

**AVIS DE SANTÉ PUBLIQUE RELATIF À LA PRÉSENCE DE  
BIOGAZ AU PARC DU RIGOLET À LÉVIS**



**Agence de la santé  
et des services  
sociaux de Chaudière-  
Appalaches**

**Québec** 

**AVIS DE SANTÉ PUBLIQUE RELATIF À LA PRÉSENCE  
DE BIOGAZ AU PARC DU RIGOLET À LÉVIS**

Direction de la santé publique  
et de l'évaluation

Juin 2010

Le genre masculin utilisé dans ce document désigne aussi bien les femmes que les hommes.

Dépôt légal  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2010  
Bibliothèque et Archives Canada, 2010

ISBN 978-2-89548-593-3 (version imprimée)  
ISBN 978-2-89548-594-0 (version pdf)

Document déposé à Santécom (<http://www.santecom.qc.ca>)

Toute reproduction partielle de ce document est autorisée et conditionnelle à la mention de la source.

© Agence de la santé et des services sociaux de Chaudière-Appalaches, 2010

## **RÉALISATION**

### **RÉDACTION**

Benoit Gingras, M.D., M.Sc.,  
Équipe santé et environnement  
Direction de santé publique et de l'évaluation

Simon Arbour, M. Sc.,  
Équipe santé et environnement  
Direction de santé publique et de l'évaluation

### **COLLABORATION ET RÉVISION**

Philippe Lessard, M.D.,  
Directeur de santé publique  
Direction de santé publique et de l'évaluation

Jean-Pierre Vigneault,  
Coordonateur équipe santé et environnement et santé au travail  
Direction de santé publique et de l'évaluation

Marie-Claude Laberge,  
Coordonnatrice équipe santé et environnement et santé au travail  
Direction de santé publique et de l'évaluation

### **PERSONNES CONSULTÉES**

Pierre Boulay,  
Directeur  
Direction de l'environnement et des infrastructures  
Ville de Lévis

Christian Guay,  
Coordonnateur à l'environnement  
Direction de l'environnement et des infrastructures  
Ville de Lévis

Catherine Verrault,  
Directrice – Études et ingénierie (division biogaz)  
Genivar

### **MISE EN PAGE**

Émilie Couture, agente administrative  
Service de santé et environnement  
Direction de santé publique et de l'évaluation

Nathalie Morin, agente administrative  
Service de santé et environnement  
Direction de santé publique et de l'évaluation



## RÉSUMÉ AVIS ET RECOMMANDATIONS

En 2009, la Direction de la Santé publique et de l'évaluation (DSPE) de Chaudière-Appalaches a reçu une demande d'un citoyen voisin du Parc du Rigolet à Lévis de fournir un avis sur les risques à la santé et la sécurité reliés à la détection de biogaz dans certaines résidences de ce secteur. La DSPE a alors entrepris de documenter le problème afin d'émettre cet avis de santé. Les biogaz proviendraient de la décomposition de matières résiduelles enfouies sous le Parc du Rigolet entre 1965 et 1985.

La décomposition de la partie organique des matières contenues dans les déchets enfouis produit un gaz combustible que l'on nomme biogaz. Ce gaz est composé presque en totalité de deux substances gazeuses en proportion à peu près égale, le méthane (CH<sub>4</sub>), un gaz extrêmement inflammable et explosif à certaines concentrations et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), un gaz ininflammable. Ces deux gaz sont des substances pratiquement inertes et n'ont pas d'effet physiologique à basse concentration. Cependant, à certaines concentrations, ils peuvent occuper la place de l'oxygène dans des espaces fermés et causer alors une asphyxie; ce sont des asphyxiants simples. Les biogaz contiennent aussi des composés traces qui sont principalement des composés organiques volatiles (COV) et qui ne constituent qu'environ 1% du mélange gazeux. Cependant, plusieurs de ces composés présentent des effets potentiels sur la santé humaine. Les occupants des bâtiments voisins de lieux d'enfouissement de déchets peuvent être exposés à ces gaz suite à leur intrusion dans les sous-sols après avoir migré du site où ils ont été enfouis.

Certains cas d'explosion survenus dans des résidences privées ou des lieux publics reliés à la migration de biogaz provenant de lieux d'enfouissement sanitaires (LES) ont été recensés. Par ailleurs, plusieurs études épidémiologiques ont été réalisées depuis une vingtaine d'années afin d'analyser des effets possibles sur la santé pour des populations vivant à proximité de LES exposées à des biogaz. Les effets potentiels le plus souvent évoqués dans ces études sont les cancers, les anomalies congénitales et des problèmes de reproduction. Divers autres problèmes de santé rapportés ont obtenus des résultats variables. L'ensemble des études épidémiologiques tendent à conclure que bien qu'il soit biologiquement plausible que l'exposition aux substances toxiques contenues dans les biogaz puisse entraîner des problèmes de santé, les études ne permettent pas de confirmer un lien de causalité avec le fait d'habiter à proximité d'un site d'enfouissement. Une certaine tendance en faveur d'un risque accru pour des problèmes de reproduction se dessine néanmoins mais sans lien clair de causalité. Par ailleurs, la littérature scientifique rapporte différents impacts psychologiques et sociaux pouvant être associés à la gestion des lieux d'élimination de déchets.

Certaines résidences sises à proximité de l'ancien site d'enfouissement du Parc du Rigolet, principalement celles situées du côté nord du chemin du fleuve, sont

susceptibles de voir des biogaz s'introduire dans leur sous-sol ou leur vide sanitaire. Cette situation a d'abord été évoquée par une firme de consultants en 2005. C'est en 2006 qu'on a confirmé la présence de biogaz en faible concentration dans des résidences. En 2008, six bâtiments ont été identifiés comme présentant un risque plus élevé à l'intrusion de biogaz, risque confirmé par la présence de concentrations significatives et dépassant, dans un cas, le critère retenu pour le risque d'explosion. Au cours de l'année 2009, le suivi de la présence de biogaz dans quatre des habitations identifiées a révélé des concentrations relativement faibles de biogaz. Seulement 1,3% des échantillons dépassaient le critère de 50 ppm de CH<sub>4</sub> suggéré par la Société canadienne d'hypothèque et de logement (SCHL) comme nécessitant une surveillance occasionnelle de la présence de ce gaz. Cependant des mesures très élevées de concentration de CH<sub>4</sub> dans des puits d'observation situés à quelques mètres de résidences à l'été 2009 ont confirmé que le risque d'intrusion était toujours présent. En décembre 2009, des détecteurs de biogaz analysant en permanence la présence des gaz ont été installés dans quatre résidences. D'autres propriétaires d'habitations visées par cette mesure ont toutefois refusé ce service.

Comme solution permanente, la Ville de Lévis procédera à moyen terme à l'excavation partielle des déchets lors du remplacement d'une conduite d'égout, et à l'aménagement d'un mur étanche de façon à contenir les gaz résiduels dans le sol et éviter qu'ils migrent vers les résidences.

Suite à son évaluation de la situation, la Direction de santé publique et de l'évaluation **est de d'avis que** :

- Le risque d'explosion dans des habitations demeure le risque à court terme le plus préoccupant d'un point de vue de santé et sécurité publique. Cependant, compte tenu des données dont nous disposons, la probabilité d'un tel événement ne peut pas être quantifiée. Qualitativement, nous estimons qu'il s'agit d'un risque faible.
- Les mesures transitoires de surveillance d'intrusion de gaz dans les habitations mises en place par la municipalité sont adéquates pour les habitations qui en font l'objet. Cependant, le délai pour procéder à l'installation de détecteurs de biogaz a fait en sorte que des citoyens ont été exposés à un risque durant cette période, toutefois sans conséquence.
- Les résidents des habitations ciblées qui ont refusés l'installation de détecteurs sont toujours exposés à un risque pour leur sécurité. Par ailleurs, nous ne pouvons confirmer l'absence de risque d'intrusion de biogaz dans d'autres résidences du secteur.
- L'excavation des déchets enfouis constituerait sans doute le meilleur moyen permettant d'éliminer le risque d'intrusion des biogaz. Cependant, nous sommes d'avis que la solution retenue comme mesure permanente de protection constitue une solution acceptable pour prévenir le danger d'explosion.

