des variations d'odeur dans une usine de traitement des matières organiques sont attribuables à sa présence et à celle de composés organiques volatiles (Colón *et al.*, 2017). Le sulfure d'hydrogène est également le principal composé à la source des odeurs émanant de lieux d'enfouissement techniques (Cai *et al.*, 2015). Nagata (1990) rapporte un seuil de détection de 0,00041 ppm, Leonardos *et al.* (1969) rapportent un seuil de discrimination de 0,00047 ppm et Ruth (1986) au travers d'une revue de littérature rapporte un seuil de détection minimum de 0,0005 ppm. En principe, le seuil de discrimination devrait se trouver à une concentration environ deux fois plus élevée que le seuil de détection, mais le faible écart entre les seuils rapportés par les deux études peut être attribuable aux différentes méthodologies et aux différents panélistes. Les deux seuils sont toutefois cohérents et nous utiliserons le seuil de discrimination de 0,0005 ppm pour les fins du projet de recherche. Une concentration de 0,0005 ppm de H_2S équivaut à 0,7 $\mu g/m^3$ (Parker *et al.*, 2002). Un autre composé odorant à considérer est l'ammoniac (NH_3), qui est l'un des deux principaux composés odorants (l'autre étant le H_2S) pouvant émaner de lieux d'enfouissement techniques (LET) (Ying *et al.*, 2012). L'intégration de la variable des odeurs dans MaRCOT devrait donc prioriser le sulfure d'hydrogène, qui a une odeur d'œufs pourris (Parker *et al.*, 2002), ce qui concorderait également avec la littérature scientifique (Cai *et al.*, 2015). Certains chercheurs considèrent quant à eux que les composés organiques volatiles sont les principaux éléments responsables des odeurs émanant de la gestion des matières résiduelles (RECORD, 2006). Il existe cependant des centaines de types de composés organiques volatiles et les intégrer à MaRCOT pourrait être très complexe. Dans l'éventualité où le choix du H_2S comme baromètre des odeurs ne satisferait pas les objectifs de MaRCOT, une attention particulière pourrait être apportée aux composés organiques volatiles et au NH_3 .

Il est ensuite nécessaire d'intégrer un modèle de diffusion des gaz étant donné que l'intensité d'une odeur dépend de la concentration du composé odorant, donc de la distance séparant la source d'émission et le point de mesure. De tels modèles sont employés dans de nombreuses études portant sur les odeurs (Badach *et al.*, 2018 ; Cai *et al.*, 2015 ; Capelli et Sironi, 2018 ; Chemel *et al.*, 2012 ; Henshaw *et al.*, 2006 ; Lucernoni *et al.*, 2017 ; Nicell et Henshaw, 2007 ; Palmiotto *et al.*, 2014 ; Piringer *et al.*, 2016 ; Ranzato *et al.*, 2012), généralement des modèles gaussiens tels que *AERMET*, *CALPUFF* et *ISC-PRIME* (US EPA, 2016a, 2016b). Un modèle simplifié ne tenant compte que du volume de gaz émis et des distances serait toutefois suffisant pour les besoins de MaRCOT. Comme choix de modèle simple, le MDDEP suggère l'emploi du modèle SCREEN3, qui génère par lui-même les données météorologiques nécessaires (MDDEP, 2005). L'intégration d'un tel modèle dépasse toutefois l'objectif du travail de recherche, qui est de fournir des pistes d'intégration des variables, qui pourront être intégrées à MaRCOT lors de futurs travaux.

Un fois le modèle de dispersion intégré, il sera possible de déterminer la distance (rayon) par rapport à la source d'émission (l'installation) à l'intérieur de laquelle le seuil de discrimination du H₂S sera atteint, en fonction de sa concentration dans les émissions de la source et du débit volumétrique. Toute population présente à l'intérieur de cette distance subirait des nuisances et serait ainsi susceptible de loger des plaintes, elle serait donc située dans ce que nous pourrions qualifier de « zone à risque ». Il a d'ailleurs été estimé que les impacts significatifs au niveau des odeurs générées par une plateforme de compostage sont à l'intérieur d'un rayon de 500m (Héroux *et al.*, 2004).

L'article 48 du *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles* (Q-2, r. 19) du Québec stipule que « l'exploitant d'un lieu d'enfouissement technique doit prendre les mesures nécessaires pour limiter l'émission d'odeurs qui causent des nuisances olfactives au-delà des limites du lieu [...] » (MJQ). L'article 138 du même règlement stipule quant à lui que toute opération de chargement et de déchargement

d'un centre de transfert des matières résiduelles doit s'effectuer à l'intérieur d'un bâtiment. Il est aussi exigé que lors de la cessation des activités de transbordement des matières résiduelles, aucune matière résiduelle ne soit laissée dans le bâtiment ou sur le terrain du centre de transbordement, à moins que le bâtiment soit muni d'un système de captage et de filtration de l'air qui empêche toute émission d'odeurs causant des nuisances (MJQ). Finalement l'article 20 de la *Loi sur la Qualité de l'Environnement* (MJQ) indique que nul ne peut rejeter « tout contaminant dont la présence dans l'environnement [...] est susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou confort de l'être humain [...] ». Le seuil dicté par la *Loi sur la Qualité de l'Environnement* et le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles* est donc qu'aucune nuisance causée par des odeurs est acceptable. Selon la réglementation, à partir de quelle concentration les odeurs causent-elles des nuisances et jusqu'à quelle concentration les odeurs ne causant pas de nuisances sont-elles acceptables? La réglementation ne définit pas le niveau de concentration d'odeurs acceptable, il s'agit d'un seuil flou, non chiffré et laissant place à l'interprétation. La réglementation provinciale est tout de même révélatrice au niveau de l'acceptabilité sociale, aucune nuisance olfactive n'est tolérable. Le règlement sur les rejets à l'atmosphère de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM) comporte lui aussi des volets sur les odeurs. On y définit le nombre d'unités d'odeurs : « nombre de dilutions, avec de l'air inodore, nécessaire pour obtenir un mélange au seuil de perception olfactive pour 50% d'un panel formé d'au moins quatre personnes flairant ce mélange » (CUM) et l'article 3.04 limite à l'aide d'une formule la quantité de polluants odorants pouvant être rejetés dans l'atmosphère par des cheminées. L'article 7.10 limite le nombre d'unités d'odeur mesurées hors des limites de la propriété où est située la source à 1 UO_E. Selon l'article 5.11, aucune odeur ne doit être perçue à l'extérieur d'un incinérateur et les déchets doivent être reçus et entreposés à l'intérieur dans des aires maintenues sous pression négative (CUM). Il en va de même pour l'incinération des boues de station d'épuration des eaux usées selon l'article 5.83

(CUM). Le *Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques* (MDDELCC), dans ses documents détaillant les lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation et de compostage (MDDELCC, 2018a, 2018b), impose un cadre pour la gestion des odeurs qui pourraient être émises par ces deux activités. On précise que l'article 20 de la *Loi sur la Qualité de l'Environnement*, décrit précédemment, doit être respecté. Les points les plus importants de ces documents sont que « la gestion du lieu devra être faite de façon à ne pas créer de nuisances » (MDDELCC, 2018b) et qu'il est exigé des exploitants qu'ils s'engagent à cesser les opérations générant les plaintes ou qu'ils apportent les mesures correctrices « lorsque les plaintes auront été documentées et considérées fondées par le Ministère » (MDDELCC, 2018a). Ces directives officielles confirment que la tolérance zéro est le seuil imposé en ce qui a trait aux nuisances causées par les odeurs générées par ce type d'installations au Québec. La métrique utilisée pour déterminer si une odeur constitue une nuisance est les plaintes documentées et jugées fondées par le MDDELCC.

Il convient donc pour le projet MaRCOT de viser à fournir des solutions qui réduisent le risque de plaintes (section 3.3, MaRCOT et l'acceptabilité sociale : minimiser le risque de plaintes). Cependant, il ne nous semble pas réaliste de viser le risque zéro, particulièrement pour les odeurs, qui sont difficiles à quantifier et à attribuer (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) (Héroux *et al.*, 2004), ce pourquoi il est nécessaire d'intégrer à MaRCOT un mécanisme de tolérance au risque de plaintes (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel).

La revue de littérature sur les odeurs et sur leur caractère nuisible présentée ci-dessus a permis de mieux définir cette variable et ses méthodes de quantification en complétant les résultats obtenus dans les sections précédentes (sections 3.3.3, Étude de Transfert Environnement (2010), 4.1, Résultats du groupe de discussion et 4.2, Hiérarchisation des variables). Il est essentiel d'intégrer la variable des odeurs dans le

logiciel MaRCOT afin d'atteindre un des objectifs du projet MaRCOT, qui est de générer des solutions qui permettront de réduire le risque de plaintes en intégrant des variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles.

De plus, la revue de littérature a permis de démontrer qu'il existe un lien très clair entre les odeurs dégagées, le type de matières traitées et la technologie employée (de traitement et mesures d'atténuation) et ainsi de confirmer les résultats de l'activité réalisée avec la CRVMR pour les odeurs (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale).

La mesure et la quantification des odeurs sont ardues. À la lumière de la recherche effectuée et de discussions avec un expert, bien qu'il existe des appareils de mesure (nez électroniques), ceux-ci ne semblent pas permettre de mesurer de manière fiable l'intensité des odeurs. La méthode la plus fiable en olfactométrie est celle qui a recours à des panélistes. La revue de littérature a permis de déterminer que les odeurs deviennent une nuisance et que des plaintes risquent d'être logées à partir du moment où les odeurs sont reconnues, soit au seuil de discrimination. Le seuil de discrimination est à un niveau de concentration d'odeurs situé entre 2 et 4 UO_E/m³ (unités d'odeur par mètre cube). La concentration de composé odorant dans l'air nécessaire à l'atteinte du seuil de discrimination de 2 à 4 UO_E/m³ varie en fonction du composé. Les gaz odorants générés par le traitement des matières résiduelles et par les matières elles-mêmes sont complexes et composés de nombreux gaz et composés organiques volatiles. Pour l'intégration des odeurs dans MaRCOT, il serait pratiquement impossible de tenir compte de tous ces composés odorants. La revue de littérature a permis d'identifier le sulfure d'hydrogène (H₂S) comme étant le composé responsable de la majorité des odeurs dans un contexte de gestion des matières résiduelles. Sa concentration dans l'air serait donc un bon indicateur des odeurs présentes et les futurs travaux d'intégration des

odeurs dans MaRCOT devraient débiter avec le sulfure d'hydrogène. Sa concentration dans l'air au seuil de discrimination est d'environ 0,0005 ppm ou 0,7 ug/m³.

L'intégration d'un modèle de dispersion permettra d'estimer le rayon à l'intérieur duquel les odeurs émises par une installation pourraient causer des problèmes d'acceptabilité sociale et être suffisamment concentrées pour atteindre le seuil de discrimination, poussant ainsi les citoyens riverains de l'installation à logger des plaintes.

Finalement, la réponse à la troisième sous-question de recherche « Ces variables peuvent-elles être intégrées au logiciel? » est « oui » pour les odeurs et un schéma d'intégration (figure 6.2) est proposé à la section Chapitre 6 (Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel).

4.5.2 Variables de contextualisation

Cette section vise à faire ressortir les principaux éléments qui permettront de contextualiser les deux principales variables retenues qui sont les bruits et les odeurs. Les variables de contextualisation retenues pour le projet sont : l'éloignement des riverains et la densité de population et; le contexte historique. L'objectif n'est pas de développer les variables de contextualisation de la même manière que les bruits et les odeurs.

Le contexte dans lequel a émergé le projet (section 1.1.2, Gestion des matières résiduelles), la revue de littérature (section 3.3, MaRCOT et l'acceptabilité sociale : minimiser le risque de plaintes) et le groupe de discussion avec des experts de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) ont permis de mettre en évidence l'importance du contexte lorsqu'il est question des enjeux d'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles. Les éléments qui ont trait au contexte sont la compatibilité avec le milieu (ou

l'intégration avec le milieu environnant) et le contexte géo-historique. Il nous semble en effet impossible de faire un choix technologique influencé par les deux principales variables d'acceptabilité sociale retenues (bruits et nuisances) sans contexte. Il est donc nécessaire d'intégrer des données de contextualisation propres aux différents sites qui seraient identifiés comme pouvant accueillir une installation dans l'outil. Les deux variables de contextualisation sélectionnées serviront ainsi à contextualiser les options et à moduler les nuisances émises par les installations au travers de modèles d'émission et de dispersion, tels que vu aux sections 4.5.1.1 sur les bruits et 4.5.1.2 et sur les odeurs. Ce constat est le fondement de la création des profils d'environnements types au travers desquels seront intégrées les variables de localisation (section Chapitre 5, Les installations de traitement des matières résiduelles et leurs environnements).

Tel que vue à la section 4.2 Hiérarchisation des variables, la compatibilité avec le milieu récepteur était l'enjeu d'acceptabilité sociale le plus représenté parmi les cas d'installations de gestion des matières résiduelles de la Communauté Métropolitaine de Montréal étudiés par Transfert Environnement (2010). La composante principale de la compatibilité avec le milieu qui peut être mise en relation avec les nuisances générées est la présence de populations riveraines et leur éloignement de l'installation. L'éloignement ou « la proximité des riverains arrive au premier rang des contraintes à considérer pour l'emplacement d'une installation de traitement ou d'élimination des matières résiduelles » (Transfert Environnement, 2010).

4.5.2.1 Éloignement des riverains et densité de population

Pour les besoins du projet, la présence de populations riveraines est caractérisée en deux paramètres, soit l'éloignement des riverains et la densité de la population. Ces deux paramètres, une fois intégrés avec les modèles de dispersion des bruits et des odeurs, permettront d'estimer le nombre de citoyens qui pourraient être incommodés par ces

deux nuisances et ainsi être poussés à loger des plaintes. Comme l'objectif du volet social de MaRCOT est de réduire le risque de plaintes, la variable éloignement des riverains et densité de population servira au travers de l'algorithme d'optimisation à moduler les variables des nuisances dans leur influence sur les choix technologiques.

En second lieu, l'éloignement des riverains pourra servir à intégrer des contraintes réglementaires à l'algorithme de MaRCOT. Ainsi, cette variable pourra être intégrée en une contrainte indépendante des nuisances et être mise en relation avec des contraintes réglementaires, tels que les niveaux sonores (section 4.5.1.1, Bruits) ou des distances minimales à respecter. L'éloignement des riverains serait ainsi également mis en relation avec les profils d'environnements et les modèles de dispersion (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel).

4.5.2.2 Contexte historique

Le contexte historique est une variable d'acceptabilité sociale de très grande importance. Une communauté marquée par des expériences négatives passées peut se braquer contre un nouveau projet d'installation de gestion des matières résiduelles, comme l'a démontré le cas du quartier Saint-Michel à Montréal. Un projet de centre de compostage a dû être abandonné à cause des pressions populaires, qui tiraient leurs origines des expériences passées négatives, causées par l'opération d'un lieu d'enfouissement technique des décennies auparavant sur le même site que celui où le centre de compostage devait être construit (voir section 1.1.2, Gestion des matières résiduelles). La présence d'expériences négatives passées peut à elle seule rendre un projet socialement inacceptable. Certains des participants au groupe de discussion, qui ont vécu l'expérience du projet de centre de compostage de Saint-Michel, ont placé le contexte historique (ou géo-historique tel que nommé par ces participants) au premier rang d'importance des variables qu'ils ont hiérarchisées, devant les nuisances ou a

égalité avec les nuisances (section 4.1, Résultats du groupe de discussion). L'importance capitale de cette variable rend sa prise en compte dans tout outil d'aide à la décision basé sur des facteurs d'acceptabilité sociale incontournable.

L'intégration (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel) de la variable du contexte historique dans MaRCOT peut se faire par le biais des profils d'environnements (section Chapitre 5, Les installations de traitement des matières résiduelles et leurs environnements). L'utilisateur de MaRCOT devra donc être au fait d'événements passés négatifs qu'auraient pu subir les communautés riveraines des sites potentiels identifiés pour l'accueil des installations de traitement des matières résiduelles. Des travaux subséquents devront être effectués pour déterminer le poids des pénalités ou le niveau des contraintes qui résulteraient de l'intégration de cette variable dans MaRCOT.

4.6 Les variables non retenues

Un grand nombre de variables de l'acceptabilité sociale a été identifié et hiérarchisé au cours du projet de recherche (section 4.2, Hiérarchisation des variables), mais la majorité d'entre elles n'ont pas été sélectionnées pour de nombreuses raisons, dont les contraintes de temps et le fait qu'il s'agit d'un projet de recherche de maîtrise. Les plus importantes et pertinentes qui répondaient au critères de sélection ont été développées (section 4.5, Les variables retenues), mais certaines variables qui auraient pu être des candidates intéressantes pour une intégration à MaRCOT n'ont pas été retenues : impact sur la circulation (trafic); qualité d'échange; adhésion au projet; respect de l'environnement et; cohérence avec le développement durables. Deux de ces variables, l'impact sur la circulation et la qualité d'échange, vu leur importance et leur potentiel d'intégration méritent tout de même les quelques paragraphes suivants. Les changements d'habitudes, une variable qui est ressortie lors du groupe de discussion

(section 4.1, Résultats du groupe de discussion), mérite elle aussi quelques notes. Les trois variables qui suivent devraient être intégrées à l'outil MaRCOT lors de futurs travaux, car l'intégration de ces variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles, qui sont d'une grande importance, permettra de bonifier la performance de l'outil.

4.6.1 Impact sur la circulation

L'impact sur la circulation d'une installation serait une variable intéressante à intégrer à l'outil MaRCOT, mais nous avons décidé de ne pas intégrer cette nuisance par manque de temps, son intégration pourrait être complexe, et parce qu'il est possible de répondre à la question de recherche et d'atteindre les objectifs du projet en se concentrant sur les deux autres nuisances influentes que sont les bruits et les odeurs.

L'étude de Transfert Environnement (2010) place l'impact sur la circulation parmi les principales variables d'acceptabilité sociale. Elle figure en effet comme variable ayant une importance marquée dans cinq des sept cas d'installation de gestion des matières résiduelles étudiés dans la région montréalaise, tout comme les bruits. Les participants au groupe de discussion l'ont également identifiée comme étant une des variables d'acceptabilité sociale les plus importantes. Le trafic se trouve donc dans le cadran en haut à droite de la cartographie (section 4.4, Cartographie et sélection des variables).