- Le risque de développer des problèmes de santé reliés aux biogaz pour les personnes vivant dans le voisinage de l'ancien site d'enfouissement du Parc du Rigolet est très faible. Un certain degré d'incertitude tient à l'absence d'information sur l'exposition aux composés traces avant 2006.
- Des effets de nature psychologique et sociale chez les citoyens voisins du Parc du Rigolet sont possibles en raison notamment des craintes de la population face au risque perçu ainsi que des inquiétudes relatives à la valeur des propriétés.

Ainsi, la Direction de santé publique et de l'évaluation **recommande que** :

- Les travaux pour mettre en application les solutions permanentes soient finalisés dans les délais les plus courts possibles.
- La Ville de Lévis réitère l'offre d'installer des détecteurs de biogaz aux résidents des habitations identifiées comme plus à risque et qui l'ont refusé.
- La Ville de Lévis établisse un nouveau plan d'échantillonnage résidentiel dans les secteurs qui étaient identifiés en février 2009 comme devant bénéficier d'une surveillance occasionnelle quant à l'intrusion de biogaz. Ce plan devrait aussi inclure les habitations situées à proximité des puits où on a mesuré des concentrations élevées de méthane notamment en juillet 2009. Cette activité de surveillance occasionnelle devrait être effectuée jusqu'à la réalisation des travaux visant une solution permanente de protection.
- La Ville de Lévis établisse un plan d'échantillonnage de contrôle après les travaux de façon à s'assurer de l'efficacité des structures mises en place pour empêcher la migration des biogaz. Ces mesures devraient être effectuées dans des puits d'échantillonnage et dans des résidences.
- La Ville de Lévis informe les résidents du secteur de la réalisation des mesures annoncées de manière à les rassurer sur le contrôle des risques relatifs aux biogaz.



## **AVANT PROPOS**

Le présent avis de santé est rendu public plus d'un an après que la Direction de santé publique ait été informée d'un problème relié à la présence de biogaz sur le site du Parc de Rigolet à Lévis. Cependant, nous nous sommes impliqués auprès des citoyens concernés dès que la situation nous a été signalée en participant notamment à une assemblée publique d'information tenue par la Ville de Lévis. Nous avons alors eu l'occasion d'émettre un avis préliminaire sur cette question. Par la suite, nous nous sommes tenus étroitement informés tout au long du processus, des mesures de surveillance et de protection mises en place par la ville de façon à pouvoir émettre des commentaires et des recommandations le cas échéant.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ AVIS ET RECOMMANDATIONS</b> .....	<b>VII</b>
<b>AVANT PROPOS</b> .....	<b>XI</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>XIII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>XV</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>XVI</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1 INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 ORIGINE DE LA DEMANDE</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 LE MANDAT DU DIRECTEUR DE SANTÉ PUBLIQUE</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 LA DÉMARCHE D'ÉVALUATION ET DE GESTION DES RISQUES         POUR LA SANTÉ</b> .....	<b>2</b>
<b>2 MÉTHODOLOGIE</b> .....	<b>5</b>
<b>3 DESCRIPTION DU SITE</b> .....	<b>7</b>
<b>4 LES RISQUES À LA SANTÉ RELIÉS AUX LIEUX D'ENFOUISSEMENT SANITAIRES</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 LES EAUX DE LIXIVIATION</b> .....	<b>11</b>
4.1.1 La production de lixiviat.....	11
4.1.2 Les risques pour la santé reliés au lixiviat.....	11
<b>4.2 LES BIOGAZ</b> .....	<b>12</b>
4.2.1 La formation des biogaz.....	12
4.2.2 La migration des biogaz et l'intrusion de vapeur .....	17
4.2.3 Les risques reliés aux biogaz.....	18
4.2.3.1 Le méthane (CH <sub>4</sub> ).....	18
4.2.3.2 Le dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) .....	20
4.2.3.3 Le méthane et le dioxyde de carbone en tant que gaz asphyxiants.....	21
4.2.3.4 Les composés traces des biogaz .....	23
4.2.3.5 Les effets indirects des biogaz sur la santé .....	25
<b>4.3 LES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES</b> .....	<b>25</b>

4.3.1	Les revues québécoises de la littérature sur le sujet .....	25
4.3.1.1	La revue de Drouin et collaborateurs.....	25
4.3.1.2	La revue de C. Blanchette .....	27
4.3.1.2.1	Les cancers.....	27
4.3.1.2.2	Les effets sur les malformations congénitales et sur la reproduction .....	28
4.3.1.2.3	Les autres effets sur la santé .....	29
4.3.2	Les revues publiées plus récemment.....	29
4.3.2.1	Rapport de l’OMS .....	30
4.3.2.2	Revue récente des études .....	30
4.3.3	Résumé et conclusion portant sur les études épidémiologiques.....	31
<b>4.4</b>	<b>LES EFFETS DE NATURE PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE RELIÉS AUX LIEUX D’ENFOUISSEMENT DE DÉCHETS.....</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>LE CAS DU PARC DU RIGOLET : LES RISQUES À LA SANTÉ POUR LES RÉSIDANTS DE SON VOISINAGE .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>LES RISQUES RELIÉS À L’EXPOSITION AUX BIOGAZ.....</b>	<b>37</b>
5.1.1	Les contaminants présents dans le sol et dans l’eau souterraine .....	37
5.1.2	Les données sur la présence de biogaz dans des résidences.....	38
5.1.3	Les actions de surveillance pour les résidents.....	41
5.1.4	Vers une solution permanente .....	43
<b>5.2</b>	<b>LES EFFETS DE NATURE PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>AVIS ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>45</b>
<b>6.1</b>	<b>AVIS ET RECOMMANDATIONS RELATIFS AU RISQUE D’EXPLOSION DANS DES RÉSIDENCES .....</b>	<b>45</b>
<b>6.2</b>	<b>AVIS ET RECOMMANDATIONS RELATIFS AUX AUTRES EFFETS À LA SANTÉ RELIÉS AUX BIOGAZ.....</b>	<b>47</b>
<b>6.3</b>	<b>AVIS ET RECOMMANDATIONS RELATIFS AUX EFFETS DE NATURE PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE .....</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXE</b>	<b>.....</b>	<b>49</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Composition de la portion organique contenue dans des déchets. ....	12
Tableau 2.	Composition typique du biogaz émis par un LES.....	16
Tableau 3.	Principaux COV présents dans le biogaz des LES.....	17
Tableau 4.	Caractéristiques et critères de sécurité pour le méthane (CH <sub>4</sub> ).....	19
Tableau 5.	Principales caractéristiques et critères pour le dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ). ....	20
Tableau 6.	Correspondances entre les concentrations de gaz asphyxiants simples, la concentration d'O <sub>2</sub> et les effets.....	22
Tableau 7.	Cancérogénicité (et principaux types de cancers) et toxicité par exposition chronique attribuables aux principaux composés organiques retrouvés dans les LES.....	24
Tableau 8.	Études de Goldberg, Goulet et Al-Homsi, CTED (Carrière Miron) Direction régionale de santé publique – Montréal-Centre.....	26
Tableau 9 :	Déterminants associés à la perception du risque .....	34
Tableau 10 :	Relevés de biogaz dans des résidences de la rue du Fleuve (septembre et octobre 2008) .....	40

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Localisation du Parc du Rigolet à Lévis. ....	8
Figure 2.	Situation du Parc du Rigolet dans le quartier du Vieux Saint-Romuald .....	9
Figure 3.	Description du site du Parc du Rigolet .....	10
Figure 4.	Décomposition biologique des déchets.....	13
Figure 5.	Constitution des gaz pendant la décomposition des déchets.....	14
Figure 6.	Exemple des courbes de génération des biogaz avec et sans système de captage.....	15
Figure 7.	Modèle conceptuel de site, Parc du Rigolet .....	38

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ALTER	Acceptable long-term exposure range
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CH <sub>4</sub>	Méthane
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
COV	Composés organiques volatiles
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail
CTED	Centre de tri et d'élimination des déchets
DIVS	Danger immédiat pour la vie et la santé
DSP	Direction de santé publique
GES	Gaz à effet de serre
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
INRS	Institut national de la recherche scientifique
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LES	Lieux d'enfouissement sanitaires
LIE	Limite inférieure d'explosivité
LOEL	Lowest-observed-effect-level
L.R.Q.	Lois refondues du Québec
LSE	Limite supérieure d'explosivité
Mg/m <sup>3</sup>	Milligramme par mètre cube
MSSS	Ministère de la Santé et des Services Sociaux
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
O <sub>2</sub>	Oxygène
OMS-WHO	Organisation mondiale de la santé- World Health Organisation
PAC-SCAPA	Protective Action Criteria – Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions (USA)
PPMV	Parties par million en volume
REIMR	Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles
RSST	Règlement sur la santé et la sécurité du travail
SCHL	Société canadienne d'hypothèque et de logement
SIGAT	Système d'information et de gestion en aménagement du territoire
TEEL	Temporary Emergency Exposure Limits
TLV-STEL	Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit
TLV-TWA	Threshold Limit Value-Time-Weighted Average
VECD	Valeur d'exposition courte durée
VEMP	Valeur d'exposition moyenne pondérée
%v/v	Pourcent en volume



## 1 INTRODUCTION

### 1.1 ORIGINE DE LA DEMANDE

En janvier 2009, un résident de la rue du Fleuve, voisin du Parc du Rigolet, a adressé une demande écrite à la Direction de la Santé publique et de l'évaluation (DSPE) de Chaudière-Appalaches pour qu'un avis lui soit donné sur les risques à la santé et à la sécurité que peut représenter la présence de biogaz dans le sous-sol de sa résidence, de même que celles d'autres résidents du quartier. Cette demande faisait suite à la détection de ces émanations par des consultants et du personnel de la Ville de Lévis à l'automne 2008. Ces biogaz proviendraient de la décomposition de matières résiduelles enfouies sous le Parc du Rigolet, qui se trouve sur le terrain voisin de celui du demandeur.

La DSPE a accusé réception de cette demande et a débuté son évaluation du dossier. Deux de ses représentants ont notamment participé à une rencontre d'information tenue par la Ville de Lévis le 11 février 2009 pour répondre sur place aux questions de la population et prendre connaissance des inquiétudes exprimées en regard de la présence de biogaz à proximité de leurs résidences. Par la suite, la DSPE a poursuivi son travail d'évaluation en documentant la problématique en vue plus particulièrement de préparer le présent avis.

### 1.2 LE MANDAT DU DIRECTEUR DE SANTÉ PUBLIQUE

Le Directeur de santé publique et de l'évaluation (DSPE) de la région de la Chaudière-Appalaches est responsable de la réalisation des mandats du directeur de santé publique énoncés dans la *Loi sur les services de santé et les services sociaux* (L.R.Q. c. S-4.2) et la *Loi sur la santé publique* (L.R.Q. c. S-2.2).

Le directeur de santé publique est responsable notamment (L.R.Q., chapitre S-4.2) :

- D'informer la population (...) des problèmes de santé prioritaires, des groupes les plus vulnérables, des principaux facteurs de risques et des interventions qu'il juge les plus efficaces ;
- D'identifier les situations susceptibles de mettre en danger la santé de la population et de voir à la mise en place des mesures nécessaires à sa protection ;
- D'assurer une expertise en prévention et en promotion de la santé et de conseiller l'Agence sur les services préventifs utiles à la réduction de la mortalité et de la morbidité évitable ;

- D'identifier les situations où une action intersectorielle s'impose (...) et, lorsqu'il le juge approprié, de prendre les mesures qu'il juge nécessaires pour favoriser cette action.

Pour réaliser ces mandats, le DSP s'appuie sur quatre fonctions dites « essentielles »<sup>1</sup> :

- La surveillance continue de l'état de santé de la population ;
- La promotion de la santé et du bien-être ;
- La prévention ;
- La protection.

C'est entre autres dans cette optique, que le directeur de santé publique procède à l'analyse d'une situation qui peut être susceptible d'avoir un impact sur la santé de la population de sa région et qui lui est soumise par un partenaire, un citoyen ou un groupe de citoyens. Cette analyse vise principalement à évaluer si la situation qui lui est signalée présente des risques pour la santé des citoyens exposés et à émettre des recommandations qui contribueront, le cas échéant, à réduire ces risques, de même qu'au maintien de leur santé et de leur bien-être.

### **1.3 LA DÉMARCHE D'ÉVALUATION ET DE GESTION DES RISQUES POUR LA SANTÉ**

L'évaluation des risques est une démarche scientifique qui comprend plusieurs étapes : l'identification du problème, l'identification des contaminants et de leurs effets potentiels sur la santé, la détermination de la relation entre la dose d'exposition et les effets sur la santé, l'estimation de l'exposition de la population et finalement l'estimation du risque. Le processus de gestion des risques relève quant à lui des décideurs. Il consiste à faire un choix parmi les solutions efficaces proposées afin de réduire l'exposition, donc le risque, en tenant compte des impacts de santé publique, sociaux et économiques reliés aux mesures de protection prises.

La prise en compte des meilleures connaissances disponibles ne permet pas toujours de quantifier avec exactitude les effets appréhendés d'un contaminant sur la santé de la population. Cependant, la présente démarche vise à estimer l'existence d'un risque éventuel résultant du fait de vivre dans le voisinage d'un ancien lieu d'enfouissement de déchets et à formuler des recommandations concrètes dans le but de réduire et même éliminer les impacts appréhendés sur les personnes exposées.

Par ailleurs, les principes directeurs qui nous ont guidés dans l'élaboration de cet avis sont ceux généralement proposés dans le réseau de la santé publique au Québec et développés par un groupe de travail de l'Institut national de santé

---

<sup>1</sup> MSSS, 2003

publique du Québec (INSPQ)<sup>2</sup>. Ces principes dont la définition est présentée en annexe sont : *l'appropriation de ses pouvoirs, l'équité, l'ouverture, la primauté de la protection de la santé humaine, la prudence, la rigueur scientifique et la transparence.*

---

<sup>2</sup> Ricard,. 2003



## **2 MÉTHODOLOGIE**

Afin de produire cet avis de santé et émettre des recommandations appropriées, nous avons d'abord pris connaissance de l'historique du lieu d'enfouissement de déchets sur le site du Parc du Rigolet et avons consulté les rapports des firmes de consultants mandatées par la Ville de Lévis. Nous nous sommes documentés sur le phénomène de migration des biogaz et des risques d'intrusion de vapeur et avons parcouru les publications scientifiques dans le domaine des risques à la santé pour les populations qui vivent à proximité de lieux d'enfouissement sanitaires (LES). Parallèlement, nous avons régulièrement maintenu des liens avec les responsables de ce dossier à la Ville de Lévis afin de suivre l'évolution des mesures mises en place visant à protéger la santé et la sécurité des citoyens concernés. L'ensemble de la démarche s'est effectuée conformément au cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique.



### 3 DESCRIPTION DU SITE

Le Parc du Rigolet est situé dans la Ville de Lévis (figure 1) et, plus précisément, dans le quartier du Vieux Saint-Romuald (figure 2). Il a été établi sur un ancien ruisseau remblayé avec des déchets domestiques entre les années 1965 et 1970. Par la suite, des matériaux secs, comprenant des matériaux de démolition et de construction provenant des routes et trottoirs avoisinants, y ont aussi été enfouis entre 1975 et 1985. Depuis, le terrain a été recouvert de gazon et il a présentement une vocation récréative.

La figure 3 montre un plan schématisé du site. La zone de déchets enfouis et de sols contaminés couvre une superficie totale de 8 930 m<sup>2</sup>, sur une épaisseur moyenne de 1,4 mètres. Ceci correspond à un volume total de 12 500 m<sup>3</sup> de sols composés de 10 à 50 % de déchets<sup>3</sup>. Le volume de sols contaminés principalement par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui dépassent les critères du MDDEP<sup>4</sup> est évalué à 40 m<sup>3</sup>. La profondeur des déchets enfouis se situe entre 2 et 3 mètres, mais atteint seulement 0,6 mètre à certains endroits. Leur superficie couvre environ 40 % de la superficie occupée auparavant par des jardins communautaires.