Selon les observations tirées lors des rencontres du comité de suivi du centre de traitement des matières organiques de l'est de Montréal (CTMO Est), l'impact sur la circulation préoccupe considérablement les citoyens. Ces derniers semblent considérer uniquement la nouvelle circulation générée par un projet et non l'impact sur la circulation par rapport à la situation précédant le projet. Dans le cas du projet de biométhanisateur de Montréal-Est (CTMO Est), le projet remplacera un centre de

transbordement des matières organiques et aura en réalité pour effet de diminuer la circulation. Cet effet positif net du projet sur la circulation semblait être ignoré par les citoyens qui ne le voyaient pas comme tel, mais comme une nouvelle nuisance avec laquelle ils devront composer. Cet enjeu d'acceptabilité sociale porte cependant sur les nuisances anticipées en phase de projet et ne devrait pas être pris en compte dans une éventuelle intégration de la variable d'impact sur la circulation dans MaRCOT étant donné que l'outil vise à éviter des écueils d'acceptabilité sociale d'une installation opérationnelle, en amont des projets. Les nuisances anticipées sont des aspects importants de l'acceptabilité sociale qui doivent être adressés dans les processus d'échange et de co-création des projets. Il sera intéressant d'observer si l'impact sur la circulation préoccupera autant les citoyens une fois que le biométhaniseur de Montréal-Est sera en opération et de comparer son importance à celle que la variable a présentement, alors que le biométhaniseur est en phase de projet.

Nous croyons que l'impact sur la circulation devrait être intégré dans MaRCOT lors de futurs travaux. La question centrale pour une future intégration est de déterminer comment cette variable doit être abordée. Doit-elle être intégrée comme une variable indépendante, qui serait mise en relation avec des variables de contextualisation comme le sont le bruit et les odeurs? Doit-elle être abordée comme une source de nuisances mobile (les camions peuvent être vus comme des sources d'odeurs et de bruits qui se déplacent)? Ou bien une combinaison des deux approches serait-elle appropriée? Quel est le caractère nuisible de l'impact sur la circulation? Est-ce que c'est la présence même de camions qui gêne, d'où l'idée de l'aborder comme variable indépendante? Ou bien est-ce le bruit et les odeurs générés par les camions qui gênent, d'où l'idée de l'aborder comme source de nuisances mobile? Il y a également deux types de trafic qui sont de natures différentes, soit le trafic généré par les camions lors de la collecte des déchets et le trafic généré par les camions en transit vers ou depuis l'installation.

L'intégration de l'impact sur la circulation sera complexe, mais devrait permettre à MaRCOT d'être plus efficace dans son objectif de générer des solutions à même d'éviter certains écueils d'acceptabilité sociale.

4.6.2 Changements d'habitudes

L'importance des changements d'habitudes pour les citoyens a été soulignée lors du groupe de discussion avec des experts de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion), mais n'a pas été retenue pour le projet. En effet, nous considérons pour le présent projet de recherche qu'une collecte à trois voies (compost, recyclage et ordures) est la norme pour les municipalités partenaires de la CRVMR (Gatineau, Laval et Montréal). Le choix technologique ne devrait donc pas être influencé par cette variable, car vu la standardisation de la collecte à trois voies, les habitudes sont en réalité statiques et ne peuvent ainsi pas être une variable.

Il pourrait être intéressant dans le futur d'intégrer une variable représentant les changements d'habitudes et les défis d'acceptabilité sociale qui pourraient émerger avec l'ajout d'une nouvelle voie de collecte pour deux raisons. Premièrement, pour les municipalités qui n'ont pas déjà standardisé la collecte à trois voies, la construction d'une nouvelle installation pourrait nécessiter l'ajout d'une nouvelle collecte et ainsi occasionner des changements d'habitudes. Deuxièmement, il existe la possibilité de construire des installations qui retirent des ordures ménagères les matières recyclables et organiques et permettent ainsi de combiner les différentes collectes en une seule. Il s'agit des centres de prétraitement. L'intégration d'une variable sur les changements d'habitudes permettrait ainsi de bonifier l'algorithme de choix technologique influencé par les variables d'acceptabilité sociale.

4.6.3 Qualité du processus d'échange

La qualité du processus d'échange, qui est la variable d'acceptabilité sociale la plus importante selon Transfert Environnement (2010), n'a pas été sélectionnée à cause de son lien ténu avec le choix technologique et parce que cette variable est un processus dynamique qui peut difficilement être cadré dans ce projet de recherche. En effet, MaRCOT est destiné à être utilisé au tout début du processus de planification des projets et son volet social vise à fournir les options qui permettront de réduire le risque de plaintes une fois les installations opérationnelles. La qualité du processus d'échange, bien qu'elle soit importante en phase d'opérations, est particulièrement importante en phase de projet. Le processus d'échange est après tout le fondement même de l'acceptabilité sociale, qui est un « assentiment de la population à un projet ou à une décision résultant du jugement collectif que ce projet ou cette décision est supérieur aux alternative connues, incluant le statu quo » (Gendron, 2014). Toutefois, la variable du processus d'échange pourrait influencer le choix technologique en fonction des efforts qu'une municipalité est disposée à investir dans ce processus, qui mènerait à l'acceptation ou au rejet d'un projet. Nous pouvons en effet concevoir que le choix technologique aurait un impact sur la complexité du processus d'échange qui doit être enclenché.

Une variable de processus d'échange, qui représenterait l'effort qui devrait être dédié au processus d'échange par une municipalité, pourrait ainsi être intégrée à MaRCOT lors de futurs travaux. L'effort devant être consacré au processus d'échange peut en effet varier en fonction de la technologie. Comme l'a souligné l'expert municipal lors de l'activité réalisée avec la CRVMR (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale), les projets employant certaines technologies ne sont pas soumis à des consultations publiques, les centres de tri des matières recyclables par exemple. Il a également été avancé lors de la même activité que pour des projets

employant certaines technologies, notamment les lieux d'enfouissement techniques ou les centres de compostage extérieurs, qui sont tous deux susceptibles de générer d'importantes nuisances, ou pour les projets employant des nouvelles technologies qui n'ont pas encore fait leurs preuves, les aspects communicationnels du processus d'échange devraient être mieux ficelés et pourraient nécessiter davantage d'efforts de la part d'une municipalité.

CHAPITRE V

LES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES ET LEURS ENVIRONNEMENTS

Cette section vise à fournir des informations sur les variables de contextualisation en lien avec la présence de riverains habitant près d'installations de gestion des matières résiduelles (section 4.5.2.1, Éloignement des riverains et densité de population) et décrit la création des environnements types de sites d'installations de gestion des matières résiduelles (section 5.2, Profils d'environnements de sites types suggérés), qui serviront à contextualiser l'algorithme d'optimisation sous contraintes (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel). Cette section fournit ainsi une partie de la réponse à la portion « comment pourraient-elles être intégrées? » de la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». Les résultats du groupe de discussion (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) et le développement des nuisances (section Variables environnementales : Les nuisances, Variables environnementales : Les nuisances) ont permis de déterminer qu'il est nécessaire d'avoir des informations contextuelles si l'on veut comprendre l'influence des nuisances sur l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles. En effet, selon Marchand *et al.* (2013), les conditions locales déterminent les enjeux environnementaux locaux. Certains participants au groupe de discussion ont illustré ceci en hiérarchisant les variables d'acceptabilité sociale selon

différents contextes. Il est donc nécessaire d'intégrer des variables de contextualisation pour que l'outil d'aide aux choix technologiques MaRCOT soit efficace et génère des solutions adaptées au milieu d'accueil.

Les variables de contextualisation qui ont été retenues sont l'éloignement des riverains et le contexte historique (section 4.5.2, Variables de contextualisation). L'intégration des variables de contextualisation se fera au travers de profils d'environnements, qui seront mis en relation avec les nuisances dans l'algorithme d'optimisation sous contraintes (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel). Les environnements types créés sont (tableau 5.2) basés sur les résultats de l'analyse de 19 installations de gestion des matières résiduelles et de leurs environnements respectifs présentés ci-dessous (tableau 5.1). Les futurs utilisateurs de MaRCOT, après avoir identifié des sites potentiels pour la construction d'installations, pourront représenter les milieux dans lesquels se trouvent ces sites, soit en sélectionnant des profils parmi les profils d'environnements de sites proposés, soit en faisant eux-mêmes la configuration de profils. Cela permettra de contextualiser l'optimisation.

5.1 Sélection et analyse des installations et de leurs environnements

Un total de 19 installations projetées ou en opération a été identifié et analysé. Il s'agit des installations qui reçoivent ou recevront les matières résiduelles des municipalités partenaires de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières, Résiduelles (CRVMR), soit les villes de Gatineau, Laval et Montréal. Les résultats de l'analyse des 19 installations ont servi à la création d'environnements de sites types (section 5.2, Profils d'environnements de sites types suggérés), qui pourront être utilisés par les utilisateurs de MaRCOT, et à établir les gammes de valeurs pour les paramètres d'environnements qui serviront aux utilisateurs désirant créer leurs propres profils d'environnements (section 6.2.2.7, Profils des environnements de sites). Les 19

installations ont été caractérisées en fonction des paramètres suivants (les quatre premiers sont des paramètres d'identification uniquement) :

- Nom de l'installation, qu'elle soit opérationnelle ou projetée;
- Type d'installation ou principale technologie employée (certains sites ont des fonctions ou technologies secondaires);
- Ville ou MRC où l'installation est située;
- Région desservie par l'installation;
- Type de milieu dans lequel l'installation est située;
- Distance séparant l'installation des zones habitées les plus proches;
- Densité des zones habitées et le type de construction prédominant;
- Angle couvert par les zones habitées avec comme point central l'installation.

Les trois derniers paramètres portant sur les zones habitées servent à estimer le nombre de riverains qui pourrait subir des nuisances et l'intensité que ces nuisances pourraient avoir à la distance où se trouvent les zones habitées. Le nombre de riverains pourrait ainsi être estimé grâce à une fonction mathématique multipliant la distance par la densité et par l'angle de couverture des zones.

Les résultats de cette analyse sont synthétisés dans le tableau 5.1 ci-dessous. Les résultats détaillés sont présentés en annexe sous forme de fiches descriptives.

Tableau 5.1 Synthèse des caractéristiques des 19 installations (projetées ou opérationnelles) étudiées desservant les municipalités de Gatineau, Laval et Montréal.

Nom	Type d'installation	Ville ou MRC	Région desservie	Type de milieu	Distance des zones habitées	Densité de population	Couverture des zones habitées
Complexe environnemental de Saint-Michel (CESM)	Centre de tri de matières recyclables	Montréal	Montréal	Urbain	400-699m	Très élevée (multiplex)	Sur 270°
Centre de tri des matières recyclables de Montréal	Centre de tri de matières recyclables	Montréal	Montréal	Industriel (urbain)	400-699m	Élevée (unifamilial)	Sur 180°
Centre de biométhanisation de Montréal-Est	Centre de biométhanisation	Montréal-Est	Montréal	Industriel (urbain)	1500m-2499m	Élevée (unifamilial)	Sur 180°
Centre pilote de prétraitement des ordures ménagères de Montréal-Est	Centre de prétraitement des ordures ménagères	Montréal-Est	Montréal	Industriel (urbain)	1500m-2499m	Élevée (unifamilial)	Sur 180°
Centre de compostage de Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles	Centre de compostage (intérieur)	Montréal	Montréal	Industriel (urbain)	1500m-2499m	Très élevée (multiplex)	Sur 180°
Centre de biométhanisation de LaSalle	Centre de biométhanisation	Montréal	Montréal	Urbain	1000-1499m	Très élevée (multiplex)	Sur 270°
Centre de compostage de Saint-Laurent	Centre de compostage (intérieur)	Montréal	Montréal	Industriel (urbain)	700-999m	Élevée (unifamilial)	Sur 90°
Lieu d'enfouissement technique (LET) de Sainte-Sophie	Lieu d'enfouissement technique (LET)	Sainte-Sophie	Laurentides, Lanaudière, Laval, Outaouais, Montréal	Rural	200-399m	Très faible (rural)	Sur 180°
Complexe Enviro Connexions de Terrebonne	Lieu d'enfouissement technique (LET)	Terrebonne	Laurentides, Lanaudière, Laval, Outaouais, Montréal	Rural	1000-1499m	Élevée (unifamilial)	Sur 90°
Lieu d'enfouissement technique (LET) de Saint-Thomas	Lieu d'enfouissement technique (LET)	Saint-Thomas	Lanaudière, Montréal	Rural	200-399m	Très faible (rural)	Sur 180°
Centre de tri et de transbordement de Saint-Hubert	Centre de tri de matières recyclables	Saint-Hubert	Rive sud de Montréal	Industriel (urbain)	100-199m	Élevée (unifamilial)	Sur 90°
Centre de compostage de Brownsburg-Chatham	Plateforme de compostage (extérieure)	Brownsburg-Chatham	Laurentides, Outaouais, Montréal	Rural	400-699m	Très faible (rural)	Sur 180°
Centre de tri de matériaux secs de Montréal-Est	Centre de tri des matériaux secs (CRD)	Montréal-Est	Montréal, Laval, rive nord, rive sud	Industriel (urbain)	200-399m	Élevée (unifamilial)	Sur 270°
Centre de tri de matériaux secs de Laval	Centre de tri des matériaux secs (CRD)	Laval	Laval, Montréal, rive nord	Industriel (urbain)	200-399m	Élevée (unifamilial)	Sur 180°
Usine de biométhanisation de Laval	Centre de biométhanisation	Laval	Laval	Industriel (urbain)	200-399m	Moyenne (unifamilial)	
Centre de tri des matières recyclables de Terrebonne	Centre de tri de matières recyclables	Terrebonne	Rive nord, rive sud de Montréal	Industriel (rural)	1000-1499m	Élevée (unifamilial)	
Centre de tri des matières recyclables de Gatineau	Centre de tri de matières recyclables	Gatineau	Gatineau, Outaouais	Industriel (urbain)	400-699m	Élevée (unifamilial)	Sur 180°
Lieu d'enfouissement technique (LET) de Lachute	Lieu d'enfouissement technique (LET)	Lachute	Laurentides, Outaouais, Gatineau	Rural	200-399m	Faible (rural)	Sur 180°
Centre de transbordement de Gatineau	Centre de transbordement	Gatineau	Gatineau	Industriel (urbain)	400-699m	Élevée (unifamilial)	Sur 180°

5.2 Profils d'environnements de sites types suggérés

Cette section vise à fournir des profils d'environnements de sites pré-configurés qui pourront être sélectionnés par les utilisateurs de MaRCOT. Ces profils permettent d'intégrer les variables de contextualisation retenues dans MaRCOT. Les profils proposés ci-dessous (tableau 5.2) représentent des environnements typiques de sites où sont opérées des installations de traitement des matières résiduelles. L'éventail de profils proposé devrait couvrir une grande proportion des scénarios qui pourraient être rencontrés par les futurs utilisateurs de MaRCOT, mais ces derniers pourront modifier les profils proposés ou en créer de nouveaux. Vu l'architecture de l'intégration de ce projet à MaRCOT (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel), la technologie ne fait pas partie des profils d'environnements, par contre, ceux-ci intègrent les technologies qui peuvent être déployées sur le site, donc ils intègrent des restrictions qui pourraient provenir de réglementations ou d'autres sources, par exemple : interdiction de construire un lieu d'enfouissement technique dans un milieu densément peuplé à 100 mètres de zones habitées. Les profils d'environnements de sites intègrent également les informations suivantes : distance séparant le site des zones habitées (distance des riverains); densité de la population (type de construction et couverture des zones habitées); contexte historique et indice de défavorisation.

Tableau 5.2 Profils d'environnements de sites types proposés. Acronymes des technologies permises : CMR (centre de tri de matières recyclables); CBM (centre de biométhanisation; CCI (centre de compostage intérieur); PCE (plateforme de compostage extérieure; CRD (centre de tri des matériaux secs de construction, rénovation et destruction); LET (lieu d'enfouissement technique); CPO (centre de prétraitement des ordures ménagères); CTB (centre de transbordement) et; INC (incinérateur).

Nom et description du profil	Technologies permises	Distance des zones habitées	Densité de population	Couverture des zones habitées	Contexte historique	Indice de défavori.
Milieu urbain très densément peuplé à très faible distance	CMR, CBM, CCI, CRD, CPO, CTB	200-399 mètres	Très élevée (bâtiments de type multiplexe)	Sur 270 degrés	Sans événements négatifs	Égal à la moyenne nationale
Milieu urbain densément peuplé à faible distance	CMR, CBM, CCI, CRD, CPO, CTB	400-699 mètres	Élevée (bâtiments rapprochés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Sans événements négatifs	Égal à la moyenne nationale
Milieu urbain densément peuplé à grande distance	CMR, CBM, CCI, PCE, CRD, LET, CPO, CTB, INC	1000-1499 mètres	Élevée (bâtiments rapprochés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Sans événements négatifs	Égal à la moyenne nationale
Milieu de banlieue à densité moyenne et distance moyenne	CMR, CBM, CCI, PCE, CRD, CPO, CTB, INC	700-999 mètres	Moyenne (bâtiments espacés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Sans événements négatifs	Égal à la moyenne nationale
Milieu rural à très faible densité et faible distance	CMR, CBM, CCI, PCE, CRD, CPO, CTB	400-699 mètres	Très faible (rural)	Sur 180 degrés	Sans événements négatifs	Égal à la moyenne nationale
Milieu rural à très faible densité et très grande distance	CMR, CBM, CCI, PCE, CRD, LET, CPO, CTB, INC	1500-2499 mètres	Très faible (rural)	Sur 180 degrés	Sans événements négatifs	Égal à la moyenne nationale
Milieu urbain densément peuplé à faible distance et historique négative	CMR, CBM, CCI, CRD, CPO, CTB	400-699 mètres	Élevée (bâtiments rapprochés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Présence d'événements négatifs marquants	Égal à la moyenne nationale

Nom et description du profil	Technologies permises	Distance des zones habitées	Densité de population	Couverture des zones habitées	Contexte historique	Indice de défavori.
Milieu de banlieue à densité moyenne et distance moyenne et historique négative	CMR, CBM, CCI, PCE, CRD, CPO, CTB, INC	700-999 mètres	Moyenne (bâtiments espacés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Présence d'événements négatifs marquants	Égal à la moyenne nationale
Milieu urbain densément peuplé à faible distance et indice de défavorisation supérieur à la moyenne	CMR, CBM, CCI, CRD, CPO, CTB	400-699 mètres	Élevée (bâtiments rapprochés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Sans événements négatifs	Supérieur à la moyenne nationale
Milieu urbain densément peuplé à faible distance, historique négative et indice de défavorisation supérieur à la moyenne	CMR, CBM, CCI, CRD, CPO, CTB	400-699 mètres	Élevée (bâtiments rapprochés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Présence d'événements négatifs marquants	Supérieur à la moyenne nationale

CHAPITRE VI

RÉSULTATS : DES SCIENCES SOCIALES AU GÉNIE LOGICIEL

Cette section présente des pistes d'intégration de variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles dans l'outil d'optimisation sous contraintes MaRCOT, qui a pour objectif de générer des bouquets optimisés de technologies pour le traitement des matières résiduelles municipales. Le projet MaRCOT est alimenté de plusieurs projets de recherche. Il est composé de trois volets, soit l'optimisation de procédés et l'optimisation technique, qui proviennent d'autres projets de recherches, et le volet social, qui est issu du présent projet de recherche. L'élaboration des pistes de solution est donc faite de manière à permettre l'intégration éventuelle du volet social dans la structure du projet. La présentation des pistes de solutions permet de répondre à la portion « comment pourraient-elles être intégrées? » de la question de recherche principale : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». Il est important de préciser que le but du projet de recherche, qui est atteint avec cette section, est de fournir des pistes d'intégration des variables, qui auront à être développées lors de futurs travaux, et non de fournir des solutions concrètes d'intégration « clef en main ». En somme, les pistes de solutions fournies par ce projet servent à établir les bases d'intégration de variables d'acceptabilité sociale à un logiciel d'optimisation sous contraintes et à orienter la recherche future qui permettra l'intégration.

Les sections précédentes du projet de recherche ont permis de déterminer quelles sont les principales variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles et de les hiérarchiser (section 4.2, Hiérarchisation des variables), d'évaluer le lien qui existe entre les variables et les différentes technologies, le tout présenté sous forme de cartographie (section 4.4, Cartographie et sélection des variables), de sélectionner les variables à intégrer, de les paramétrer et de découvrir quels autres éléments (variables de contextualisation et modèles de dispersion) entrent en relation avec les variables (section 4.5, Les variables retenues). Ces étapes étaient préalables au développement de pistes d'intégration des variables d'acceptabilité social au logiciel MaRCOT, présentées sous forme de schéma fonctionnel (figure 6.2, section 6.2, Schéma d'intégration). Ce schéma intègre les autres volets de MaRCOT, soit l'optimisation de procédés et l'optimisation technique et illustre les mécanismes de l'optimisation sous contraintes.

La présentation des pistes de solution est l'aboutissement du présent projet de recherche. Celles-ci permettent de rapporter les paramètres à intégrer, de proposer des échelles d'évaluation des variables et des valeurs possibles, d'illustrer les relations qui existent entre les différents éléments du système et finalement, de proposer des avenues de recherche à poursuivre pour compléter les éléments qui n'ont pu être complétés dans le cadre du projet ou qui dépassaient sa visée.

6.1 Optimisation sous contraintes et ses limites

Cette section vise à expliquer le fonctionnement d'un algorithme d'optimisation sous contraintes et les limites inhérentes avec lesquelles nous devons composer dans l'élaboration des pistes d'intégration des variables d'acceptabilité sociale. Un algorithme d'optimisation sous contraintes optimise une solution de manière itérative en fonction de contraintes, d'objectifs de minimisation ou de maximisation, et de

modèles et autres données (figure 6.1). Les contraintes sont des seuils, soit minimums à atteindre ou maximums à ne pas dépasser, qui doivent être respectés par l'optimiseur. Les objectifs de maximisation ou de minimisation sont les éléments que l'algorithme optimise en trouvant la solution qui pousse les objectifs le plus loin possible. Il s'agit des objectifs d'optimisation, qui doivent être pondérés si plus d'un objectif existe. Les modèles et autres données sont des éléments de diverses natures qui entrent dans les calculs d'optimisation. L'algorithme d'optimisation sous contraintes fonctionne donc en proposant une solution provisoire, qui est évaluée en fonction des contraintes et objectifs. Si la solution n'est pas optimale, c'est-à-dire qu'elle échoue l'évaluation des contraintes et/ou l'évaluation des objectifs, l'algorithme ajuste la solution dans une direction d'optimisation afin de générer une nouvelle solution provisoire, qui elle aussi est évaluée. Il s'agit d'un mécanisme itératif qui génère des solutions provisoires, jusqu'à ce qu'une solution passe les évaluations de contraintes et d'objectifs, ce qui met fin à la routine d'optimisation. Cette solution est la solution optimisée.

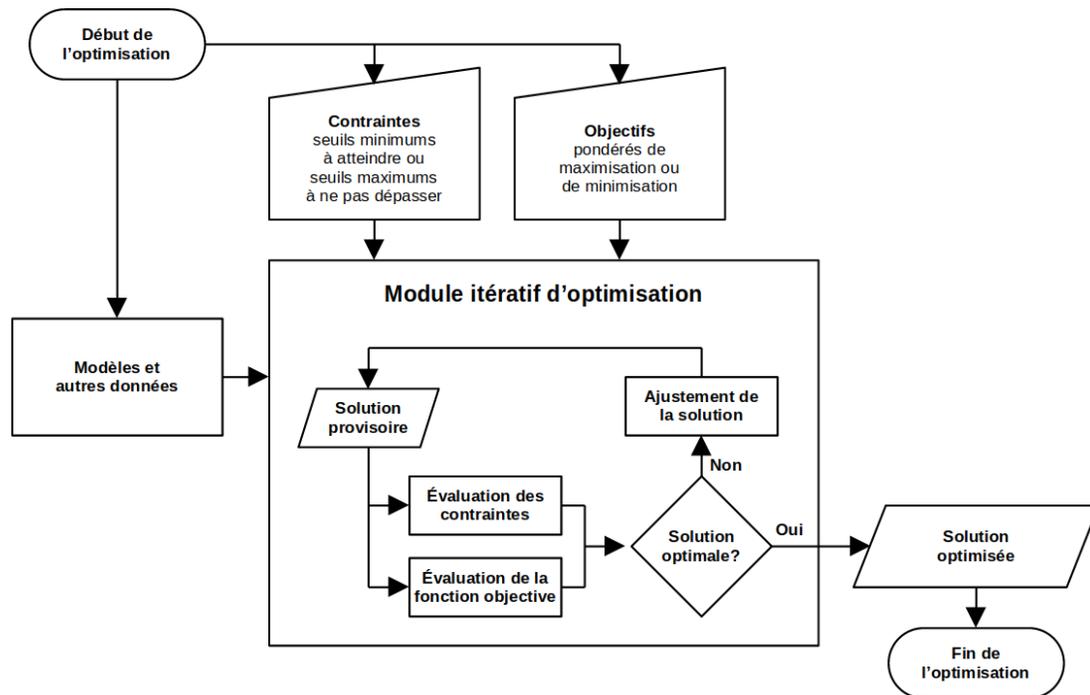


Figure 19 Illustration de l'optimisation sous contraintes.

6.1.1 MaRCOT, avant le volet sur les variables d'acceptabilité sociale.

À l'origine, MaRCOT avait été conçu de manière à calculer les proportions optimales de capacités de traitement des différentes technologies (bouquets technologiques) nécessaires pour répondre à des besoins de traitement (volume et composition de matière à traiter), avec pour objectif d'optimisation la minimisation des émissions de gaz à effet de serre, tout en respectant des contraintes techniques, économiques (coût de traitement par tonne) et de marché (capacité d'absorber les extrants des installations dans l'économie locale). Un exemple fictif de scénario d'optimisation serait le suivant (valeurs annuelles) :

- Matières à traiter : 30 000 tonnes de déchets de table, 15 000 tonnes de résidus verts, 10 000 tonnes de verre, 20 000 tonnes de plastique, 5 000 tonnes

d'aluminium, 10 000 tonnes de métaux ferreux, 20 000 tonnes de papier, 25 000 tonnes de carton et 15 000 tonnes de déchets ultimes;

- Objectif de minimisation des gaz à effet de serre pondéré à 100%;
- Contrainte technique d'enfouissement maximum de 15 000 tonnes;
- Contrainte économique de coût de traitement à 100\$ par tonne;
- Contraintes de marché de 20 000 tonnes de compost, 10 000 tonnes de biogaz, 15 000 tonnes de plastique et de 25 000 tonnes de fibres de papier;

Avec ce scénario fictif, l'optimiseur générerait des solutions provisoires de bouquets technologiques, pour lesquelles, avec des modèles de procédés pour chacune des technologies de traitement, seraient calculés pour l'ensemble du système les émissions de gaz à effet de serre, les coûts de traitement et les quantités de matières générées (extrants). L'optimiseur vérifierait ensuite si la solution provisoire répond aux différentes contraintes et si elle est la solution qui permettrait d'émettre le moins de gaz à effet de serre possible. Si la solution ne passe pas, et les tests de contraintes, et le test de la fonction objective (minimisation des émissions de GES), l'optimiseur ajusterait la solution pour générer une nouvelle solution provisoire, et répéterait le processus jusqu'à ce qu'il trouve la solution qui permettrait d'émettre le moins de gaz à effet de serre possible, tout en respectant les contraintes. Un exemple fictif de solution possible serait la suivante (en proportions au lieu de tonnes pour simplifier la réponse) : 23% de biométhanisation, 31% de compostage, 10% d'incinération, 5% d'enfouissement et 31% de tri des matières recyclables.

6.1.2 MaRCOT, avec le volet sur les variables d'acceptabilité sociale.

L'ajout du volet sur les variables d'acceptabilité sociale, est à l'origine de deux changements importants au fonctionnement de MaRCOT. Premièrement, le présent projet de recherche a permis de déterminer qu'il est nécessaire d'intégrer des variables

de localisation à MaRCOT, étant donné que l'acceptabilité sociale d'une installation de traitement des matières résiduelles doit être contextualisée. L'intégration des variables de localisation (ou de contextualisation) par le biais des profils des environnements de sites a eu pour effet de changer l'objet d'optimisation de MaRCOT. Au lieu d'optimiser la proportion entre les différentes technologies pour l'ensemble du système, MaRCOT doit maintenant optimiser entre des combinaisons de technologies et de sites, ce qui est conceptualisé comme des « profils d'installation » (voir section 6.2, Schéma d'intégration). Chacun de ces profils d'installation contient des propriétés pour une technologie et pour un site. Avec l'intégration des éléments de localisation à MaRCOT, un exemple de réponse qui pourrait être générée serait : 13% de biométhanisation sur site A, 10% de biométhanisation sur site B, 15% de compostage sur site A, 16% de compostage sur site C, 10% d'incinération sur site D, 5% d'enfouissement sur site D et 31% de tri des matières recyclables sur site C.

Deuxièmement, l'ajout du volet sur les variables d'acceptabilité sociale a eu pour effet d'ajouter un deuxième objectif d'optimisation et de transformer l'algorithme d'optimisation, d'un algorithme à objectif simple auquel tout l'effort d'optimisation est dédié, à un algorithme multi-objectifs dont les objectifs doivent être pondérés afin de répartir les efforts d'optimisation. Ainsi s'ajoute à l'objectif de minimiser les émissions de gaz à effet de serre l'objectif de minimiser le risque de plaintes. Le risque de plaintes ne représente pas un nombre précis de plaintes, mais il s'agit plutôt d'une échelle qui représente le degré de risque d'inacceptabilité sociale d'une installation, que nous traduisons par le risque que des plaintes soient logées par des riverains incommodés par des nuisances. Cette conceptualisation tire son origine de la recherche qui a été faite pour ce projet de recherche sur les odeurs (section 4.5.1.2, Odeurs), qui a permis de déterminer qu'une odeur devient nuisible à partir du point où son intensité est suffisamment élevée pour être reconnue, donc que l'odeur peut être attribuée à une source, et que c'est lorsqu'une odeur devient une nuisance que les individus incommodés sont portés à passer à l'action, c'est-à-dire à porter plainte. L'assimilation

de l'intensité d'une nuisance à un index de risque de plaintes a également l'avantage de créer une base commune à laquelle plusieurs types de nuisances peuvent être rattachés. Ainsi, une exposition à du bruit suffisamment intense pour que la moitié d'une population porte plainte est équivalente à une exposition à une odeur suffisamment intense pour que la moitié de cette même population porte plainte. L'ajout de l'objectif de minimisation du risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) signifie qu'il est nécessaire de le balancer avec l'objectif de minimisation des gaz à effet de serre en leur accordant chacun une pondération. Ainsi, les futurs utilisateurs de MaRCOT devront choisir quelle importance ils accorderont à chacun de ces deux objectifs, sachant que d'accorder plus d'importance à l'un signifie d'accorder moins d'importance à l'autre.

6.1.3 Limites et défis d'intégration de l'optimisation sous contraintes

Les mécanismes de l'optimisation sous contrainte, décrits précédemment et illustrés avec la figure 6.1, déterminent et limitent ce qu'il est possible de proposer dans les pistes d'intégration des variables d'acceptabilité sociale présentées dans les sections suivantes. Pour être intégrées au logiciel, les variables d'acceptabilité sociale sélectionnées doivent être réduites à des expressions mathématiques, ce qui a pour effet de limiter les possibilités de représenter des phénomènes qui peuvent être complexes. Les pistes d'intégration proposées par le projet de recherche doivent donc être compatibles avec ces mécanismes et doivent aussi pouvoir s'arrimer avec la structure de MaRCOT. Cela explique pourquoi certains éléments du schéma d'intégration présenté ci-dessous (figure 6.2) se retrouvent à un endroit plutôt qu'à un autre qui serait apparu plus logique ou naturel. Par exemple, les contraintes sur les technologies permises provenant de réglementations se retrouvent dans les profils des environnements de sites (section 6.2.2.7) et non dans les contraintes légale (section

6.2.2.6), car le fonctionnement de l'algorithme ne permet pas de soustraire une technologie de l'éventail des possibilités par le biais de contraintes.

Le fait d'intégrer des éléments de localisation (les profils d'environnements de sites) à un algorithme qui avait été à l'origine conçu sans en tenir compte, amène son lot de complexités. Premièrement, tel que décrit précédemment, l'optimiseur doit maintenant générer des bouquets de technologie par technologie-site (ou profil d'installation) et non simplement des bouquets de technologies, ce qui a pour effet de considérablement augmenter la complexité des solutions. Par exemple, pour une optimisation entre cinq technologies, l'optimiseur sans localisation générerait des solutions distribuées entre ces cinq technologies. En ajoutant la localisation à l'optimiseur, cinq sites par exemple, l'optimiseur devrait générer des solutions distribuées entre vingt-cinq technologies-sites (ou profils d'installation). Ensuite, l'objectif de minimisation du risque de plaintes est, comme l'objectif de minimisation des émissions de gaz à effet de serre, un objectif visé pour l'ensemble du système et ne prend pas en compte les différents sites. L'algorithme d'optimisation aurait ainsi la propension à générer des solutions où toutes les installations seraient concentrées sur un seul site, celui où il y aurait le moins de populations riveraines et où celles-ci seraient les plus éloignées. Cela aurait en pratique pour effet de concentrer les nuisances sur un seul site et de lourdement incommoder et défavoriser les riverains de ce site, tout en favorisant les riverains des autres sites qui seraient dépourvus de toute installation, créant ainsi une forte iniquité sociale. Nous croyons qu'il est préférable que le risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) soit réparti entre les sites, quitte à ce que le risque de plaintes pour le système (l'ensemble des sites) soit plus élevé que si ce risque était concentré sur un seul site. Afin de contourner ce problème propre à l'optimisation sous contraintes, un mécanisme de distribution du risque de plaintes a été créé. Tel qu'illustré dans la figure 6.2, des contraintes d'indice de risque de plaintes propres à chaque site (section 6.2.6.1, Contraintes d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale)) ont été créées,

permettant ainsi de limiter le risque pour chacun des sites et donc de ne pas surtaxer les riverains d'un site en particulier, ce qui a pour effet de répartir le risque.

6.2 Schéma d'intégration

Le schéma d'intégration des variables d'acceptabilité sociale dans MaRCOT (figure 6.2) représente les fonctionnalités et éléments du logiciel MaRCOT, dont le présent projet de recherche est un volet, ainsi que les liens existant entre les différents éléments. Les éléments provenant du présent projet de recherche sont en lettres noires sur fond blanc, les éléments qui en découlent mais qui devront être développés au cours de travaux subséquents, ou qui découlent également des autres volets de MaRCOT sont en lettres noires sur fond gris pâle et les éléments provenant des autres volets du projet MaRCOT sont en lettres blanches sur fond gris foncé.

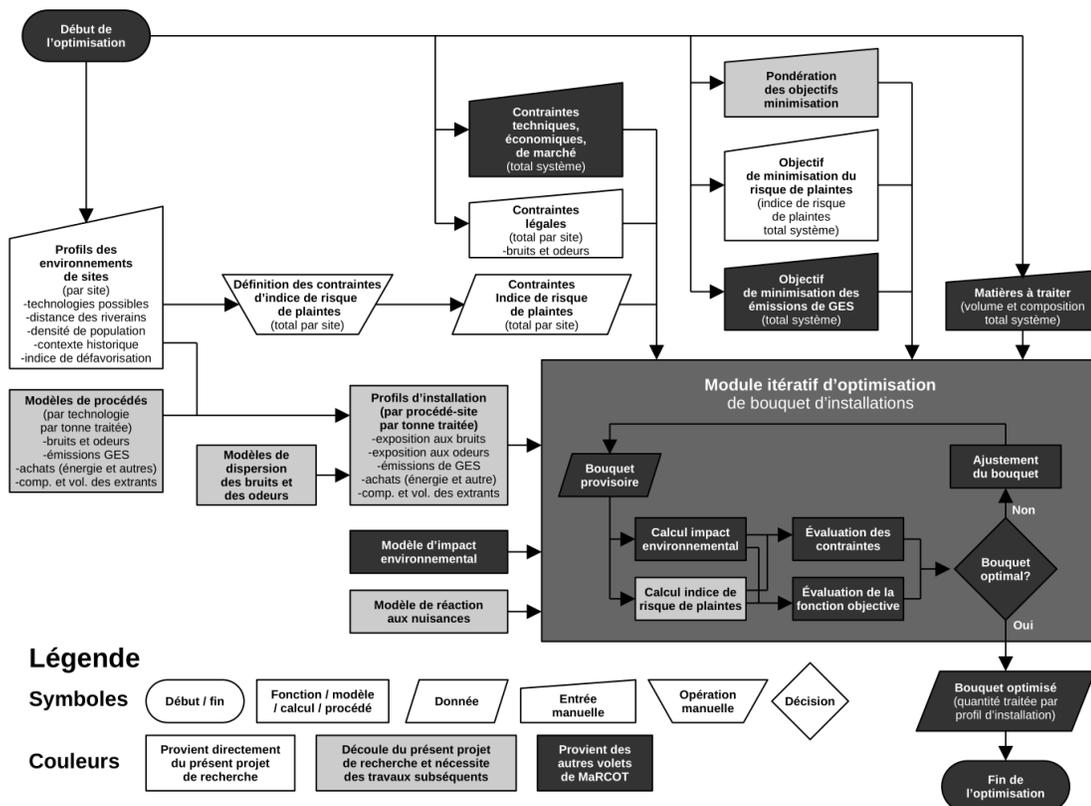


Figure 20 Illustration de MaRCOT, de l'intégration de variables de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles dans MaRCOT et des liens entre les éléments.