La profondeur des dépôts meubles, constitués principalement de matériaux de remblai à texture grossière (sable et limon), varie entre 2,6 et 4,1 mètres<sup>5</sup>. Ceux-ci reposent sur un socle rocheux composé de microconglomérats avec interlits de grès et de shale, soit des roches sédimentaires et roches métamorphiques. La profondeur de l'eau souterraine varie de 1,1 à 3,0 mètres. L'écoulement se fait en direction du fleuve vers le nord. La hauteur de la nappe phréatique peut varier suivant les marées, les précipitations, les saisons et les modifications aux conditions hydrogéologiques du secteur. Les déchets peuvent donc entrer en contact avec l'eau souterraine. Les marées auraient toutefois peu d'influence sauf à la limite nord du site près du fleuve<sup>6</sup>.

Les résidences les plus rapprochées du site se trouvent à environ de 7 mètres de distance des sols et de l'eau souterraine contaminés<sup>5</sup>. Une voie préférentielle de migration des contaminants est présente, par le biais d'un réseau d'égout sanitaire traversant le parc et raccordé à certaines des résidences avoisinantes. La canalisation est cependant en très mauvaise état, ce qui fait que l'égout entretient une certaine contamination du site<sup>4</sup>.

---

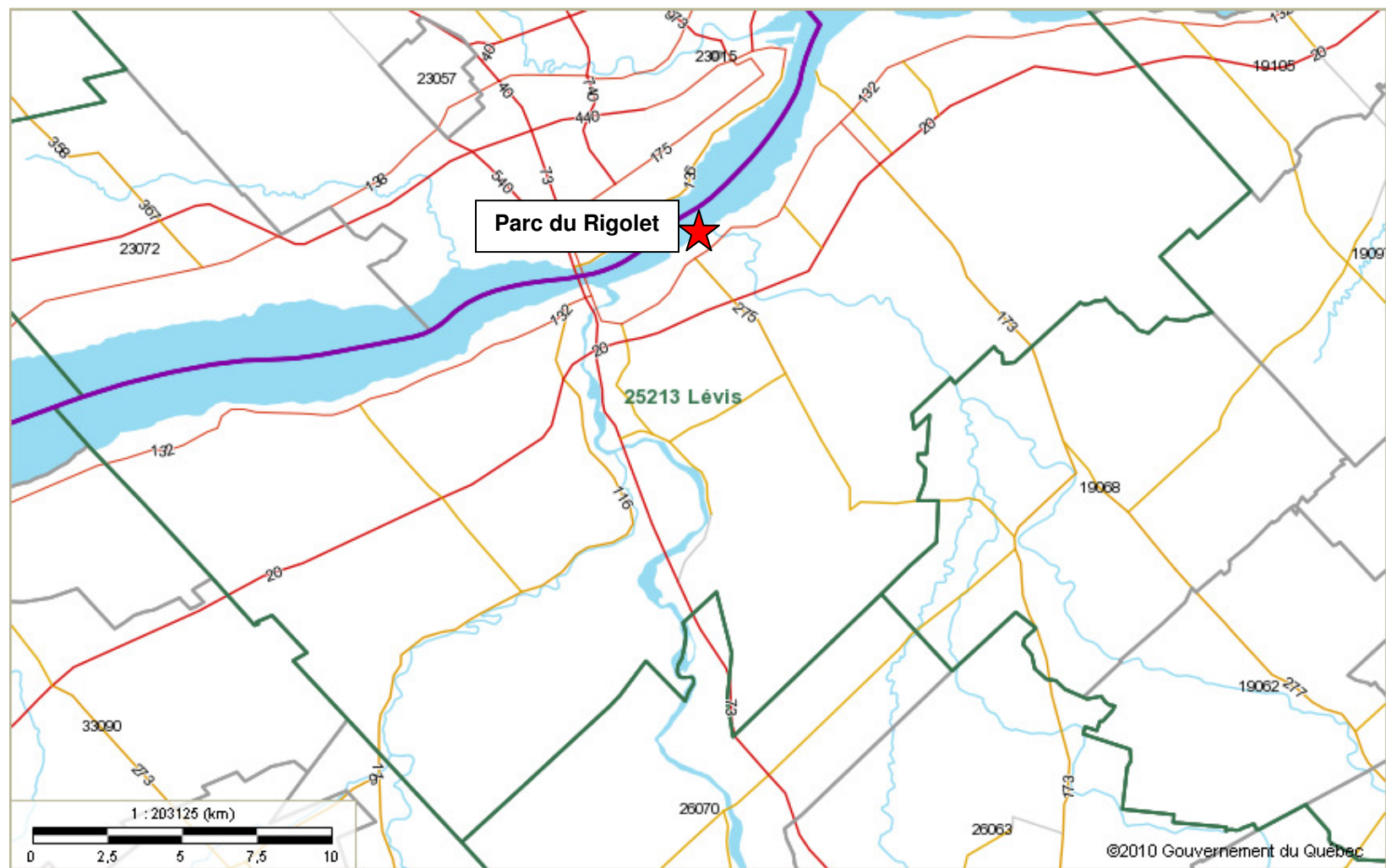
<sup>3</sup> Technisol, 2001

<sup>4</sup> Technisol, 2005

<sup>5</sup> Technisol, 2007

<sup>6</sup> Dessau, 2009

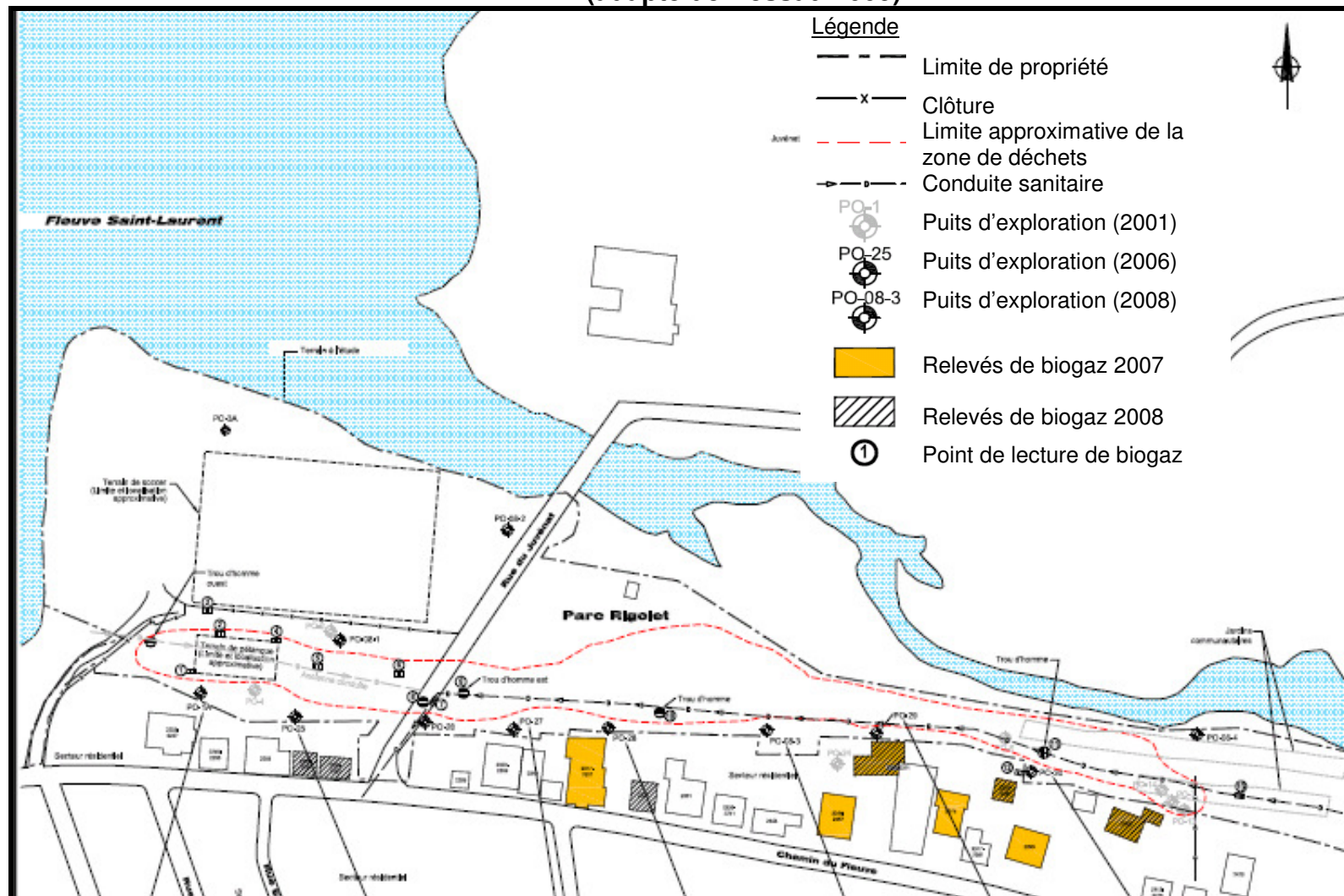
**Figure 1. Localisation du Parc du Rigolet à Lévis**  
(source : SIGAT 2010).



**Figure 2. Situation du Parc du Rigolet dans le quartier du Vieux Saint-Romuald  
(source : SIGAT 2010)**



**Figure 3. Description du site du Parc du Rigolet  
(adapté de Dessau 2009)**



## **4 LES RISQUES À LA SANTÉ RELIÉS AUX LIEUX D'ENFOUISSEMENT SANITAIRES**

Les risques d'effets à la santé chez les populations habitant à proximité de LES dépendent de la toxicité des substances en cause et de l'importance de l'exposition aux contaminants. L'exposition éventuelle aux contaminants se fait par les eaux de lixiviation et les biogaz. Par ailleurs, en plus des atteintes possibles reliées à ces contaminants, des effets de nature psychologique et sociale dus aux inquiétudes pour leur santé et pour leurs biens chez les personnes exposées sont parfois importants.

### **4.1 LES EAUX DE LIXIVIATION**

Les eaux de lixiviation, aussi appelées lixiviat, sont les eaux qui percolent au travers du contenu d'un LES et qui ont lessivées certaines substances contenues dans les déchets. Nous aborderons succinctement cette question en regardant comment se produit le lixiviat et en quoi il peut représenter un risque pour la santé.

#### **4.1.1 La production de lixiviat**

Les eaux de lixiviation proviennent principalement de l'infiltration des précipitations mais aussi de l'eau souterraine en contact avec les déchets et, dans une moindre mesure, de l'humidité contenue dans les matières enfouies et de la décomposition de la matière organique. Le lixiviat contient une grande variété de contaminants comme des matières organiques (benzène, chlorure de vinyle, dichlorométhane, etc.), inorganiques (arsenic, mercure, cadmium, etc.) et divers micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires). La présence de ces substances est variable en fonction des matières enfouies.

#### **4.1.2 Les risques pour la santé reliés au lixiviat**

Le risque pour la santé relié au lixiviat dépend de l'exposition potentielle de personnes aux substances toxiques par l'eau potable ou une eau récréative. Or, dans le cas du LES du Parc du Rigolet, le risque d'exposition au lixiviat est, à toute fin pratique, nul. En effet, il n'existe aucun puits d'alimentation en eau potable dans ce secteur. De plus, il ne se pratique pas d'activité entraînant un contact direct avec une eau contaminée dans l'environnement immédiat du parc. Enfin, la prise d'eau municipale la plus proche est située à environ 1 kilomètre en amont du site.

En l'occurrence nous ne développerons pas d'avantage cette section portant sur les eaux de lixiviation.

## 4.2 LES BIOGAZ

La décomposition de la partie organique des matières contenues dans les déchets enfouis produit un gaz combustible que l'on nomme biogaz. Nous verrons dans cette section comment se forment les biogaz, leurs principales caractéristiques, comment ils peuvent migrer de leur site pour atteindre des secteurs habités et de quelle façon les substances qui les composent peuvent présenter des risques pour la population concernée.

### 4.2.1 La formation des biogaz

Le tableau 1 décrit la composition type de la portion organique contenue dans des déchets du type de ce qu'on présume avoir été enfouis dans le site du Parc du Rigolet et qui sont à l'origine de la formation des biogaz.

**Tableau 1. Composition de la portion organique contenue dans des déchets.**

Nature du produit	Composition (%)
Papier	50,2
Déchets de jardin	17,8
Déchets alimentaires	16,8
Plastiques	5,2
Bois	4,6
Cuir, caoutchouc	3,4
Textiles	2,0
<b>Total</b>	<b>100</b>

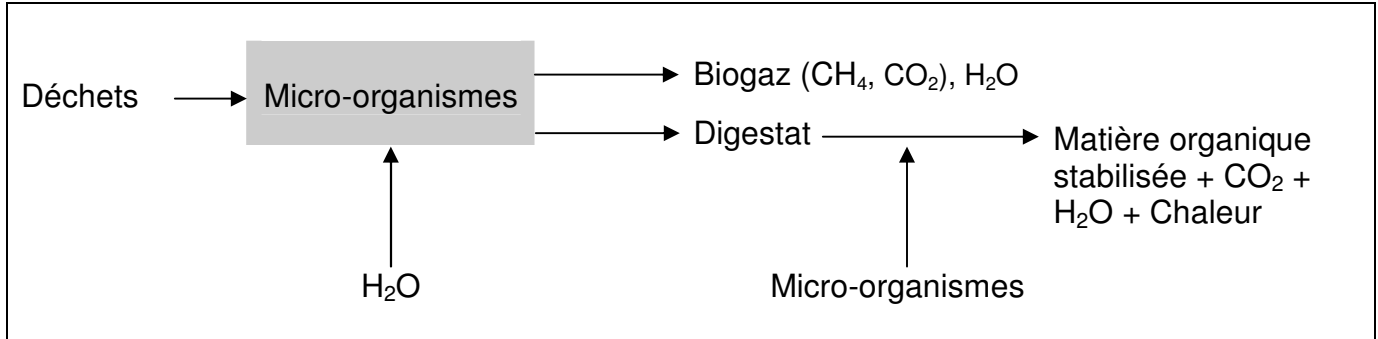
Source : Lisk, 1991

La décomposition des déchets organiques enfouis se produit selon des processus physiques, chimiques et biologiques qui sont interdépendants<sup>7</sup>. La décomposition physique résulte de la dislocation des déchets (dégradation physique, brassage des déchets, rinçage). Les processus chimiques se produisent sous forme d'hydrolyse, de dissolution-précipitation, de sorption-désorption et d'échange d'ions. La décomposition biologique quant à elle, transforme la partie organique des déchets en biogaz par l'action de micro-organismes (figure 4).