Les éléments du schéma (figure 6.2) sont expliqués dans les paragraphes ci-dessous. Ces derniers sont structurés de manière à suivre le flux du schéma. Lorsque le projet de recherche a permis de déterminer les éléments qui doivent être intégrés et les modalités d'intégration, les pistes d'intégrations sont développées, et lorsque le projet n'a pas permis d'arriver à des pistes d'intégration, des avenues de recherche pour de futurs travaux sont suggérées. Les pistes d'intégration sont de type « descriptif » et ne sont pas du code de logiciel ou des équations mathématiques contenant des valeurs chiffrées précises. Le but du projet de recherche n'est pas après tout pas de fournir un modèle. Des représentations mathématiques simples (multiplications et additions) sont toutefois parfois utilisées pour illustrer les relations existant entre certains éléments. L'utilisation

du logiciel d'optimisation MaRCOT se fera en exécutant des routines d'optimisation, qui généreront des solutions optimisées de bouquets technologiques en fonction de la configuration de la routine, c'est-à-dire des objectifs, des contraintes et des profils d'environnements de sites.

6.2.1 Début de l'optimisation

Il s'agit du point de départ de la routine d'optimisation et qui mène aux entrées manuelles.

6.2.2 Entrées manuelles

Les entrées manuelles servent à configurer la routine d'optimisation et doivent être configurées par l'utilisateur avant de lancer la routine.

6.2.2.1 Matières à traiter

Les matières à traiter représentent le volume et la composition chimique des matières qui ont à être traitées par le bouquet d'installations optimisé (section 6.2.6.3). Les valeurs contenues servent à calculer l'impact environnemental (section 6.2.4.6) et les indices de risque de plaintes (section 6.2.4.7) en fonction du modèle d'impact environnemental (section 6.2.4.4), du modèle de réaction aux nuisances (section 6.2.4.5) et des profils d'installation (section 6.2.4.3). Les matières à traiter proviennent des autres volets de MaRCOT.

6.2.2.2 Pondération des objectifs de minimisation

La pondération des objectifs de minimisation sert à balancer les efforts d'optimisation entre l'objectif de minimisation du risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) (section 6.2.2.3) et l'objectif de minimisation des émissions de gaz à effet de serre (section 6.2.2.4). L'effort total d'optimisation du module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) ne peut dépasser 100% et l'utilisateur doit en décider la répartition. Le besoin d'intégrer la pondération des objectifs de minimisation découle du présent projet de recherche.

La pondération des objectifs de minimisation peut être représentée par l'expression suivante :

$$\textit{Effort d'optimisation} = A \times \textit{Risquedeplaintes} + B \times \textit{GES} = 100\%$$

6.2.2.3 Objectif de minimisation du risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale)

L'objectif de minimisation du risque de plaintes représente l'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) visé par l'utilisateur pour l'ensemble du système. Cet indice n'est pas un nombre de plaintes exact, mais une échelle de grandeur pouvant aller de très bas à très élevé, qui représente le degré de risque d'inacceptabilité sociale de l'ensemble du système et non d'une installation en particulier. Des travaux de recherche devront être réalisés afin de définir la forme exacte de l'indice de risque de plaintes. Le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) tente de générer la solution qui aura l'indice de risque le plus bas, balancé avec l'objectif de minimisation des émissions de gaz à effet de serre (section 6.2.2.4) en fonction de la

pondération des objectifs (section 6.2.2.2). L'objectif de minimisation du risque de plaintes provient directement du présent projet de recherche.

6.2.2.4 Objectif de minimisation des émissions de gaz à effet de serre

L'objectif de minimisation des émissions de gaz à effet de serre représente les émissions de gaz à effet de serre en tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) équivalent pour l'ensemble du système. Le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) tente de générer la solution qui aura les émissions de gaz à effet de serre les plus faibles, balancées avec l'objectif de minimisation du risque de plaintes (section 6.2.2.3) en fonction de la pondération des objectifs (section 6.2.2.2). L'objectif de minimisation des émissions de gaz à effet de serre provient des autres volets de MaRCOT.

6.2.2.5 Contraintes techniques, économiques et de marché

Les contraintes techniques, économiques et de marché représentent des seuils techniques (tels que des volumes maximums pour certaines technologies, des émissions maximales, etc.), de coûts de traitement par tonne et de volume d'extrants (pouvant être acceptés par le marché) pour l'ensemble du système. Le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) tente de générer une solution qui respecte ces seuils à ne pas dépasser et ne tente pas de minimiser une fois les seuils respectés. Les contraintes techniques, économiques et de marché proviennent des autres volets de MaRCOT.

6.2.2.6 Contraintes légales

Les contraintes légales représentent des seuils d'émissions de bruits et d'odeurs pour chacun des sites. Elles doivent être calculées par l'utilisateur en fonction de la réglementation municipale ou provinciale applicable, ce qui peut être une tâche complexe, particulièrement pour les odeurs. Le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) tente de générer une solution qui respecte ces seuils à pas dépasser (en fonction de la réglementation) et ne tente pas de minimiser une fois les seuils respectés. La recommandation d'intégrer des contraintes légales provient directement du présent projet de recherche.

Selon la recherche effectuée sur les bruits (section 4.5.1.1, Bruits), les contraintes légales de bruits devraient être en décibels à pondération A (dBA) moyens (L_{Aeq}) sur un intervalle de temps à déterminer.

$$\text{Contraintedebruits} = dBA_{max}$$

Selon la recherche effectuée sur les odeurs (section 4.5.1.2, Odeurs), les contraintes légales d'odeurs devraient être en fonction du sulfure d'hydrogène (H_2S) équivalent (les autres gaz ou composés odorants doivent être convertis en H_2S équivalent) par mètre cube, ou en unités d'odeurs par mètre cube. Les deux sont des équivalents, sachant que le seuil de discrimination d'une odeur se situe entre 2 et 4 UO_E/m^3 , ce qui correspond à une concentration de H_2S d'environ 0,0005 ppm ou 0,7 $\mu g/m^3$.

$$\text{Contrainted'odeurs} = (H_2 S_{eq}/m^3)_{max}$$

$$\text{Contrainted'odeurs} = (UO_E/m^3)_{max}$$

6.2.2.7 Profils des environnements de sites

Les profils des environnements de sites visent à contextualiser la routine d'optimisation et un profil doit être configuré pour chacun des sites. Les sites préalablement identifiés comme étant des sites potentiels pour l'accueil d'une ou de plusieurs installations doivent être caractérisés et être représentés par la création d'un profil d'environnement de site par site identifié. L'utilisateur peut configurer chacun des profils d'environnements de sites identifiés ou choisir parmi les profils types suggérés (tableau 5.2, section 5.2, Profils d'environnements de sites types suggérés). L'utilisateur peut également se servir des fonctions de contextualisation offertes par les profils d'environnements types pour tester des scénarios hypothétiques et évaluer les options de choix technologiques pour ces scénarios, qui peuvent être fictifs.

Tableau 6.1 Valeurs possibles proposées pour les paramètres des profils d'environnements de sites.

Technologies permises	Distance des zones habitées	Densité de population	Couverture des zones habitées	Contexte historique	Indice de défavori.
Centre de tri des matières recyclables	100-199 mètres	Très élevée (bâtiments de type multiplexe)	Sur 90 degrés	Sans événements négatifs	Égal à la moyenne nationale
Centre de biométhanisation	200-399 mètres	Élevée (bâtiments rapprochés de type unifamilial)	Sur 180 degrés	Présence d'événements négatifs marquants	Supérieur à la moyenne nationale
Centre de compostage (intérieur)	400-699 mètres	Moyenne (bâtiments espacés de type unifamilial)	Sur 270 degrés		

Technologies permises	Distance des zones habitées	Densité de population	Couverture des zones habitées	Contexte historique	Indice de défavori.
Plateforme de compostage (extérieure)	700-999 mètres	Faible (rural)	Sur 360 degrés		
Centre de tri des matériaux secs CRD (construction, rénovation et destruction)	1000-1499 mètres	Très faible (rural)			
Lieu d'enfouissement technique (LET)	1500-2499 mètres				
Centre de prétraitement des ordures ménagères	2500 mètres et plus				
Centre de transbordement					
Incinérateur					

Les technologies permises représentent les types d'installations qui peuvent être construites dans les milieux d'accueils des sites identifiés, soit par choix de l'utilisateur, soit pour des raisons de conformité réglementaire liées au type de milieu, au zonage, aux distances des zones habitées ou à d'autres contraintes. La distance séparant le site des zones habitées, la densité de population et la couverture des zones habitées servent à évaluer, de concert avec les modèles de procédés (section 6.2.4.1) et les modèles de dispersion (section 6.2.4.2), le nombre de citoyens qui sont exposés à des nuisances d'intensités suffisamment élevées pour que des plaintes soient logées. Cela permet donc d'évaluer le risque que des plaintes soient générées par l'opération des installations construites sur le site. L'indice de défavorisation et plus particulièrement le contexte historique sont des variables de contextualisation importantes, mais davantage de recherches devront être effectuées afin de déterminer comment évaluer ces variables et d'évaluer l'influence qu'elles devraient avoir sur le choix technologique dans l'algorithme d'optimisation sous contraintes. L'indice de défavorisation et le contexte historique servent à la définition des contraintes d'indice de risque de plaintes (section 6.2.3) et ne sont pas transmis aux profils d'installation (section 6.2.4.3). Les environnements de sites proviennent directement du présent projet de recherche.

6.2.3 Opérations manuelles : Définition des contraintes d'indice de risque de plaintes

La définition des contraintes d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) représente le calcul des indices de risque de plaintes pour chacun des sites (section 6.2.2.7) qui ne devraient pas être dépassés pour l'ensemble des installations à construire sur un même site. Tel que vu précédemment (section 6.1.3, Limites et défis d'intégration de l'optimisation sous contraintes), les contraintes d'indice de risque de plaintes (section 6.2.6.1) servent à répartir le risque de plaintes (ou le risque d'inacceptabilité sociale) entre les différents sites (section 6.2.2.7), permettant ainsi de contrer la propension que pourrait avoir l'optimiseur à concentrer les installations sur un seul site. Les contraintes d'indice de risque de plaintes représentent les indices de risque que des plaintes résultant de l'opération d'installations sur un site jugés comme étant acceptables par l'utilisateur de MaRCOT, c'est-à-dire la tolérance au risque par site.

Premièrement, les contraintes d'indice de risque de plaintes à calculer sont en fait des contraintes d'intensité de bruits et des contraintes d'intensité d'odeurs à ne pas dépasser. La recherche effectuée sur les odeurs (section 4.5.1.2, Odeurs) a permis de déterminer qu'une odeur devient nuisible à partir du point où son intensité est suffisamment élevée pour être reconnue et que c'est lorsqu'une odeur devient une nuisance que les individus incommodés sont portés à passer à l'action, c'est-à-dire à porter plainte. Un seuil équivalent pour les bruits n'a cependant pas pu être déterminé au travers de ce projet de recherche (section 4.5.1.1, Bruits), mais il pourrait être possible d'en déterminer un en continuant la recherche. En deçà de ce seuil de discrimination, une odeur (et possiblement un bruit) n'est pas une nuisance. L'utilisateur pourrait décider de ne pas accepter plus qu'un « risque zéro » en choisissant le seuil de discrimination comme contrainte d'indice de risque de plaintes pour chacun des sites. Cela forcerait l'algorithme d'optimisation sous contraintes à générer des solutions où, grâce aux

calculs faits avec les modèles de procédés (section 6.2.4.1) et de dispersion (section 6.2.4.2), l'intensité des bruits et l'intensité des odeurs ne dépasseraient pas les seuils de discrimination aux distances où se trouvent les riverains les plus près des installations pour chacun des sites. Il est cependant possible qu'avec les besoins de matières à traiter (section 6.2.2.1) et les distances séparant les riverains des installations, que le « risque zéro » soit irréaliste et que l'utilisateur ait à répartir un risque plus élevé entre les différents sites. Le risque pourrait être réparti, soit de manière égale, les intensités des nuisances aux distances respectives séparant les installations des riverains pour chacun des sites seraient égales, soit de manière inégale, en considérant d'autres éléments contextuels, tels que l'historique et l'indice de défavorisation.

Deuxièmement, les contraintes peuvent en plus être calculées en fonction des variables de contextualisation incluses dans les profils d'environnements de sites (section 6.2.2.7), soit la présence d'événements marquants (historique) et l'indice de défavorisation. Ainsi, l'utilisateur de MaRCOT pourrait juger que la population riveraine d'un site est déjà suffisamment taxée au niveau des nuisances à cause d'événements négatifs passés ou d'un taux de défavorisation, qui est corrélé avec l'exposition au bruit, plus élevé que la moyenne (voir section 4.5.1.1, Bruits). Il sera nécessaire de poursuivre les recherches afin de déterminer comment évaluer le contexte historique et l'indice de défavorisation et d'évaluer l'influence que ces variables doivent avoir sur le choix technologique dans l'algorithme d'optimisation sous contraintes.

Les contraintes, une fois calculées pour chacun des sites, deviennent les contraintes d'indice de risque de plaintes (section 6.2.6.1). L'opération de définition des seuils de plaintes à ne pas dépasser provient directement du présent projet de recherche.

6.2.4 Fonctions, modèles, calculs et procédés

Les fonctions, modèles, calculs et procédés sont des opérations de calculs mathématiques permettant de générer des données à partir de modèles.

6.2.4.1 Modèles de procédés

Les modèles de procédés contiennent les informations nécessaires au calcul de variables propres aux différents procédés. Un modèle de procédé existe pour chacune des technologies de traitement des matières résiduelles. Ceux-ci contiennent les valeurs nécessaires aux calculs, pour chaque tonne de matière traitée, des variables suivantes : bruits et odeurs émis; émissions de gaz à effet de serre; coût des achats (énergie et autres intrants) et; volume et composition des extrants résultant du procédé. Les modèles de procédés pour les bruits et les odeurs devront être développés lors de futurs travaux, mais le présent projet de recherche a permis de déterminer que le bruit devra être calculé en décibels à pondération A (dBA) avec un indice pour les basses fréquences (section 4.5.1.1, Bruits) et que les odeurs devront être calculées en unités d'odeur par mètre cube (UOE/m³) de sulfure d'hydrogène équivalent (H₂S) (section 4.5.1.2, Odeurs). Les modèles de procédés pour les bruits et les odeurs découlent du présent projet de recherche et les autres modèles de procédés proviennent des autres volets de MaRCOT.

6.2.4.2 Modèles de dispersion des bruits et des odeurs

Les modèles de dispersion des bruits et des odeurs contiennent les informations nécessaires au calcul de l'intensité des bruits et des odeurs à une distance donnée, c'est-

à-dire de l'exposition aux bruits et aux odeurs dans les profils d'installation (section 6.2.4.3). Des travaux devront être effectués afin de créer ou d'adapter ces modèles (voir section 4.5.1.2, Odeurs pour une liste de modèles de dispersion suggérés). L'identification de la nécessité d'intégrer des modèles de dispersion des bruits et des odeurs découle du présent projet de recherche.

6.2.4.3 Profils d'installation

Les profils d'installation représentent des modèles contextualisés de procédés-sites. Ceux-ci contiennent les informations nécessaires au calcul de variables pour chacun des procédés-sites. Le nombre de profils d'installation est égal à la somme de toutes les technologies possibles pour tous les profils d'environnements de sites (section 6.2.2.7), donc à la multiplication du nombre de profils des environnements de sites par le nombre de modèles de procédés (section 6.2.4.1), si toutes les technologies sont possibles sur tous les sites. Par exemple, si 5 technologies et 5 sites existent et que les 5 technologies sont possibles pour chacun des 5 sites, 25 profils d'installation existent. Si 5 technologies et 5 sites existent, mais que seulement une technologie est possible par site, 5 profils d'installation existent. Le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) génère des bouquets optimisés entre les différents profils d'installation. Ceux-ci contiennent les valeurs nécessaires au calcul, pour chaque tonne de matière traitée par procédé-site, des variables suivantes : exposition aux bruits; exposition aux odeurs; émissions de gaz à effet de serre; coût des achats (énergie et autres intrants) et; volume et composition des extrants résultant du procédé. L'exposition aux bruits et l'exposition aux odeurs sont calculées par procédé-site par tonne traitée en mettant en relation les modèles de dispersion (section 6.2.4.2), la distance des riverains et la densité de population provenant des profils des environnements de sites (section 6.2.2.7) et les émissions de bruits et d'odeurs par tonne

traitée provenant des modèles de procédés (section 6.2.4.1). Les profils d'installation découlent du présent projet de recherche et des autres volets de MaRCOT.

6.2.4.4 Modèle d'impact environnemental

Le modèle d'impact environnemental contient les informations nécessaires au calcul des impacts environnementaux (section 6.2.4.6) dans le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) pour chacun des profils d'installation (section 6.2.4.3) du bouquet provisoire (section 6.2.6.2). Ce modèle intègre des données provenant de l'analyse de cycle de vie (ACV). Le modèle d'impact environnemental provient des autres volets de MaRCOT.

6.2.4.5 Modèle de réaction aux nuisances

Le modèle de réaction aux nuisances contient les informations nécessaires au calcul d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) (section 6.2.4.7) dans le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) pour chacun des profils d'installation (section 6.2.4.3) du bouquet provisoire (section 6.2.6.2). Le modèle devra être développé lors de futurs travaux. Le présent projet de recherche a permis de déterminer que les humains réagissent aux odeurs à partir du moment où elles sont reconnues, soit au seuil de discrimination qui se situe entre 2 et 4 UOE/m³ (section 4.5.1.2, Odeurs). Un seuil de réaction pour les bruits n'a cependant pas pu être déterminé et de futurs travaux devront se pencher sur ce seuil. L'identification de la nécessité de créer un modèle de réaction aux nuisances découle du présent projet de recherche.

6.2.4.6 Calcul d'impact environnemental

Le calcul d'impact environnemental calcule l'impact environnemental de bouquets technologiques provisoires (section 6.2.6.2) dans le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) en fonction des données fournies à l'algorithme par les profils d'installation (section 6.2.4.3) et par le modèle d'impact environnemental (section 6.2.4.4). Le calcul d'impact environnemental provient des autres volets de MaRCOT.

6.2.4.7 Calcul d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale)

Il s'agit des calculs d'indices de risque de plaintes qui pourraient être engendrées pour chacun des profils d'installation (section 6.2.4.3) d'un bouquet provisoire (section 6.2.6.2) et par l'ensemble des profils d'installation du même bouquet, donc l'ensemble du système, dans le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11). Les calculs sont effectués en fonction des données fournies à l'algorithme par les profils d'installation et par le modèle de réaction aux nuisances (section 6.2.4.5). Les indices qui en résulteront serviront à évaluer les contraintes d'indice de risque de plaintes (section 6.2.6.1) pour chacun des profils d'installation du bouquet provisoire par le module d'évaluation des contraintes (section 6.2.4.8) et à évaluer la fonction objective (section 6.2.4.9) de l'objectif de minimisation du risque de plaintes (section 6.2.2.3) pour l'ensemble du système. Le calcul d'indice de risque de plaintes découle du présent projet de recherche et devra être complété lors de futurs travaux.

6.2.4.8 Évaluation des contraintes

L'évaluation des contraintes évalue si les bouquets provisoires (section 6.2.6.2), en fonction des calculs d'impact environnemental (section 6.2.4.6) et d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) (section 6.2.4.7), respectent les contraintes techniques, économiques et de marché pour l'ensemble du système (section 6.2.2.5), les contraintes légales par site (section 6.2.2.6) et les contraintes d'indice de risque de plaintes par site (section 6.2.6.1). L'évaluation des contraintes légales et d'indice de risque de plaintes découle du présent projet de recherche et l'évaluation des contraintes techniques, économiques et de marché provient des autres volets de MaRCOT.

6.2.4.9 Évaluation de la fonction objective

L'évaluation de la fonction objective évalue si les bouquets technologiques provisoires (section 6.2.6.2), en fonction des calculs d'impact environnemental (section 6.2.4.6) et d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) (section 6.2.4.7), atteignent les objectifs de minimisation du risque de plaintes pour le système (section 6.2.2.3) et de minimisation des émissions de gaz à effet de serre (section 6.2.2.4) en fonction de leur pondération (section 6.2.2.2). L'évaluation de l'objectif de minimisation du risque de plaintes découle du présent projet de recherche et l'évaluation de l'objectif de minimisation des émissions de gaz à effet de serre provient des autres volets de MaRCOT.

6.2.4.10 Ajustement du bouquet

Un ajustement du bouquet provisoire est effectué lorsque le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) évalue en fonction des contraintes (section 6.2.4.8) et de la fonction objective (section 6.2.4.9) que le bouquet provisoire n'est pas optimal (section 6.2.5). Un nouveau bouquet provisoire (section 6.2.6.2) est alors créé. L'ajustement du bouquet provisoire provient des autres modules de MaRCOT.

6.2.4.11 Module itératif d'optimisation de bouquet d'installations

Le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations est le cœur du logiciel d'optimisation sous contraintes MaRCOT. Le module itératif d'optimisation fonctionne en générant un bouquet provisoire (section 6.2.6.2) qui contient un mixe de profils d'installation (section 6.2.4.3). Le module itératif calcule l'impact environnemental (section 6.2.4.6) et les indices de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) (section 6.2.4.7) pour le bouquet provisoire en fonction des matières à traiter (section 6.2.2.1) et des modèles d'impact environnemental (section 6.2.4.4) et de réaction aux nuisances (section 6.2.4.5). Le module itératif d'optimisation évalue ensuite si le bouquet provisoire respecte les contraintes (section 6.2.4.8) et atteint les objectifs d'optimisation (section 6.2.4.9), donc si le bouquet est oui ou non optimal (section 6.2.5). Si le bouquet n'est pas optimal, le module itératif d'optimisation ajuste le bouquet (section 6.2.4.10), générant ainsi un nouveau bouquet provisoire et commençant un nouveau cycle d'optimisation. Si le bouquet est optimal, le module itératif d'optimisation génère les données de ce bouquet optimisé (section 6.2.6.3) et la routine d'optimisation prend fin (section 6.2.7).

6.2.5 Décision : Bouquet optimal?

Un bouquet technologique provisoire (section 6.2.6.2) est optimal lorsqu'il passe l'évaluation des contraintes (section 6.2.4.8) et qu'il satisfait la fonction objective (section 6.2.4.9), c'est-à-dire qu'il est le bouquet permettant de réduire le plus possible le risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) et les émissions de gaz à effet de serre, tout en respectant les contraintes. Si le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11) indique que le bouquet technologique provisoire est optimal, les données sont générées comme bouquet optimisé (section 6.2.6.3) et la routine d'optimisation est terminée (section 6.2.7). Si le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations indique que le bouquet technologique provisoire n'est pas optimal, celui-ci est ajusté (section 6.2.4.10) et un nouveau bouquet technologique provisoire est créé. La décision du bouquet optimal provient des autres volets de MaRCOT.

6.2.6 Données

Les données sont des jeux de données résultant d'opérations manuelles ou programmées.

6.2.6.1 Contraintes d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale)

Les contraintes d'indice de risque de plaintes, tel que vu précédemment (section 6.1.3, Limites et défis d'intégration de l'optimisation sous contraintes), servent à répartir le risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) entre les différents sites (section

6.2.2.7), permettant ainsi de contrer la propension que pourrait avoir l'optimiseur à concentrer les installations sur un seul site. Des contraintes d'indice de risque de plaintes doivent être calculées (section 6.2.3) pour chacun des profils d'environnements de sites (section 6.2.2.7) et la présente section représente uniquement les données de contraintes résultant de leur calcul (section 6.2.3). Voir la section 6.2.3, Opérations manuelles : Définition des contraintes d'indice de risque de plaintes, pour plus de détails sur les contraintes d'indice de risque de plaintes. La forme exacte que doivent prendre ces contraintes reste à déterminer. Les contraintes d'indice de risque de plaintes proviennent directement du présent projet de recherche.

6.2.6.2 Bouquet provisoire

Le bouquet provisoire est généré par le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11). Il est un assemblage de profils d'installation (section 6.2.4.3) représentés dans des proportions calculées et ajustées (section 6.2.4.10) par le module itératif d'optimisation. Les calculs d'impact environnemental (section 6.2.4.6) et d'indice de risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) (section 6.2.4.7) sont effectués en fonction des proportions de profils d'installation contenus dans le bouquet provisoire. Le bouquet provisoire vient des autres volets de MaRCOT.

Les bouquets provisoires prennent la forme suivante (l'exemple est en pourcentages, mais il pourrait aussi être en volume de matière traitée) :

$$\text{Bouquet provisoire} = a_1\% \times \text{profil d'installation}_1 + a_2\% \times \text{profil d'installation}_2 + a_3\% \times \text{profil d'installation}_3 + [\dots] + a_n\% \times \text{profil d'installation}_n = 100\%$$

6.2.6.3 Bouquet optimisé

Le bouquet optimisé est généré par le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11). Il est un assemblage de profils d'installation (section 6.2.4.3) représentés dans des proportions calculées et ajustées (section 6.2.4.10) par le module itératif d'optimisation. Le bouquet optimisé est un bouquet provisoire (section 6.2.6.2) qui passe l'évaluation des contraintes (section 6.2.4.8) et qui passe la fonction objective (section 6.2.4.9), c'est-à-dire qu'il est le bouquet permettant de réduire le plus possible le risque de plaintes (ou d'inacceptabilité sociale) et les émissions de gaz à effet de serre, tout en respectant les contraintes. Lorsque le module itératif d'optimisation évalue que le bouquet provisoire est optimal (section 6.2.5), les données du bouquet optimisé sont générées et la routine d'optimisation prend fin (section 6.2.7). Le bouquet optimisé vient des autres volets de MaRCOT.

Le bouquet optimisé prend la forme suivante (l'exemple est en pourcentages, mais il pourrait aussi être en volume de matière traitée) :

$$\text{Bouquet optimisé} = a_1\% \times \text{profil d'installation}_1 + a_2\% \times \text{profil d'installation}_2 + a_3\% \times \text{profil d'installation}_3 + [\dots] + a_n\% \times \text{profil d'installation}_n = 100\%$$

6.2.7 Fin de l'optimisation

La routine d'optimisation prend fin, soit lorsqu'un bouquet optimisé (section 6.2.6.3) est généré par le module itératif d'optimisation de bouquet d'installations (section 6.2.4.11), soit lorsque ce dernier ne peut générer un bouquet optimisé à cause de contraintes impossibles à respecter telles que des coûts maximums de traitement trop bas ou des contraintes d'indice de risque de plaintes trop bas.

CHAPITRE VII

DISCUSSION

Cette section est un retour sur l'atteinte des objectifs du projet de recherche et sur les réponses qui ont été fournies aux questions de recherche. Les principaux apprentissages réalisés et les principales limites rencontrées sont également abordés.

7.1 Retour sur les objectifs et les principaux apprentissages

Le projet de recherche vise à atteindre plusieurs objectifs, dont le premier est de « combiner des éléments des sciences sociales et du génie logiciel, en proposant des pistes pour l'intégration dans MaRCOT de certaines connaissances fournies par les sciences sociales sur l'acceptabilité sociale, de sorte que ces connaissances influencent les résultats d'optimisation que fournira le logiciel d'optimisation sous contraintes ». L'objectif de combiner des connaissances provenant des sciences sociales et du génie a été atteint. Des pistes d'intégration de connaissances provenant des sciences sociales, notamment l'importance des nuisances et de la présence d'événements historiques négatifs, ont été proposées (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel). Le schéma d'intégration (figure 6.2), qui a été conçu en collaboration avec Guillaume Majeau-Bettez, l'architecte principal de MaRCOT et codirecteur du présent projet de recherche, explicite ainsi les pistes d'intégration des variables d'acceptabilité sociale au génie logiciel.

Les apprentissages tirés du projet de recherche, notamment l'importance de contextualiser l'optimisation sous contraintes en intégrant des données sur les milieux où seraient implantées les installations de traitement des matières résiduelles, ont eu un impact majeur sur le fonctionnement et l'architecture du logiciel d'optimisation sous contraintes MaRCOT. Le projet MaRCOT, avant que le volet social (le présent projet de recherche) soit conçu, avait pour objectif de fournir des bouquets technologiques optimisés en fonction de contraintes techniques et économiques, c'est-à-dire de fournir les proportions de traitement optimisées entre les différentes technologies de traitement, ce qui ne nécessitait aucun élément de contextualisation. Le volet social a permis de déterminer qu'il est impossible d'intégrer des notions d'acceptabilité sociale dans un logiciel d'optimisation sous contraintes sans contextualisation. Il a donc été nécessaire de modifier l'architecture de MaRCOT, qui maintenant a pour objectif de fournir des bouquets d'installations contextualisés optimisés en fonction de contraintes techniques, économiques et sociales.

L'envers de la médaille de l'intégration de connaissances provenant de ces deux mondes est que la nature même de l'optimisation sous contraintes a eu un important impact sur les pistes d'intégration qui ont été proposées, en limitant ce qu'il est possible d'intégrer et en nécessitant la création de mécanismes permettant de contourner certaines limites. Premièrement, l'intégration de variables d'acceptabilité sociale à un logiciel d'optimisation sous contraintes nécessite que tout élément puisse ultimement être réduit à des chiffres et à des équations mathématiques. Les dynamiques sociales complexes émanant de processus d'acceptabilité sociale ne peuvent donc pas être captées dans leur entièreté. Les objectifs du projet de recherche ont ainsi été établis de manière à refléter ces limites. Il n'était pas question de tenter de modéliser l'acceptabilité sociale en tant que tel, mais seulement d'intégrer certaines variables qui influencent l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles afin, ultimement, de réduire le risque que des plaintes soient logées à cause de nuisances résultant de l'opération de ces installations, donc de réduire le risque d'inacceptabilité sociale. Ensuite, les

mécanismes mêmes de l'optimisation sous contraintes ont créé certains défis. Le principal était que, en donnant l'objectif à l'optimiseur de réduire le plus possible un indice de risque de plaintes, celui-ci concentre toutes les installations sur un même site et crée potentiellement un problème d'iniquité sociale. Il serait en pratique préférable, quitte à ce que le niveau total de nuisances générées (bruits et odeurs) soit plus élevé, de répartir les nuisances (ou le risque) sur plusieurs sites afin qu'elles soient à des niveaux socialement acceptables pour chacun des sites, au lieu de les concentrer sur un seul site à un niveau socialement inacceptable. Cet objectif de répartir les nuisances va à l'encontre de la nature de l'optimisation sous contraintes. Des contraintes d'indice de risque de plaintes ont ainsi été créées afin de contourner ce problème et de répartir les nuisances.

Finalement, une limite importante des résultats est que le projet visait à fournir des pistes d'intégration et non d'en faire l'intégration. Beaucoup de travaux et de recherches doivent encore être effectués avant que les variables d'acceptabilité sociale considérées soient fonctionnellement intégrées à MaRCOT. Il n'a donc pas été possible de vérifier l'influence qu'ont les résultats du présent projet de recherche sur les résultats que fournira MaRCOT. Il est tout de même possible d'anticiper que les résultats du projet auront une réelle influence sur les solutions générées par MaRCOT, vu les importants changements décrits précédemment à l'architecture de MaRCOT qui ont été nécessités par l'inclusion du volet social.

7.2 Retour sur les questions de recherche

La principale question de recherche est : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles

être intégrées à ce dernier? ». Le projet de recherche a permis de répondre à la première partie de cette question. Il est en effet envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes.

Pour répondre à la question de recherche principale, il a été nécessaire de répondre à trois sous-questions de recherche. La première sous-question est : « Quelles sont les variables clefs de l'acceptabilité sociale des installations de gestion des matières résiduelles? ». Les travaux de hiérarchisation (section 4.2, Hiérarchisation des variables) résultant de la revue de littérature (section 3.3.3, Étude de Transfert Environnement (2010)) et du groupe de discussion réalisé avec des experts de la gestion des matières résiduelles municipales (section 4.1, Résultats du groupe de discussion) ont permis de répondre à cette sous-question. Il en est ressorti que les variables clefs qui ont le plus d'influence sur l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles sont : les nuisances, soit les bruits, les odeurs et l'impact sur la circulation; la qualité du processus d'échange; la compatibilité avec le milieu; la proximité des riverains et; le contexte historique.

La deuxième sous-question est : « Parmi ces variables, lesquelles peuvent être liées aux différentes technologies de gestion des matières résiduelles? ». Une activité réalisée avec des collègues de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR), qui sont des experts des technologies de traitement des matières résiduelles (section 4.3, Lien entre le choix technologique et les variables d'acceptabilité sociale), a permis de répondre à cette sous-question. Cette activité a permis d'évaluer que les odeurs ont un lien particulièrement fort avec le choix technologique et que les autres variables énumérées ci-dessus ont un lien avec le choix technologique allant de fort à moyennement fort.

La troisième sous-question de recherche est : « Ces variables peuvent-elles être intégrées au logiciel? ». Pour qu'une variable puisse être intégrable à un logiciel d'optimisation sous contraintes, la variable doit pouvoir être traduite en chiffres et / ou expressions mathématiques. De plus il doit être possible d'établir un lien entre l'intensité des variables et l'acceptabilité sociale. Il était donc nécessaire d'évaluer comment les variables sélectionnées peuvent être quantifiées. La décision a été prise de concentrer les efforts de recherche sur les bruits (section 4.5.1.1, Bruits) et sur les odeurs (section 4.5.1.2, Odeurs) vu la très grande influence de ces variables sur l'acceptabilité sociale des installations de traitement des matières résiduelles et vu qu'elles sont intimement liées au choix technologique.

Les bruits peuvent aisément être quantifiés et mesurés grâce à un sonomètre. Par contre, il n'a pas été possible de déterminer à partir de quel niveau d'intensité sonore en décibels (dBA) les bruits deviennent des enjeux d'acceptabilité sociale, bien que les deux soient liés. La quantification et la mesure des odeurs sont quant à elles bien plus complexes que pour celles des bruits. La mesure des odeurs nécessite l'emploi de panélistes dans un environnement de laboratoire et la quantification des odeurs est en unités d'odeurs (UO_E), qui correspondent à des concentrations volumétriques qui varient d'un gaz ou composé odorant à un autre. Il a tout de même été possible d'identifier un gaz qui peut servir d'indicateur de l'intensité des odeurs dans un contexte de gestion des matières résiduelles, le sulfure d'hydrogène (H_2S). Le résultat le plus intéressant de la recherche sur les odeurs est sans doute le lien qu'il a été possible de découvrir, grâce à la revue de littérature, entre l'intensité d'une odeur et son caractère nuisible. Une odeur devient une nuisance lorsqu'elle est reconnue. Il s'agit du seuil de discrimination, qui se situe entre 2 et 4 unités d'odeurs, ce qui correspond à une concentration de 0,0005 ppm dans le cas du sulfure d'hydrogène. Les résultats de la recherche sur les bruits et les odeurs ont permis de déterminer que ces deux variables peuvent être intégrées au logiciel d'optimisation sous contraintes, mais que des variables de contextualisation et des modèles de dispersion doivent également être

inclus. Étant donné que l'intensité des bruits et des odeurs varie en fonction de la distance séparant la source du point de mesure, le risque que des plaintes soient logées dépend lui aussi de la distance. Le risque que des plaintes soient logées dépend également du nombre de personnes se trouvant à l'intérieur d'un certain rayon. Il a donc été décidé d'inclure ces variables de contextualisation, soit l'éloignement des riverains et la densité de population. Une variable qui est ressortie de la hiérarchisation comme étant une variable clef est la présence d'événements négatifs ou le contexte historique. Nous croyons qu'il est possible et nécessaire d'intégrer cette variable, mais les modalités de quantification n'ont pas été développées au cours du projet.

Finalement, il a été possible de répondre, partiellement du moins, à la deuxième partie de la principale question de recherche portant sur les modalités d'intégration : « Est-il envisageable de sélectionner des variables de l'acceptabilité sociale des technologies de traitement des matières résiduelles qui permettraient d'influencer les solutions de choix technologiques générées par un logiciel d'optimisation sous contraintes et comment pourraient-elles être intégrées à ce dernier? ». L'étude en profondeur des variables sélectionnées (sections 4.5.1.1, Bruits et 4.5.1.2, Odeurs), tel que discuté dans les paragraphes précédents, a permis d'identifier les modalités de quantification et les paramètres qui doivent être utilisés pour l'intégration des variables dans l'algorithme d'optimisation sous contraintes de MaRCOT. Ces connaissances ont servi à la création du schéma d'intégration de MaRCOT (figure 6.2) et du développement des pistes d'intégration (section Chapitre 6, Résultats : Des sciences sociales au génie logiciel).

Des travaux doivent encore être réalisés afin de déterminer à quel niveau d'intensité sonore le bruit devient une nuisance, soit l'équivalent du seuil de discrimination pour les odeurs, en plus d'évaluer l'impact particulier qu'ont les basses fréquences sur le dérangement. Des travaux doivent également être effectués pour déterminer les modalités d'intégration des variables d'historique et d'indice de défavorisation, de même que l'influence que ces variables doivent avoir sur les résultats d'optimisation.