---

<sup>7</sup> Laihas, 1986; Paun, 1987

**Figure 4. Décomposition biologique des déchets**



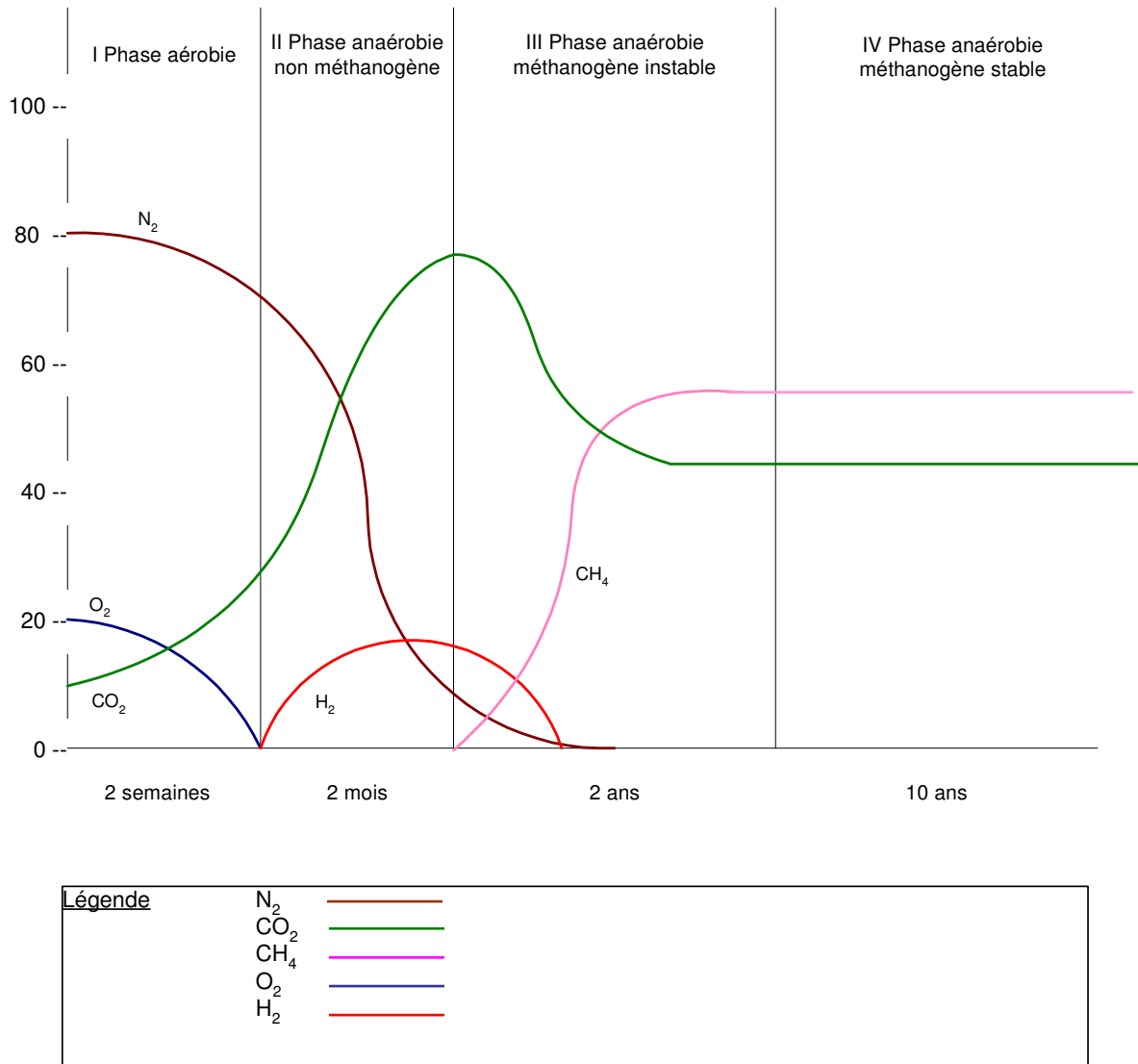
Source : Saint-Ouen, 2008

La décomposition biologique se produit en quatre phases : aérobie, anaérobie non méthanogène, anaérobie méthanogène instable puis anaérobie méthanogène stable<sup>8</sup>. La figure 5 illustre les variations dans la constitution des gaz pendant les différentes phases de décomposition des déchets.

---

<sup>8</sup> Lisk, 1991

Figure 5. Constitution des gaz pendant la décomposition des déchets.

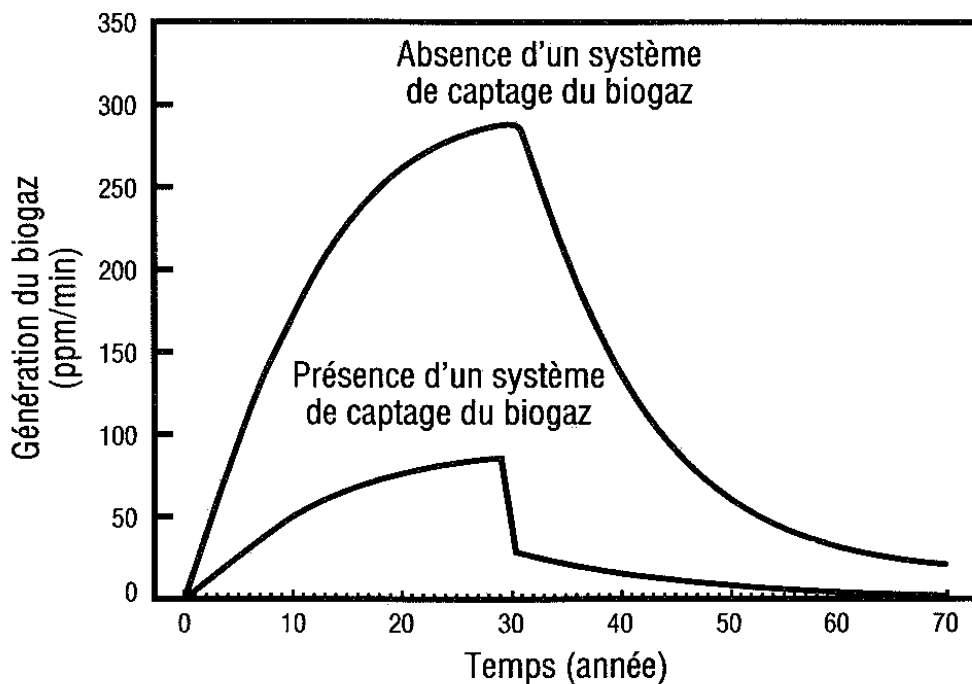


Source : Adapté de Lisk, 1991 et EPA, 1993

Donc, la composition du biogaz variera dans le temps, selon l'étape de décomposition de la matière organique. Les conditions atmosphériques influencent également sa production. Le volume de biogaz généré à partir des déchets domestiques est de l'ordre de 135 m<sup>3</sup> par tonne de déchets<sup>9</sup>. La production stable de biogaz en phase IV dans un LES serait de l'ordre d'une trentaine d'années<sup>10</sup>, et pourrait se poursuivre au-delà de cinquante ans après l'enfouissement des déchets<sup>11</sup>. Dans le cas du Parc du Rigolet, les déchets contenant des matières organiques ont été enfouis entre les années 1965 et 1970. On en serait donc, théoriquement, dans une phase toujours active mais décroissante de production de biogaz.

En présence d'un système de captage des biogaz, la durée de production en années demeure à peu près du même ordre mais les quantités produites sont nettement moindres. La figure 6 illustre un exemple des courbes de génération des biogaz avec et sans système de captage d'un site d'enfouissement de très grand volume.

**Figure 6. Exemple des courbes de génération des biogaz avec et sans système de captage.**



Source : Eschenroeder et autres, 1990.

<sup>9</sup> Desrosiers, 2004

<sup>10</sup> Desrosiers, 2004; Olivier, 1999

<sup>11</sup> Crawford, 1985; Eschenroeder, 1990

La composition typique du biogaz à l'état stable est présentée au tableau 2.

**Tableau 2. Composition typique du biogaz émis par un LES**

Composé	% en volume	Caractéristiques
Méthane (CH <sub>4</sub> )	45-60	Gaz produit naturellement. Incolore et inodore. Les LES sont les sources d'émission de CH <sub>4</sub> d'origine humaine les plus importantes.
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	40-60	Se retrouve naturellement en faible concentration (0,03 %) dans l'atmosphère. Incolore, inodore et légèrement acide.
Azote (N <sub>2</sub> )	2-5	Compose environ 79 % de l'atmosphère. Incolore, inodore et sans goût.
Oxygène (O <sub>2</sub> )	0,1-1	Compose environ 21 % de l'atmosphère. Incolore, inodore et sans goût.
Ammoniac (NH <sub>4</sub> )	0,1-1	Gaz incolore, odeur âcre
Composés organiques volatils (autres que méthane)	0,01-0,6	Substances produites naturellement ou résultant de processus chimique synthétique. Les plus importants sont présentés au tableau 3.
Sulfures	0-1	Sulfure d'hydrogène, sulfure diméthyle, mercaptans. Ces composés produits naturellement sont très odorants même à faible concentration.
Hydrogène (H <sub>2</sub> )	0-0,2	Gaz inodore et incolore.
Monoxyde de carbone (CO)	0-0,2	Gaz inodore et incolore.

Source : Tchobanoglous et autres, 1993; EPA, 1993

L'ensemble des composés traces qui sont principalement des composés organiques volatiles (COV) ne constitue qu'environ 1 % du mélange gazeux. Une étude californienne réalisée sur 224 LES a identifié les composés traces les plus fréquemment rencontrés dans les biogaz<sup>12</sup>. Le tableau 3 identifie ces substances et présente leurs concentrations maximales et leur provenance, tel que décrit dans cette étude.

---

<sup>12</sup> California Air Resources Board, 1989

**Tableau 3. Principaux COV présents dans le biogaz des LES**

Contaminants	Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>a</sup>	% des LES	Sources <sup>b</sup>
Dichlorométhane	4 589	49	Solvant, décapant, agent de soufflage de mousse et composant d'aérosols, liquide réfrigérant, industrie pharmaceutique.
Tetracloroéthylène	1 853	50	Solvant pour la peinture, le nettoyage à sec et le dégraissage des métaux, encre, solutions caoutchoutées.
Trichloroéthylène	710	29	Solvant pour le dégraissage et le nettoyage de pièces métalliques ouvrées, le nettoyage à sec et la peinture, produits d'usage domestique.
Benzène	140	37	Combustibles fossiles, solvants, teintures, pesticides, détergents.
Tétrachlorométhane	96	18	Aérosols, nettoyage à sec.

<sup>a</sup> California Air Resources Board 1989

<sup>b</sup> Environnement Canada 2006a ; Santé Canada 2004

Adapté de Blanchette 2008 et Bélanger 1993.

L'étude a démontré que cette composition et les concentrations des différents composés variaient d'un site à l'autre. Donc pour un site donné, il est possible que certaines des substances énumérées soient absentes.

#### 4.2.2 La migration des biogaz et l'intrusion de vapeur

L'une des voies d'exposition aux contaminants chimiques provient des vapeurs produites par la volatilisation des différents composés dans la matrice du sol<sup>13</sup>. Les taux de volatilisation des contaminants chimiques tels que les hydrocarbures pourront varier en fonction de leur concentration dans le sol et l'eau souterraine. De plus, les processus de transformation biologique de ces contaminants sont également responsables notamment de la production des biogaz.

L'intrusion de vapeur dans des résidences peut se produire dans certaines conditions particulières favorisant l'advection, c'est-à-dire la migration, des gaz présents dans le sol vers l'intérieur d'un bâtiment. Ils représentent alors un risque pour la santé et la sécurité des occupants. Ces conditions sont présentes notamment en hiver lorsqu'on a une différence de pression entre l'air intérieur d'une résidence et le sol environnant, en raison du chauffage du bâtiment.

<sup>13</sup> Santé Canada, 2008

L'intrusion de vapeur pourra alors s'effectuer par les ouvertures présentes dans les fondations ou bien en présence d'un vide sanitaire. La Société canadienne d'hypothèque et de logement (SCHL) mentionne que la migration de gaz du sol vers une résidence est possible sur une distance allant jusqu'à 500 mètres selon les conditions locales<sup>14</sup>.

#### **4.2.3 Les risques reliés aux biogaz**

Les biogaz sont un mélange de contaminants gazeux dont la toxicité est variable d'un produit à l'autre. Les risques reliés aux principales substances qui composent les biogaz, le CH<sub>4</sub> et le CO<sub>2</sub>, doivent être distingués de ceux relatifs aux composés traces.

##### **4.2.3.1 Le méthane (CH<sub>4</sub>)**

Près de la moitié du volume des biogaz est composé de méthane. Ce gaz est inodore, incolore et extrêmement inflammable. Le méthane est explosif lorsque sa concentration dans l'air se situe entre 50 000 parties par million en volume (ppmv) (ou 5 % volume/volume) et 150 000 ppmv (15 % volume/volume). C'est donc dire que sa limite inférieure d'explosivité (LIE) correspond à une concentration de 50 000 ppmv. Cette concentration représente donc 100 % de la LIE; une concentration de 5 000 ppmv de méthane correspond alors à 10 % de la LIE. Cette concentration est celle considérée par *l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) comme présentant un *danger immédiat pour la vie et la santé* (DIVS). Le tableau 4 présente les principales caractéristiques et critères établis pour le méthane.

---

<sup>14</sup> SCHL, 2005

**Tableau 4. Caractéristiques et critères de sécurité pour le méthane (CH<sub>4</sub>).**

Concentration		Critère	Commentaire	Référence
% v/v	ppmv			
5	50 000	LIE		ACGIH
15	150 000	LSE		ACGIH
0,5	5 000	DIVS	10 % de la LIE	NIOSH
< 1,25 (intérieur d'un bâtiment)	< 12 500 (intérieur d'un bâtiment)	REIMR	< 25 % de la LIE	REIMR RSST
50	500 000	Asphyxie		
1 (dans le sol)	10 000 (dans le sol)	Mesures correctrices		Cité par SCHL
5 (dans le sol)	50 000	Danger si gaz s'infiltré		Environnement Ontario
< 0,005 (intérieur d'un bâtiment)	< 50 (intérieur d'un bâtiment)	Concentration « normale »	Si à proximité d'un LES : vérification annuelle	SCHL
> 0,005 (intérieur d'un bâtiment)	> 50 (intérieur d'un bâtiment)		Si à proximité d'un LES : ventilation et vérifications plus fréquentes	SCHL
0,5 (intérieur d'un bâtiment)	5 000 (intérieur d'un bâtiment)	Évacuation		Cité par SCHL

Ppmv : parties par million en volume

%v/v : pourcent en volume

LIE : limite inférieure d'explosivité

LSE : limite supérieure d'explosivité

REIMR : Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (2006)

NIOSH : The National Institute for Occupational Safety and Health

SCHL : Société canadienne d'hypothèque et de logement

DIVS : Danger immédiat pour la vie et la santé

RSST : Règlement sur la santé et sécurité au travail

De nombreux cas d'explosion survenus dans des résidences privées ou des lieux publics reliés à la migration de biogaz provenant de LES ont été recensés. À titre d'exemple, Drouin rapporte, dans sa revue de la littérature en 1993 portant sur les LES, une série de cas survenus entre la fin des années « 60 » et la fin des années « 80 ». Ainsi, il en décrit 22 survenus au Royaume-Uni, 28 aux États-Unis, 3 au Canada et 1 au Japon. Plusieurs autres auteurs en ont aussi décrits.

Divers impacts humains (dont des blessures et des décès) et matériels découlent de ces événements. Les risques d'explosion du méthane dans les résidences riveraines d'un LES demeure le risque à court terme le plus préoccupant d'un point de vue de santé et sécurité publique.

#### 4.2.3.2 Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, ininflammable et non explosif. Il est produit par les processus métaboliques et la combustion de combustibles fossiles. Il représente aussi environ la moitié du volume des biogaz. Ses principales caractéristiques sont présentées au tableau 5.