CHAPITRE VIII

CONCLUSION

Cette section est la conclusion de ce projet de recherche. Elle permet de souligner ce que nous souhaitons que les lecteurs retiennent, en plus d'offrir des perspectives pour l'avenir. Étant donné que le projet de recherche s'adresse à plusieurs types de lecteurs, la conclusion a été divisée de manière à s'adresser spécifiquement à certains d'entre eux.

8.1 Pour les gestionnaires municipaux

Premièrement, nous aimerions nous adresser aux gestionnaires municipaux, étant donné que le projet MaRCOT est né d'un désir exprimé par les municipalités partenaires de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR), d'avoir accès à un outil d'aide à la décision permettant d'orienter le choix de technologies de traitement des matières résiduelles. Le présent projet de recherche n'a malheureusement pas pu intégrer de manière fonctionnelle les variables d'acceptabilité sociale dans MaRCOT, ceci n'étant pas non plus l'objectif du projet. D'autres recherches devront être réalisées avant que les gestionnaires municipaux aient entre les mains un outil développé intégrant tous les volets (technique, économique et social), car le volet social doit encore être développé. L'effort de recherche devra notamment être investi sur le poids que devraient avoir les différentes variables d'acceptabilité sociale dans la balance d'optimisation (entre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de

serre et les objectifs de réduction du risque de plaintes). Cette future recherche à effectuer représente également une opportunité de collaboration très intéressante entre les partenaires municipaux et les chercheurs qui prendront, nous l'espérons, le relais. Il serait en effet tout à fait concevable de livrer une version expérimentale de MaRCOT qui intégrerait les mécanismes fonctionnels d'intégration des variables d'acceptabilité sociale, ce qui permettrait de développer les pondérations des différents volets de manière collaborative.

Avec la future intégration du volet social, MaRCOT permettra aux gestionnaires municipaux, en plus de leur fournir des bouquets technologiques optimisés en fonction des différentes contraintes et objectifs, de tester des scénarios permettant d'aiguiller le choix d'un site. Il serait en effet possible, avant d'entamer toute démarche de planification, de tester des scénarios de technologies pour quelques sites caractérisés et de comparer les résultats, afin d'évaluer quels sites seraient les plus propices à l'accueil de certains types d'installation.

MaRCOT demeure avant tout un outil d'aide à la décision à être employé en amont des projets. L'intégration du volet social ne pourra en aucun cas substituer les moyens déployés par les municipalités dans les relations que celles-ci développent et entretiennent avec leurs citoyens. Les municipalités partenaires de la Chaire de Recherche sur la Valorisation des Matières Résiduelles (CRVMR) se démarquent par les efforts qu'elles investissent continuellement dans les mécanismes de consultation et d'échange, et nous ne pouvons que les encourager à continuer dans cette voie. Il est en effet important de retenir que certains des facteurs les plus importants pour l'acceptabilité sociale de l'implantation d'une installation sont l'équité du processus décisionnel, l'implication du public dans le processus décisionnel dès le début des projets, l'accès à l'information, l'absence d'injustice et l'application de principes éthiques dans la distribution territoriale des risques (Achillas *et al.*, 2011 ; Hermansson, 2007 ; Joos *et al.*, 1999 ; Wolsink et Devilee, 2009). Finalement, nous souhaitons que

MaRCOT, avec l'intégration du volet social, puisse contribuer à ce que les municipalités qui utiliseront l'outil soient en mesure de proposer à leurs citoyens des projets qui seront adaptés à leur contexte et socialement acceptables.

8.2 Pour les étudiants et chercheurs

Finalement, nous aimerions nous adresser aux étudiants et chercheurs, particulièrement à ceux qui seraient intéressés à prendre le relai du projet de recherche ou à contribuer au développement de MaRCOT. Le présent projet de recherche a démontré qu'il est possible de combiner des connaissances provenant des sciences sociales et du génie sur les sujets de l'acceptabilité sociale et du génie logiciel, avec comme point de jonction l'optimisation sous contraintes. L'ambition du projet n'a jamais été de modéliser l'acceptabilité sociale, nous ne prétendons certainement pas que ce champ de recherche peut être réduit à des équations mathématiques. Ce qu'il faut retenir du projet est que certains éléments bien circonscrits de l'acceptabilité sociale peuvent être traduits dans un logiciel d'optimisation sous contraintes, de manière à interagir avec des éléments provenant d'autres champs de recherche, le génie logiciel en l'occurrence, et ainsi influencer les résultats d'une routine d'optimisation sous contraintes. Le projet de recherche a permis d'identifier les éléments d'acceptabilité sociale à intégrer et de paver la voie à leur intégration. Il n'a malheureusement pas été possible de pousser la recherche jusqu'à l'intégration des variables sociales à MaRCOT vu le temps limité, il s'agissait d'un projet de recherche de maîtrise après tout. L'intégration future permettra de faire la preuve que les variables sociales peuvent influencer les résultats d'un optimiseur. Nous sommes convaincus qu'en suivant les pistes d'intégration, cela sera possible. Sur cette note, nous espérons qu'un(e) étudiant(e) prendra le relai pour porter le projet vers sa complétion et profitera de l'opportunité de joindre le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG).

ANNEXE A

FICHES DESCRIPTIVES DES 19 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DESSERVANT LES VILLES DE GATINEAU, LAVAL ET MONTRÉAL

1. Centre de tri du Complexe environnemental de Saint-Michel (CESM)

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de tri semi-automatisé intérieur, 165 tonnes traitées en 2016 (Ville de Montréal, 2018b).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : matières recyclables, Île de Montréal.

Adresse : 2240 Rue Michel-Jurdant, Montréal, H1Z 4N1

Secteur : zone pour équipements collectifs et institutionnels (E04-062) (Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension, 2020), zones résidentielles au sud à environ 200m et au-delà densément bâties en multi-logements, zones résidentielles à l'ouest à environ 500m et au-delà densément bâties en multi-logements, zones résidentielles au nord-est à environ 700m et au-delà densément bâties en multi-logements, zone commerciale adjacente à l'ouest occupée par des commerces de détail grande surface (Ville de Montréal, 2020e).

2. Centre de tri des matières recyclables de Montréal

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de tri, semi-automatisé intérieur, 100 000 tonnes par an (Ville de Montréal, 2020f).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : matières recyclables, Île de Montréal.

Adresse : 1131 Rue François-Lenoir, Montréal, H8T 3P9

Secteur : zone industrielle (I-500) (Arrondissement de Lachine, 2005, 2017), zones résidentielles au sud à environ 500m jusqu'à environ 1,5km densément bâties en unifamilial détaché.

3. Centre de biométhanisation de Montréal-Est (prévu)

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de biométhanisation, décharge, déchargement et opérations effectués dans un bâtiment à pression négative, 60 000 tonnes par an (Ville de Montréal, 2019).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : résidus alimentaires, section est de l'Île de Montréal.

Adresse : aux environs du 8000 Avenue Broadway, Montréal-Est, H1B

Secteur : zone industrielle (I.03) (Ville de Montréal-Est, 2016a) bordée de zones industrielles (Ville de Montréal, 2020d ; Ville de Montréal-Est, s. d.), zones résidentielles à environ 2km et au-delà à l'est et au nord-ouest densément bâties en unifamilial détaché et semi-détaché.

4. Centre pilote de prétraitement des ordures ménagères de Montréal-Est (prévu)

Type d'installation, technologie employée et capacité : 25 000 tonnes par an (Ville de Montréal, 2020a).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : ordures ménagères non traitées.

Adresse : aux environs du 8000 Avenue Broadway, Montréal-Est, H1B

Secteur : zone industrielle (I.03) (Ville de Montréal-Est, 2016a), zones résidentielles à environ 2km et au-delà à l'est et au nord-ouest densément bâties en unifamilial détaché et semi-détaché (Ville de Montréal, 2020d ; Ville de Montréal-Est, s. d.).

5. Centre de compostage de Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles (prévu)

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de compostage, 29 000 tonnes par an (Ville de Montréal, 2020a).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : pré-compost provenant des biométhanisateurs et résidus verts, Île de Montréal.

Adresse : aux environs du 11000 Boulevard Saint-Jean-Baptiste, Montréal, H1B

Secteur : zone industrielle (521) (Arrondissement de Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles, s. d.), zones résidentielles à environ 1,5km et au-delà à l'est et au nord-ouest densément bâties en unifamilial (majoritairement) et en multi-logements (Ville de Montréal, 2020d).

6. Centre de biométhanisation de LaSalle (prévu)

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de biométhanisation, décharge, déchargement et opérations effectués dans un bâtiment à pression négative, 60 000 tonnes par an (Ville de Montréal, 2020a).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : résidus alimentaires, Île de Montréal.

Adresse : aux environs du 7050 Rue Saint-Patrick, Montréal, H8N

Secteur : zone industrielle (I12-03) (Arrondissement de LaSalle, s. d.), zones résidentielles à environ 1km et au-delà densément bâties dans toutes les directions densément bâties en multi-logements et unifamilial, zone commerciale à environ 500m au sud-est occupée par des commerces de détail (centre d'achat), zones commerciales à environ 700m au nord-ouest occupées par des commerces de détail (Ville de Montréal, 2020b).

7. Centre de compostage de Saint-Laurent (prévu)

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de compostage, déchargement et opérations effectués dans un bâtiment à pression négative, 50 000 tonnes par an (Ville de Montréal, 2020a).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : pré-compost provenant des biométhanisateurs, résidus alimentaires et résidus verts, section ouest de l'Île de Montréal.

Adresse : 9191 Boulevard Henri-Bourassa Ouest, Montréal, H4S

Secteur : zones industrielles (02-004 et 02-005) (Arrondissement de Saint-Laurent, 2015c, 2015b), bordées de zones industrielles, zones résidentielles à environ 700m jusqu'à environ 1,1km au nord densément bâties en unifamilial détaché, zones résidentielles à environ 1km et au-delà à l'est densément bâties en unifamilial détaché, zones résidentielles à environ 1,2km et au-delà à l'ouest densément bâties en unifamilial détaché (Arrondissement de Saint-Laurent, 2015a ; Ville de Montréal, 2020c).

8. Lieu d'enfouissement technique (LET) de Sainte-Sophie

Type d'installation, technologie employée et capacité : lieu d'enfouissement technique, captation et valorisation du biogaz, imperméabilisation du sol et captation du lixiviat, recouvrement quotidien de la matière enfouie, 1 000 000 de tonnes par année, volume autorisé du LET de 18 600 000 mètres cubes, écocentre (BAPE, 2020 ; Waste Management, 2018).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : ordures ménagères des municipalités, industries, commerces et institutions des régions des Laurentides, de Lanaudière, de l'Outaouais (dont Gatineau), de l'Île de Montréal et de Laval.

Adresse : 2535 Première Rue, Sainte-Sophie, J5J 2R7

Secteur : secteur agricole (MRC de la Rivière-du-Nord, s. d.), résidences à partir d'environ 200m sur 180 degrés dans un secteur rural à faible densité, petite zone urbaine à environ 2km à l'est bâtie en détaché, Ville de Saint-Jérôme à plus de 3km à l'ouest et Ville de Sainte-Anne-des-Plaines à plus de 5km à l'est.

9. Complexe Enviro Connexions de Terrebonne

Type d'installation, technologie employée et capacité : lieu d'enfouissement technique, captation et valorisation du biogaz, imperméabilisation du sol et captation du lixiviat, recouvrement quotidien de la matière enfouie, 1 300 000 de tonnes par année, biométhanisation des résidus alimentaires, compostage de résidus verts (Waste Connections of Canada, s. d.), volume autorisé du LET de 7 500 000 mètres cubes (MDDELCC, 2015).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : ordures ménagères, résidus alimentaires et résidus vert des municipalités et matières résiduelles des industries, commerces et institutions des régions des Laurentides, de Lanaudière, de l'Outaouais, de l'Île de Montréal et de Laval.

Adresse : 3779, Chemin des Quarante-Arpents, Terrebonne, J6V 9T6

Secteur : zone industrielle (0266-07) (Ville de Terrebonne, 2019), secteur résidentiel de Lachenaie densément bâti en unifamilial détaché à partir d'environ 1km au sud-est, Ville de Mascouche à environ 3km à l'ouest, Ville de Repentigny à environ 3km à l'est.

10. Lieu d'enfouissement technique (LET) de Saint-Thomas

Type d'installation, technologie employée et capacité : lieu d'enfouissement technique, centre de compostage, centre de traitement des boues de fosses septiques, plateforme de tri des matériaux secs, écocentre, captation des biogaz et génération d'électricité (Caterpillar, 2013 ; Groupe EBI, 2020), volume autorisé du LET de 18 400 000 mètres cubes (MDDELCC, 2015).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : ordures ménagères, matières organiques, matériaux secs (roc, béton, terre) des municipalités de Lanaudière et de Montréal.

Adresse : 1001 Chemin St-Joseph, Saint-Thomas, J0K 3L0

Secteur : secteur agricole et rural (MRC de D'Autray, 2009 ; Municipalité de Saint-Thomas, 2017), résidences à partir d'environ 300m sur 180 degrés dans un secteur rural à faible densité, Ville de Berthierville à environ 3km à l'est et Ville de Sorel-Tracy à plus de 6km à l'est.

11. Centre de tri et de transbordement de Saint-Hubert

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de tri des matières recyclables et centre de transbordement de déchets (Matrec, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : matières recyclables et déchets provenant de la rive sud et de l'Île de Montréal.

Adresse : 5300 Rue Albert-Milichamp, Saint-Hubert, J3Y 8X7

Secteur : zone industrielle (I-821 et I-894) (Arrondissement de Saint-Hubert, 2015b, 2015a), zones résidentielles au sud-est de 100m jusqu'à environ 1km densément bâties en unifamilial détaché et semi-détaché, zones résidentielles à l'ouest et au nord à environ 400m et au-delà densément bâties en unifamilial détaché et semi-détaché.

12. Centre de compostage de Brownsburg-Chatham

Type d'installation, technologie employée et capacité : plateforme de compostage et de traitement des boues de fosses septiques, à l'extérieur (Mironor, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : résidus organiques provenant de collectes municipales, d'institutions, de commerces et d'industries de la région et de Montréal.

Adresse : 751 Chemin de la 2e Concession, Brownsburg-Chatham, J8G 1S9

Secteur : zone agricole (A-126) (Ville de Brownsburg-Chatham, 2013), résidences à partir de 500m à l'est et à l'ouest et à partir de 1km au nord dans un secteur rural à faible densité, Ville de Saint-Philippe à environ 2,5km au nord-est, Ville de Lachute à environ 10km au nord-est, Ville de Hawkesbury (Ontario) à environ 10km à l'ouest.

13. Centre de tri de matériaux secs de Montréal-Est

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de tri de matériaux secs et de résidus de construction, rénovation et démolition résidentiels, opérations dans un bâtiment fermé (Koncas recyclage, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : matériaux secs et de résidus de construction, rénovation et démolition résidentiels provenant de la région et de Montréal.

Adresse : 10930 Rue Sherbrooke Est, Montréal-Est, H1B 1B4

Secteur : zone industrielle (I.12) (Ville de Montréal-Est, 2016b) bordée de zones industrielles (Ville de Montréal-Est, s. d.), zones résidentielles à environ 300m et au-delà au nord-est densément bâties en unifamilial détaché et semi-détaché, zones résidentielles à environ 1,5km et au-delà au sud densément bâties en constructions variées.

14. Centre de tri de matériaux secs de Laval

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de tri de matériaux secs et de résidus de construction, rénovation et démolition résidentiels (Multi Recyclage, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : matériaux secs et de résidus de construction, rénovation et démolition résidentiels provenant de la région de Laval.

Adresse : 140 Rue Saulnier, Laval, H7E 4P2

Secteur : zone industrielle réservée au centre de tri (IC-2) (Ville de Laval, 2019, 2020), zones résidentielles à environ 300m et au-delà au nord-ouest densément bâties en unifamilial détaché, zones résidentielles à environ 800m et au-delà au sud-ouest et au sud-est densément bâties en unifamilial détaché.

15. Usine de biométhanisation de Laval (prévu)

Type d'installation, technologie employée et capacité : Usine de biométhanisation , opérations effectuées dans le bâtiment, 145 000 tonnes par an (Secrétariat du Conseil du trésor, 2020 ; Ville de Laval, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : résidus organiques provenant des collectes municipales, des industries, commerces et institutions et boues provenant des trois stations d'épuration lavalloises.

Adresse : 1133 Montée Masson, Laval, H7E 4P2

Secteur : zone industrielle (IB) (Ville de Laval, 2019, 2020), bordé de zones industrielles, petit quartier résidentiel (moins de 0,1km²) à environ 250m au sud-est densément bâti en unifamilial et détaché, zones résidentielles à environ 1,5km et au-delà au sud et au sud-est densément bâties en unifamilial et multiplex.

16. Centre de tri des matières recyclables de Terrebonne

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de tri, semi-automatisé intérieur, 90 000 tonnes par an (Tricentris, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : matières recyclables, Rive-Nord et Rive-Sud de Montréal.

Adresse : 2801 Chemin des Quarante-Arpens, Terrebonne, J6V 9T6

Secteur : zone institutionnelle (9864-71) (Ville de Terrebonne, 2019), bordé de zones agricoles, industrielles et commerciales, zones résidentielles à environ 1km au sud.

17. Centre de tri des matières recyclables de Gatineau

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de tri, semi automatisé intérieur, 85 000 tonnes par an (Tricentris, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : matières recyclables, Gatineau et Outaouais.

Adresse : 45 Rue Pierre-Ménard, Gatineau, J8R 3X3

Secteur : zone industrielle (I-03-093) (Ville de Gatineau, 2018), bordée de zones industrielles et commerciales (Ville de Gatineau, 2005b), quartier résidentiel à environ 400m au sud-ouest densément bâti en unifamilial détaché et semi-détaché, zones résidentielles à 800m et au-delà à l'ouest densément bâties en unifamilial détaché et semi-détaché.

18. Lieu d'enfouissement technique (LET) de Lachute

Type d'installation, technologie employée et capacité : lieu d'enfouissement technique, captation et valorisation du biogaz (transformation en électricité), imperméabilisation du sol et captation du lixiviat, 570 000 tonnes par an, volume autorisé du LET de 14 690 000 mètres cubes (Ville de Gatineau, 2005a, 2016).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : ordures ménagères des municipalités de la région et de Gatineau.

Adresse : 6985 Chemin des Sources, Lachute, J8H 2C5

Secteur : zones pour utilité publique (Au-525, Au-527 et Au-528) (Ville de Lachute, 2019), bordé de zones agricoles, résidences à partir de 200m à l'ouest dans un secteur rural à faible densité, Ville de Lachute à environ 8km à l'ouest.

19. Centre de transbordement de Gatineau

Type d'installation, technologie employée et capacité : centre de transbordement de déchets (Ville de Gatineau, s. d.).

Type d'intrants et origine de la matière traitée : déchets municipaux de Gatineau.

Adresse : 860 Boulevard de la Carrière, Gatineau, J8Y 6T5

Secteur : zone H-08-177 (Ville de Gatineau, 2014), bordé de zones industrielles et commerciales à l'ouest (Ville de Gatineau, 2005b), zones résidentielles à environ 600m jusqu'à 2km à l'ouest densément bâties, zones résidentielles à environ 1km et au-delà au nord-est densément bâties.

BIBLIOGRAPHIE

- Achillas, Ch., Vlachokostas, Ch., Moussiopoulos, N., Baniyas, G., Kafetzopoulos, G. et Karagiannidis, A. (2011). Social acceptance for the development of a waste-to-energy plant in an urban area. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(9), 857-863. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.04.012>
- Anastasakis, S., Delisle, A. et Sergerie, M.-N. (2010). *Guide de gestion des odeurs*. Réseau Environnement.
- Arrondissement de Lachine. (2005). *Annexe A - Plan de zonage*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND_LCH_FR/MEDIA/DOCUMENTS/annexe-a-plan-de-zonage.pdf
- Arrondissement de Lachine. (2017). *Annexe C - Grilles des usages*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/arrond_lch_fr/media/document/s/annexe-c-grilles.pdf
- Arrondissement de LaSalle. (s. d.). *Grilles des usages et normes - Cédule « B » - I12-03*. http://www1.ville.montreal.qc.ca/CartesInteractives/lasalle/doc/grilles_usages/I12-03.pdf
- Arrondissement de Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles. (s. d.). *Chapitre 16 - Grille des spécifications - 521*. <http://www1.ville.montreal.qc.ca/CartesInteractives/villeray/doc/zone/E04-062.pdf>
- Arrondissement de Saint-Hubert. (2015a). *Grille des usages, des normes et des dimensions de terrain - Annexe « A » du règlement de zonage - Zone I-821*. <https://gociteweb.longueuil.quebec/hotlink/logo/zonage/sth/i-821.pdf>
- Arrondissement de Saint-Hubert. (2015b). *Grille des usages, des normes et des dimensions de terrain - Annexe « A » du règlement de zonage - Zone I-894*. <https://gociteweb.longueuil.quebec/hotlink/logo/zonage/sth/i-894.pdf>
- Arrondissement de Saint-Laurent. (2015a). *Info-Zonage*. <https://infozonage.saint-laurent.ca/?lng=fr>

- Arrondissement de Saint-Laurent. (2015b). *Zonage Municipal - 02-004*.
https://infozonage.saint-laurent.ca/ZoneMunicipale/DatZonageMunicipal.aspx?ZonageMunicipal_IDG=12376
- Arrondissement de Saint-Laurent. (2015c). *Zonage Municipal - 02-005*.
https://infozonage.saint-laurent.ca/ZoneMunicipale/DatZonageMunicipal.aspx?ZonageMunicipal_IDG=12681
- Arrondissement du Sud-Ouest. (2018). *Codification administrative: Ordonnance no 2 du Règlement sur le bruit*.
- Badach, J., Kolasińska, P., Paciorek, M., Wojnowski, W., Dymerski, T., Gębicki, J., Dymnicka, M. et Namieśnik, J. (2018). A case study of odour nuisance evaluation in the context of integrated urban planning. *Journal of Environmental Management*, 213, 417-424.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.086>
- Baltrenas, P., Misevicius, A., Macaitis, K. et Tekoriene, R. (2015). Experimental Research of Odours Arising During the Process of Biofiltration. *Energy Procedia*, 72, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.06.010>
- BAPE. (2020). *Projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement technique de Sainte-Sophie*. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.
<https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/projet-agrandissement-lieu-enfouissement-technique-sainte-sophie/>
- Bastide, M. J. C. (1988). Estimation et mesure du niveau acoustique continu équivalent. *Revue de statistique appliquée*, 36(3), 5-14.
- Batellier, P. (2015). *Acceptabilité sociale : Cartographie d'une notion et de ses usages* (UQAM: Les publications du Centr'ERE). Centr'ERE.
- Beaudin, M. (2012, 8 février). St. Michel residents oppose Montreal's first compost-treatment centre | Montreal Gazette. *Montreal Gazette*.
<https://montrealgazette.com/news/local-news/st-michel-residents-oppose-montreals-first-compost-treatment-centre>
- Beck, U. (2008). *La société du risque*. Flammarion.
- Benessaïeh, K. (2013, 28 août). Denis Coderre «tire la plogue» du centre de compostage de St-Michel. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/201308/28/01-4684010-denis-coderre-tire-la-plogue-du-centre-de->

compostage-de-st-michel.php

- Bergeron, K. M., Jébrak, M., Yates, S., Séguin, C., Lehmann, V., Le Meur, P.-Y., Angers, P., Durand, S. et Gendron, C. (2015). Mesurer l'acceptabilité sociale d'un projet minier : essai de modélisation du risque social en contexte québécois. *Vertigo*, 15(3). <https://doi.org/10.4000/vertigo.16737>
- Berglund, B., Harder, K. et Preis, A. (1994). Annoyance perception of sound and information extraction. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(3), 1501-1509. <https://doi.org/10.1121/1.408537>
- Berglund, B., Hassmén, P. et Job, R. F. S. (1996). Sources and effects of low-frequency noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 99(5), 2985-3002. <https://doi.org/10.1121/1.414863>
- Berglund, B. et Lindvall, T. (1995). Community Noise. *Archives of the Center for Sensory Research*, 2(1), 1-195.
- Bian, G. Y. et Suffet, M. (2019). Monitoring the control of landfill nuisance odors at an odor-impacted location using the odor profile method with an « odor patrol » panel. 17th international waste management and landfill symposium, Department of Environmental Health Science, University of California Los Angeles, USA. <https://doi.org/10.13031/2013.23893>
- Boivin, S. (2011, 4 août). *Compostage à St-Luc-de-Vincennes: une histoire qui a mal tourné*. Le Soleil. <https://www.lesoleil.com/actualite/environnement/compostage-a-st-luc-de-vincennesune-histoire-qui-a-mal-tourne-3fcd4d7e54fba146f67a5f59001e3f73>
- Both, R., Sucker, K., Winneke, G. et Koch, E. (2004). Odour intensity and hedonic tone – Important parameters to describe odour annoyance of residents? *Water Science & Technology*, 50(4), 83-92.
- Boutilier, R. G. (2017). *A Measure of the Social License to Operate for Infrastructure and Extractive Projects*. Récupéré le 2 mai 2019 de
- Boutilier, R. G. et Thomson, I. (2011). *Modelling and measuring the Social License to Operate: Fruits of a dialogue between theory and practice*.
- Bulsing, P. J., Smeets, M. A. M. et Van den Hout, M. A. (2009). The Implicit Association between Odors and Illness. *Chemical Senses*, 34(2), 111-119. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjn062>
- Cai, B., Wang, J., Long, Y., Li, W., Liu, J., Ni, Z., Bo, X., Li, D., Wang, J., Chen, X.,

- Gao, Q. et Zhang, L. (2015). Evaluating the impact of odors from the 1955 landfills in China using a bottom-up approach. *Journal of Environmental Management*, 164, 206-214. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.09.009>
- Capelli, L. et Sironi, S. (2018). Combination of field inspection and dispersion modelling to estimate odour emissions from an Italian landfill. *Atmospheric Environment*, 191, 273-290. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.08.007>
- Caplan, A., Grijalva, T. et Jackson-Smith, D. (2007). Using choice question formats to determine compensable values: The case of a landfill-siting process. *Ecological Economics*, 60(4), 834-846. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.02.015>
- Caterpillar. (2013). *Cat generator sets use biogas power over 7,000 homes*. Cat. https://www.cat.com/en_US/by-industry/electric-power/Articles/Testimonials/environment-economy-and-energy-ebi.html
- CBC News. (2018, 30 septembre). *Ville Saint-Laurent residents raise a stink over composting centre project*. CBC. <https://www.cbc.ca/news/canada/montreal/compost-centre-1.4844406>
- Charbonneau, J., Novak, C., Gaspar, R. et Ule, H. (2012). A-weighting the equal loudness contours. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3502-3502. <https://doi.org/10.1121/1.4709236>
- Chemel, C., Riesenmey, C., Batton-Hubert, M. et Vaillant, H. (2012). Odour-impact assessment around a landfill site from weather-type classification, complaint inventory and numerical simulation. *Journal of Environmental Management*, 93(1), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.08.016>
- Chételat, J. (2009). La figuration cartographique de l'espace sonore. *Images Re-vues. Histoire, anthropologie et théorie de l'art*, (7).
- Churcher, B. G. (1935). A Loudness Scale for Industrial Noise Measurements. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 6(4), 216-225. <https://doi.org/10.1121/1.1915740>
- Ciavatti, M. (2019, 30 septembre). *Les mauvaises odeurs relancent le débat sur l'usine de méthanisation Ametyst*. France Bleu. <https://www.francebleu.fr/infos/environnement/les-mauvaises-odeurs-relancent-le-debat-sur-l-usine-de-methanisation-ametyst-1569598413>
- CMM. *Règlement sur les rejets à l'atmosphère et sur la délégation de son application*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/enviro_fr/media/documents/reg

lement_2001-10_cmm_air.pdf

- Colón, J., Alvarez, C., Vinot, M., Lafuente, F. J., Ponsá, S., Sánchez, A. et Gabriel, D. (2017). Characterization of odorous compounds and odor load in indoor air of modern complex MBT facilities. *Chemical Engineering Journal*, 313, 1311-1319. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.11.026>
- Corriveau, J. (2012, 7 février). Saint-Michel - Vive opposition au projet d'une usine de compost. *Le Devoir* (Montréal). <https://www.ledevoir.com/politique/montreal/342023/saint-michel-vive-opposition-au-projet-d-une-usine-de-compost>
- Corriveau, J. (2013, 29 août). Québec n'appuie pas le projet de centre de compostage dans Saint-Michel. *Le Devoir* (Québec). <https://www.ledevoir.com/politique/quebec/386246/quebec-n-appuie-pas-le-projet-de-centre-de-compostage-dans-saint-michel>
- CPEQ. (2012). *Guide de bonnes pratiques afin de favoriser l'acceptabilité sociale des projets*. Conseil patronal de l'environnement du Québec.
- CUM. *Règlement relatif à l'assainissement de l'air et remplaçant les règlements 44 et 44-1 de la Communauté*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/enviro_fr/media/documents/reglements/reglement90_1_2_3.pdf
- CUM. *Règlement modifiant le règlement 90 relatif à l'assainissement de l'air*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/enviro_fr/media/documents/reglements/reglement90_4.pdf
- CUM. *Règlement modifiant le règlement 90 relatif à l'assainissement de l'air*. ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/enviro_fr/media/documents/reglements/reglement90_5.pdf
- Dare, M. (Lain), Schirmer, J. et Vanclay, F. (2014). Community engagement and social licence to operate. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 32(3), 188-197. <https://doi.org/10.1080/14615517.2014.927108>
- Dear, M. (1992). Understanding and Overcoming the NIMBY Syndrome. *Journal of the American Planning Association*, 58(3), 288-300. <https://doi.org/10.1080/01944369208975808>
- de Freytas-Tamura, K. (2018, 9 octobre). Plastics Pile Up as China Refuses to Take the West's Recycling. *The New York Times* (Londres), section World. <https://www.nytimes.com/2018/01/11/world/china-recyclables-ban.html>

- Deng, F. F. (2003). The Rebound of Private Zoning: Property Rights and Local Governance in Urban Land Use. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 35(1), 133-149. <https://doi.org/10.1068/a35123>
- Dussault, J.-P. (2020). *Optimisation mathématique avec applications en imagerie* 399. Université de Sherbrooke.
- Elliott, S. J., Wakefield, S. E. I, Taylor, M. S., Dunn, J. R., Walter, S., Ostry, A. et Hertzman, C. (2004). A comparative analysis of the psychosocial impacts of waste disposal facilities. *Journal of Environmental Planning and Management*, 47(3), 351-363. <https://doi.org/10.1080/0964056042000216500>
- Esseghir, A. (2013, 12 mars). Centre de compostage : Des citoyens sur le qui-vive. *Journal Métro*. <https://journalmetro.com/local/ahuntsic-cartierville/605057/centre-de-compostage-des-citoyens-sur-le-qui-vive/>
- Esseghir, A. (2017, 16 octobre). Usine de compostage: des citoyens craignent les mauvaises odeurs. *Journal Métro*. <https://journalmetro.com/local/saint-laurent/1212566/usine-de-compostage-des-citoyens-craignent-les-mauvaises-odeurs/>
- Fletcher, H. et Munson, W. A. (1933). Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. *Bell System Technical Journal*, 12(4), 377-430. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1933.tb00403.x>
- Fortin, M.-J. (2012). L'acceptabilité sociale, qu'en savons-nous en 2012 ? Forum sur l'acceptabilité sociale.
- Gendron, C. (2014). Penser l'acceptabilité sociale : au-delà de l'intérêt, les valeurs. *Communiquer*, (11), 117-129. <https://doi.org/10.4000/communiquer.584>
- Gerbet, T. (2018, 4 décembre). « Saint-Michel ne veut pas être la poubelle de Montréal ». Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1139696/centre-tri-carriere-francon-villeray-parc-extension-plante-election-partielle>
- Google. (2020). *Google Maps*. Google Maps. <https://www.google.ca/maps/>
- Gouvernement du Québec. (2020). *Effets du bruit environnemental sur la santé*. Gouvernement du Québec. <https://www.quebec.ca/sante/conseils-et-prevention/sante-et-environnement/effets-du-bruit-environnemental-sur-la-sante/>
- Groothuis, P. A., Groothuis, J. D. et Whitehead, J. C. (2008). Green vs. green:

- Measuring the compensation required to site electrical generation windmills in a viewshed. *Energy Policy*, 36(4), 1545-1550.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.01.018>
- Groupe EBI. (2020). *Dépôt Rive-Nord*. Groupe EBI.
<https://www.ebiqc.com/services/service-disposition-dechets/parc-de-technologies-environnementales/>
- Gyulai, L. (2018, 26 juillet). Montreal can't ignore safety threat of future composting site: critics. *Montreal Gazette*. <https://montrealgazette.com/news/local-news/montreal-cant-ignore-safety-threat-of-future-composting-site-critics>
- Hayes, J. E., Stevenson, R. J. et Stuetz, R. M. (2014). The impact of malodour on communities: A review of assessment techniques. *Science of The Total Environment*, 500-501, 395-407.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.003>
- Henshaw, P., Nicell, J. A. et Sikdar, A. (2006). Parameters for the assessment of odour impacts on communities. *Atmospheric Environment*, 40(6), 1016-1029.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.014>
- Hermansson, H. (2007). The Ethics of NIMBY Conflicts. *Ethical Theory and Moral Practice*, 10(1), 23-34. <https://doi.org/10.1007/s10677-006-9038-2>
- Héroux, M., Pagé, T., Gélinas, C. et Guy, C. (2004). Evaluating odour impacts from a landfilling and composting site: involving citizens in the monitoring. *Water Science and Technology*, 50(4), 131-137.
<https://doi.org/10.2166/wst.2004.0242>
- INSPQ. (2018). *Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie*. Institut National de Santé Publique du Québec.
- INSPQ. (2019). *La perturbation du sommeil et le dérangement associés au bruit environnemental dans la population québécoise en 2014-2015* [Rapport de surveillance]. Institut national de santé publique du Québec.
- ISQ. (2016). *Positionnement de la région et des territoires de centres locaux d'emploi d'après l'indice de défavorisation matérielle et sociale, 2011* ; Montréal. Institut de la statistique du Québec.
- Joos, W., Carabias, V., Winistoerfer, H. et Stuecheli, A. (1999). Social aspects of public waste management in Switzerland. *Waste Management*, 19(6), 417-425.
[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(99\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(99)00087-3)

- Kakoyannis, C., Shindler, B. et Stankey, G. (2001). *Understanding the social acceptability of natural resource decisionmaking processes by using a knowledge base modeling approach*. United States Department of Agriculture.
- Kollikkathara, N., Feng, H. et Stern, E. (2009). A purview of waste management evolution: Special emphasis on USA. *Waste Management*, 29(2), 974-985. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.032>
- Koncas recyclage. (s. d.). *Recyclage de matériaux secs Montréal et Laval*. Koncas recyclage. <http://koncasrecyclage.com/>
- Lapierre, F. (2012, 13 février). *Le site de compostage sera nettoyé*. Vallée-du-Richelieu Express. <http://www.valleedurichelieuepress.ca/actualites/actualites/144708/le-site-de-compostage-sera-nettoye>
- Lelong, J. (2017, 19 avril). *La plus grosse usine de méthanisation de France est enfin fonctionnelle !* La Gazette des Communes. <https://www.lagazettedescommunes.com/500799/a-montpellier-la-plus-grosse-usine-de-methanisation-de-france-est-enfin-fonctionnelle/>
- Leonardos, G., Kendall, D. et Barnard, N. (1969). Odor Threshold Determinations of 53 Odorant Chemicals. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 19(2), 91-95. <https://doi.org/10.1080/00022470.1969.10466465>
- Lindvall, T. et Radford, E. P. (1973). Measurement of annoyance due to exposure to environmental factors: The fourth Karolinska institute symposium on environmental health. *Environmental Research*, 6(1), 1-36. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(73\)90014-5](https://doi.org/10.1016/0013-9351(73)90014-5)
- Littarru, P. (2007). Environmental odours assessment from waste treatment plants: Dynamic olfactometry in combination with sensorial analysers “electronic noses”. *Waste Management*, 27(2), 302-309. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.03.011>
- Lucernoni, F., Capelli, L. et Sironi, S. (2017). Comparison of different approaches for the estimation of odour emissions from landfill surfaces. *Waste Management*, 63, 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.041>
- MAMH. (s. d.). *Règlements sur l’environnement, la salubrité, la sécurité et les nuisances*. Ministère des Affaires municipales et de l’Habitation. <https://www.mamh.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/guide-la-prise-de-decision-en-urbanisme/protection-de-lenvironnement/reglements-sur-lenvironnement-la-salubrite-la-securite-et-les-nuisances/>

- Marchand, M., Aissani, L., Mallard, P., Béline, F. et Réveret, J.-P. (2013). Odour and Life Cycle Assessment (LCA) in Waste Management: A Local Assessment Proposal. *Waste and Biomass Valorization*, 4(3), 607-617. <https://doi.org/10.1007/s12649-012-9173-z>
- Marks, G. et von Winterfeldt, D. (1984). « Not in my back yard »: Influence of motivational concerns on judgments about a risky technology. *Journal of Applied Psychology*, 69(3), 408-415. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.69.3.408>
- Marquis-Favre, C., Premat, E., Aubrée, D. et Vallet, M. (2005). Noise and its Effects – A Review on Qualitative Aspects of Sound. Part I: Notions and Acoustic Ratings. *Acta Acustica united with Acustica*, 91(4), 613-625.
- Martin, O. (2014). « Variable ». *Sociologie, Les 100 mots de la sociologie*. <http://journals.openedition.org/sociologie/2367>
- Martin-Houssart, G. et Rizk, C. (2002). Mesurer la qualité de vie dans les grandes agglomérations. *INSEE Première*, (868), 4.
- Matrec. (s. d.). *Nos succursales*. Matrec - Une société de GFL. <https://www.matrec.ca/installation/nos-succursales/>
- McGinley, C. M. et McGinley, M. A. (2000). Odor Intensity Scales for Enforcement, Monitoring, and Testing (p. 13). Air and Waste Management Association, 2000 Annual Conference.
- McMinn, T. (2013). « A-weighting »: Is it the metric you think it is? Dans *Annual Conference of the Australian Acoustical Society 2013*.
- MDDELCC. (2015). *Lieux d'enfouissement technique (LET) autorisés et en exploitation*. http://www.environnement.gouv.qc.ca/ministere/accesprotect/doc-demande-acces/LET_en_exploitation_2014.pdf
- MDDELCC. (2018a). *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation*.
- MDDELCC. (2018b). *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage*. MDDELCC.
- MDDEP. (2005). *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*.
- MDDEP. (2006). *Note d'instruction 98-01: Traitement des plaintes sur le bruit et*

exigences aux entreprises qui le génèrent.

- MDDEP. (2011). *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles: Plan d'action 2011-2015*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- MDDEP. (2012). *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques : phase 1*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
<http://www.deslibris.ca/ID/237179>
- MELCC. (s. d.). *Comité-conseil sur les matières résiduelles*. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/comite.htm>
- Mironor. (s. d.). *Centre de compostage de matières organiques*. Mironor.
<https://mironor.com/>
- MJQ. *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles*.
<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2019>
- MJQ. *Loi sur la qualité de l'environnement*. chapitre Q-2.
<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/Q-2>
- MJQ. *Loi sur les compétences municipales*. chapitre C-47.1.
<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/C-47.1>
- Moffat, K., Lacey, J., Zhang, A. et Leipold, S. (2016). The social licence to operate: a critical review. *Forestry*, 89(5), 477-488.
<https://doi.org/10.1093/forestry/cpv044>
- Moffat, K. et Zhang, A. (2014). The paths to social licence to operate: An integrative model explaining community acceptance of mining. *Resources Policy*, 39, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.11.003>
- MRC de D'Autray. (2009). *Grandes affectations - MRC de D'Autray - Carte 7-1*.
https://www.mrcautray.qc.ca/uploads/editor/file/carte_7-1.pdf
- MRC de la Rivière-du-Nord. (s. d.). *Carte interactive*.
<https://carte.mrcrdn.qc.ca:443/MRCRDN/index.jsp>
- MSSS. (2019). *Vision et orientations gouvernementales en matière de lutte contre le bruit environnemental au Québec*. Ministère de la Santé et des Services Sociaux.

- MTES. (2019). *Les odeurs*. Ministère de la Transition écologique et solidaire. <https://aida.ineris.fr/node/223>
- Multi Recyclage. (s. d.). *Centre de tri à Laval - Dépôt de matières résiduelles Laval*. Multi Recyclage. <https://www.multirecyclage.com/centre-de-tri-laval.html>
- Municipalité de Saint-Thomas. (2017). *plan de zonage - Municipalité de Saint-Thomas - territoire de la municipalité*. Récupéré le 6 août 2020 de [https://www.saintthomas.qc.ca/medias/2017/05/plan%20de%20zonage%20-%20territoire%20de%20la%20municipalite_16%20mars%202017%20\(2\).jpg](https://www.saintthomas.qc.ca/medias/2017/05/plan%20de%20zonage%20-%20territoire%20de%20la%20municipalite_16%20mars%202017%20(2).jpg)
- Nagata, Y. (1990). Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method. *Japanese Environmental Sanitation Center Bulletin*, (17), 10.
- Nicell, J. A. (1986). *Preliminary assessment of the odour impact model as a regulatory strategy* [Thèse, University of Windsor].
- Nicell, J. A. (1994). Development of the Odour Impact Model as a regulatory strategy. *International Journal of Environment and Pollution*, 4(1), 124-138. <https://doi.org/10.1504/IJEP.1994.028352>
- Nicell, J. A. et Henshaw, P. (2007). Odor Impact Assessments Based on Dose-Response Relationships and Spatial Analyses of Population Response. *Water Practice*, 1(2). <https://doi.org/10.2175/193317707X209777>
- Normandin, P.-A. (2018, 6 septembre). Recyclage: Montréal encore loin de ses objectifs. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/201809/06/01-5195429-recyclage-montreal-encore-loin-de-ses-objectifs.php>
- OQLF. (2011). *Fiche terminologique - acceptabilité sociale*. Office québécois de la langue française. http://www.gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26507305
- OTC. (2011). *Méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire*. Office des transports du Canada.
- Palmiotto, M., Fattore, E., Paiano, V., Celeste, G., Colombo, A. et Davoli, E. (2014). Influence of a municipal solid waste landfill in the surrounding environment: Toxicological risk and odor nuisance effects. *Environment International*, 68, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.03.004>
- Parker, T., Dottridge, J. et Kelly, S. (2002). *Investigation of the Composition and Emission of Trace Components in Landfill Gas* (P1-438/TR) [R&D Technical

Report]. Environment Agency.

- Pellus, J. (2017, 17 octobre). L'industrie alimentaire s'oppose au futur centre de compostage. *Journal Métro*. <https://journalmetro.com/local/saint-laurent/1212601/lindustrie-alimentaire-soppose-au-futur-centre-de-compostage-de-saint-laurent/>
- Pellus, J. (2018, 2 octobre). Inquiets du centre de compostage à Saint-Laurent. *Journal Métro*. <https://journalmetro.com/local/saint-laurent/1835283/saint-laurent-cartierville-inquiets-du-centre-de-compostage/>
- Piringer, M., Knauder, W., Petz, E. et Schauburger, G. (2016). Factors influencing separation distances against odour annoyance calculated by Gaussian and Lagrangian dispersion models. *Atmospheric Environment*, 140, 69-83. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.056>
- Poostchi, E. B. M. (1985). *Development of a strategy for quantifying the impact of odorous emissions from stationary sources on the surrounding communities* [Dissertation, University of Windsor].
- Radio-Canada. (2009, 21 juillet). *Un site de compostage cause des maux de tête*. Radio-Canada. [Radio-Canada.ca. https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/441862/site-compostage-probleme](https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/441862/site-compostage-probleme)
- Radio-Canada. (2011, 30 novembre). *Le centre de compostage ne fait pas l'unanimité à Saint-Michel*. Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/540669/saint-michel-centre-compostage-opposition>
- Radio-Canada. (2013a, 28 août). *Compostage à Saint-Michel : Denis Coderre promet de « tirer la plogue »*. Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/629573/centre-compostage-saint-michel-promesse-annulation-denis-coderre>
- Radio-Canada. (2013b, 29 août). *Le compostage à Saint-Michel s'immisce dans le débat électoral*. Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/629723/quebec-opposition-centre-compostage-saint-michel>
- Ranzato, L., Barausse, A., Mantovani, A., Pittarello, A., Benzo, M. et Palmeri, L. (2012). A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. *Atmospheric Environment*, 61, 570-579. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.009>

- RECORD. (2006). *Pollution olfactive, sources d'odeurs, cadre réglementaire, techniques de mesure et procédés de traitement. Etat de l'art* (n°03-0808//0809/1A).
- RECYC-QUÉBEC. (2008a). *La digestion anaérobie*. RECYC-QUÉBEC.
- RECYC-QUÉBEC. (2008b). *Le compostage*. RECYC-QUÉBEC.
- RECYC-QUÉBEC. (2018). *Matières organiques - Acceptabilité sociale des installations de traitement*. RECYC-QUÉBEC. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/matieres-organiques/acceptabilite-sociale-installations>
- Rettino-Parazelli, K. (2018, 18 mai). 30 millions pour le recyclage: la seule solution envisageable, dit la Ville de Montréal. *Le Devoir* (Montréal). <https://www.ledevoir.com/politique/montreal/528160/verser-30-millions-pour-le-recyclage-etait-la-seule-solution-envisageable-dit-la-ville-de-montreal>
- Reynolds, K. M. (2001). Social acceptability of natural resource decision-making progresses (p. 252-259). *Congruent management of multiple resources: proceedings from the wood compatibility initiative workshop*, United States Department of Agriculture.
- Robinson, D. W. (1957). The subjective loudness scale. *Acustica*, 7(4), 217-233. <https://doi.org/10.1121/1.1907827>
- Roulier, F. (1999). Pour une géographie des milieux sonores. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.5034>
- Rousseau, M.-L. (2018, 3 juillet). Crise du recyclage: Québec met en place un comité d'experts. *Le Devoir*. <https://www.ledevoir.com/societe/environnement/531657/crise-du-recyclage-quebec-met-en-place-un-comite-d-experts>
- Ruth, J. H. (1986). Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 47(3), A-142-A-151. <https://doi.org/10.1080/15298668691389595>
- Secrétariat du Conseil du trésor. (2020). *Usine de biométhanisation - Laval - Construction*. Secrétariat du Conseil du trésor du Québec. https://www.tresor.gouv.qc.ca/public-infrastructures/tableau-de-bord-des-projets-dinfrastructures-de-50-millions-de-dollars-et-plus/construction-dune-usine-de-biomethanisation-ville-de-laval/?L=2&tx_tdbpip_tdbpip%5BcurrentPage%5D=4&cHash=5763beeda1de

08d8872f9278d1612e48

- Senante, E., Galtier, L., Bakaert, C., Lambomez-Michel, L. et Budka, A. (2003). Odours Management at MSW landfill sites : odours sources, odorous compounds and control measures (p. 1623-1633). 9th International Waste Management & Landfill Symposium.
- Sironi, S., Capelli, L., Céntola, P., Del Rosso, R. et Il Grande, M. (2007). Continuous monitoring of odours from a composting plant using electronic noses. *Waste Management*, 27(3), 389-397. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.01.029>
- St. Pierre, R. L. et Maguire, D. J. (2004). The Impact of A-weighting Sound Pressure Level Measurements during the Evaluation of Noise Exposure (p. 8). Noise-Con 2004.
- Stevens, S. S. (1936). A scale for the measurement of a psychological magnitude: loudness. *Psychological Review*, 43(5), 405-416. <https://doi.org/10.1037/h0058773>
- Stevens, S. S. (1955). The measurement of loudness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27(5), 815-829. <https://doi.org/10.1121/1.1908048>
- Stevens, S. S. (1962). The surprising simplicity of sensory metrics. *American Psychologist*, 17(1), 29-39. <https://doi.org/10.1037/h0045795>
- Thomson, I. et Boutilier, R. G. (2011). Social Licence to Operate. Dans P. Darling (dir.), *SME Mining Engineering Handbook* (3^e éd.). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Toledo, M., Siles, J. A., Gutiérrez, M. C. et Martín, M. A. (2018). Monitoring of the composting process of different agroindustrial waste: Influence of the operational variables on the odorous impact. *Waste Management*, 76, 266-274. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.042>
- Transfert Environnement. (2010). *Étude sur les facteurs pouvant influencer l'acceptabilité sociale des équipements de traitement des matières résiduelles*. Communauté métropolitaine de Montréal.
- Tricentris. (s. d.). *Nos usines*. Tricentris. <https://www.tricentris.com/nos-usines/>
- US EPA, O. (2016a). *Air Quality Dispersion Modeling - Alternative Models*. US EPA. <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-alternative-models>

- US EPA, O. (2016b). *Air Quality Dispersion Modeling - Preferred and Recommended Models*. US EPA. <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models>
- Ville de Brownsburg-Chatham. (2013). *Règlement de zonage - Annexe 1: Plan de zonage - Feuillet 1/2*. <http://www.brownsburgchatham.ca/wp-content/uploads/2018/08/Plan-de-zonage-Feuillet-1.pdf>
- Ville de Gatineau. (2005a). *Plan de gestion des matières résiduelles - Horizons 2006-2010*. https://www.gatineau.ca/docs/guichet_municipal/administration_municipale/politiques_vision/plan_gestion_matiere_residuelles.fr-CA.pdf
- Ville de Gatineau. (2005b). *Plan de zonage - secteur de Gatineau*. https://www.gatineau.ca/docs/guichet_municipal/reglements_municipaux/reglements_urbanisme/pdf-nouveau/R-502_zonage/gatineau36_1.pdf
- Ville de Gatineau. (2014). *Grilles des spécifications - Zone: H-08-177*. https://www.gatineau.ca/grilles_zonage/Uniques/H-08-177.pdf
- Ville de Gatineau. (2016). *Plan de gestion des matières résiduelles 2016-2020*. https://www.gatineau.ca/docs/guichet_municipal/ordures_recyclage_compostage_encombrants/plan_gestion_matiere_residuelles/pgmr_2016_2020.fr-CA.pdf
- Ville de Gatineau. (2018). *Grilles des spécifications - Zone: I-03-093*. https://www.gatineau.ca/grilles_zonage/Uniques/I-03-093.pdf
- Ville de Gatineau. (s. d.). *Écocentres et centre de transbordement*. Ville de Gatineau. https://www.gatineau.ca/portail/default.aspx?p=guichet_municipal/ordures_recyclage_compostage_encombrants/ecocentres_centre_transbordement
- Ville de Lachute. (2019). *Règlement de zonage numéro 2013-739*. https://www.ville.lachute.qc.ca/media/520593/zonage_admin_jan_2019.pdf
- Ville de Laval. (2019). *Index au plan de zonae - Annexe 1 au règlement L-2000*. <https://www.laval.ca/Documents/Pages/Fr/Citoyens/reglements/reglements-codifies/plan-zonage-l-2000-2019-10-31.pdf>
- Ville de Laval. (2020). *Règlement numéro L-2000 - Codification administrative*. <https://www.laval.ca/Documents/Pages/Fr/Citoyens/reglements/reglements-codifies/reglement-l-2000-2020-02-06.pdf>
- Ville de Laval. (s. d.). *Usine de biométhanisation*. Ville de Laval.

<https://www.laval.ca/Pages/Fr/A-propos/usine-de-biomethanisation.aspx>

Ville de Montréal. (2017). *Portrait 2016 des matières résiduelles de l'agglomération de Montréal - Réduire pour mieux grandir*. Ville de Montréal.

Ville de Montréal. (2018a). *Bilan 2017 des matières résiduelles de l'agglomération de Montréal - Réduire pour mieux grandir*. Ville de Montréal.

Ville de Montréal. (2018b). *Complexe environnemental de Saint-Michel (CESM) : centre de tri et de récupération des matières recyclables | Banque d'information 311*.

<http://www1.ville.montreal.qc.ca/banque311/content/complexe-environnemental-de-saint-michel-cesm-centre-de-tri-et-de-r%C3%A9cup%C3%A9ration-des-mati%C3%A8res->

Ville de Montréal. (2019). *Séance d'information publique - Comité de suivi Est - Centre de biométhanisation à Montréal-Est*. Montréal.

http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/D_SOCIAL_FR/MEDIA/DOCUMENTS/2019-11-12%20-%20PR%C9SENTATION%20COMIT%C9%20DE%20SUIVI%20EST.PDF

Ville de Montréal. (2020a). *Environnement - Cinq nouvelles infrastructures* [Web page].

http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7237,142039539&_dad=portal&_schema=PORTAL

Ville de Montréal. (2020b). *Ma carte interactive - LaSalle*.

<https://spectrum.montreal.ca/connect/analyst/mobile/#/main?mapcfg=-%20LaSalle>

Ville de Montréal. (2020c). *Ma carte interactive - Pierrefonds-Roxboro*.

<https://spectrum.montreal.ca/connect/analyst/mobile/#/main?mapcfg=-%20Pierrefonds-Roxboro>

Ville de Montréal. (2020d). *Ma carte interactive - Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles*.

<https://spectrum.montreal.ca/connect/analyst/mobile/#/main?mapcfg=-%20Rivi%C3%A8re-des-Prairies%E2%80%93Pointe-aux-Trembles>

Ville de Montréal. (2020e). *Ma carte interactive - Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension*.

<https://spectrum.montreal.ca/connect/analyst/mobile/#/main?mapcfg=-%20Villeray%E2%80%93Saint-Michel%E2%80%93Parc-Extension>

- Ville de Montréal. (2020f). *Ville de Montréal - Environnement - Nouveau centre de tri des matières recyclables de Montréal* [Web page]. Ville de Montréal.
http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7237,143362266&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Ville de Montréal-Est. (2016a). *Zone I.03*. <https://ville.montreal-est.qc.ca/wp-content/uploads/2016/12/Zone-I.03-2016-10-24.pdf>
- Ville de Montréal-Est. (2016b). *Zone I.12*. <https://ville.montreal-est.qc.ca/wp-content/uploads/2016/12/Zone-I.12-2016-10-24.pdf>
- Ville de Montréal-Est. (s. d.). *Plan de zonage de la ville de Montréal-Est*. Ville de Montréal-Est. <https://ville.montreal-est.qc.ca/la-ville/direction-de-gestion-territoire-environnement/plan-de-zonage/>
- Ville de Terrebonne. (2019). *Règlements d'urbanisme 1001 à 1008*.
[https://www.ville.terrebonne.qc.ca/uploads/html_content/_1001-1008%20REGLEMENTS%20DURBANISME%20\(MAJ%2016\).pdf](https://www.ville.terrebonne.qc.ca/uploads/html_content/_1001-1008%20REGLEMENTS%20DURBANISME%20(MAJ%2016).pdf)
- Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension. (2020). *Grille des usages et des normes - ZONE: E04-062*. <http://www1.ville.montreal.qc.ca/CartesInteractives/rdp-pat/Doc/Zonage/521.pdf>
- Waste Connections of Canada. (s. d.). *Nos services*. Complexe Enviro Connexions.
<https://www.complexenviroconnexions.com/nos-services/>
- Waste Management. (2018, 22 octobre). *Opérations*. L.E.T. de Sainte-sophie.
<https://www.wm-sainte-sophie.org/operations/>
- WHO. (2011). *Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe*. World Health Organization, Regional Office for Europe.
- Wolsink, M. et Devilee, J. (2009). The motives for accepting or rejecting waste infrastructure facilities. Shifting the focus from the planners' perspective to fairness and community commitment. *Journal of Environmental Planning and Management*, 52(2), 217-236. <https://doi.org/10.1080/09640560802666552>
- Ying, D., Chuanyu, C., Bin, H., Yuen, X., Xuejuan, Z., Yingxu, C. et Weixiang, W. (2012). Characterization and control of odorous gases at a landfill site: A case study in Hangzhou, China. *Waste Management*, 32, 317-326.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.07.016>