**Tableau 5. Principales caractéristiques et critères pour le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).**

Concentration		Critère	Commentaire	Référence
% v/v	ppmv (mg/m <sup>3</sup> )			
0,034	340 (620)		Concentration normale dans l'air	
0,35	≤ 3500 (≤ 6300)	ALTER	Plage d'exposition acceptable à long terme	Santé Canada
7	7 000 ppm (12 600)	LOEL	Plus faible concentration effets néfastes à la santé observés	Santé Canada
0,5	5 000ppm (9 100)	VEMP (TLV-TWA)	Travailleurs : limite pondérée sur 8 heures	ACGIH
3	30 000 (54 000)	VECD (TLV-STEL)	Travailleurs : limite exposition courte durée	ACGIH
	40 000 (72 000)	DIVS	Danger immédiat pour la vie et la santé	NIOSH
2	20 000 (36 000)		Augmentation de la respiration	
10	100 000 (180 000)		Troubles visuels	
15	150 00 (270 000)		Perte de conscience	

ALTER : acceptable long-term exposure range<sup>15</sup>

VEMP : valeur d'exposition moyenne pondérée

VECD : valeur d'exposition courte durée

LOEL : lowest-observed-effect-level

DIVS : danger immédiat pour la vie et la santé

TLV-TWA : Threshold Limit Value-Time-Weighted Average

TLV-STEL : Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit

<sup>15</sup> La plage d'exposition acceptable à long terme (ALTER) est définie comme la plage de concentrations à laquelle, d'après la documentation existante, une personne peut être exposée continuellement tout au long de sa vie sans risque pour sa santé.

#### 4.2.3.3 Le méthane et le dioxyde de carbone en tant que gaz asphyxiants

D'un point de vue toxicologique, le méthane et le dioxyde de carbone sont des substances pratiquement inertes et n'ont pas d'effet physiologique à basse concentration. Cependant, à certaines concentrations, ils peuvent occuper la place de l'oxygène (O<sub>2</sub>) dans des espaces fermés et causer alors une asphyxie; ce sont des asphyxiants simples. Ainsi, par exemple, à une concentration de gaz inerte de l'ordre de 140 000 ppm, la concentration d'O<sub>2</sub> passe d'un niveau normal de 21 % à un niveau critique de 18 %, concentration minimale nécessaire au fonctionnement normal du cœur et du cerveau<sup>16</sup>. Lorsque l'O<sub>2</sub> atteint une concentration de moins de 16 %, les personnes exposées présentent une diminution de la vigilance et de l'acuité visuelle et une atteinte de la coordination musculaire. La perte de conscience survient à une concentration d'O<sub>2</sub> à 10 % et le décès à une concentration de 6 %.

Si on convient que les biogaz sont composés de près de 50 % de méthane et 50 % de CO<sub>2</sub>, une concentration de méthane de l'ordre de 70 000 ppm (ce qui signifie théoriquement la présence aussi de l'ordre de 70 000 ppm de CO<sub>2</sub>) représenterait ce niveau critique. Cependant, dans le cas qui nous concerne, ces données doivent être considérées avec réserve puisque les analyses effectuées à l'intérieur des résidences dans le voisinage du Parc du Rigolet n'ont pas détecté de concentration importantes de CO<sub>2</sub>, et ce, même lorsqu'on a mesuré la présence de méthane (voir section 5.2 et tableau 9).

Le tableau 6 présente les correspondances entre les concentrations de gaz asphyxiants, la concentration d'O<sub>2</sub> et les effets à la santé.

---

<sup>16</sup> ACGIH, 2005

**Tableau 6. Correspondances entre les concentrations de gaz asphyxiants simples, la concentration d'O<sub>2</sub> et les effets.**

Concentration de gaz asphyxiant en ppm (et en %)	Critères de limite d'exposition (urgence)	O <sub>2</sub> en % par volume	Remarques, symptômes ou effets	Références
		21 %	Concentration normale dans l'air	
65 000 (6,5)	TEEL <sup>a</sup> -0 <sup>b</sup> et TEEL-1 <sup>c</sup>	19,5 %	Concentration correspondant à une légère déficience en O <sub>2</sub> dans l'air	PAC-SCAPA Règlement SST
140 000 (14)		18 %	Concentration minimale au fonctionnement normal du cœur et du cerveau	ACGIH
230 000 (23)	TEEL-2 <sup>d</sup>	16	Augmentation de la respiration et des pulsations cardiaques; coordination musculaire légèrement affectée, vigilance affectée	PAC-SCAPA
400 000 (40)	TEEL-3 <sup>e</sup>	12,5	Perturbation de l'état émotionnel, fatigue, difficultés respiratoires	PAC-SCAPA
520 000 (52)		10	Nausées, vomissements, perte de conscience	
		Moins de 6	Convulsions, détresse respiratoire et décès	

PAC-SCAPA : Protective Action Criteria-Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions (US Department of Energy)

a TEEL : Temporary Emergency Exposure Limits

b TEEL-0 : Concentration d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés sans qu'il y ait d'effets sur la santé

c TEEL-1 : Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés (moyenne de 15 min.) sans qu'il y ait d'effets sur la santé autres que des effets mineurs et transitoires ou sans que ces individus perçoivent une odeur clairement désagréable.

d TEEL-2 : Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés (moyenne de 15 min.) sans qu'il y ait d'effets sérieux ou irréversibles sur la santé ou sans qu'ils éprouvent des symptômes qui pourraient les empêcher de se protéger.

e TEEL-3 Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés (moyenne de 15 min.) sans qu'il y ait d'effets sur leur santé susceptibles de menacer leur vie.

Enfin, mentionnons que toutes ces considérations théoriques nécessitent qu'elles se produisent dans des conditions particulières d'espace confiné sans circulation d'air pour qu'elles s'appliquent. Ces conditions ne se retrouvent probablement pas dans la plupart des lieux résidentiels.

#### **4.2.3.4 Les composés traces des biogaz**

Tel que mentionné plus haut, les autres composés des biogaz, les composés traces, constituent environ 1 % du volume total. Bien qu'ils puissent être présents en très faible quantité, plusieurs de ces contaminants sont inscrits sur la liste prioritaire des substances toxiques de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement<sup>17</sup> en raison de leurs effets potentiels sur la santé humaine.

Le tableau suivant présente une synthèse des effets potentiels sur la santé des principaux composés organiques volatils retrouvés dans les LES. Cependant, les effets de nature toxiques autres que les cancers nécessitent généralement des concentrations relativement élevées pour se produire. La plupart de ces données proviennent d'effets survenant chez des travailleurs exposés à ces substances. Une relation causale n'est pas toujours démontrée. Par ailleurs, les effets dus à l'exposition simultanée à plusieurs de ces composés sont peu connus.

---

<sup>17</sup> LCPE, 1999

**Tableau 7. Cancérogénicité (et principaux types de cancers) et toxicité par exposition chronique attribuables aux principaux composés organiques retrouvés dans les LES.**

<b>Composés organiques</b> (ordre alphabétique)	<b>Classification du CIRC<sup>a</sup></b> (principaux cancers associés <sup>b</sup> )	<b>Toxicité chez l'humain<sup>c</sup></b> (principalement exposition chronique par inhalation)
Benzène	Classe 1 Leucémie	Troubles neurologiques (maux de tête, vertiges, anorexie, fatigue, irritabilité, troubles du sommeil, troubles de la mémoire, troubles du système nerveux périphérique), dyspnée, troubles de vision, effet hématotoxique (anémie aplasique, leucémie, cytopénie unicellulaire, pancytopenie), atteinte du système immunitaire.
Chlorophénols (polychlorophénols)	Classe 2B Sarcome des tissus mous, lymphome non-hodgkinien	Irritations des voies respiratoires, problèmes cutanés (dermatite, chlorachné), porphyrie, atteintes hépatiques, irritations oculaires
Chlorure de vinyle (chloroéthylène)	Classe 1 Angiosarcome du foie	Maladie du chlorure de vinyle (travailleurs): asthénie, maux de tête, vertiges, douleur épigastrique; acro-ostéolyse souvent associée à un syndrome de Raynaud et parfois accompagnée de sclérodermie, atteintes hépatiques, atteintes du système nerveux central altérations sanguines, troubles de la reproduction.
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)	Classe 2B Foie, système biliaire, cavité buccale, cerveau, col utérin, prostate, sein, poumon	Atteinte du système nerveux central (maux de tête, nausées, étourdissements, fatigue somnolence, diminution de la performance lors de tests neurocomportementaux), élévation du taux de carboxyhémoglobine
Tetracloroéthylène	Classe 2A Foie, œsophage, vessie, poumons, col utérin, lymphome non-hodgkinien, leucémie, rein	Atteinte du système nerveux central (maux de tête, fatigue, vertiges, étourdissements, sensation d'ébriété, troubles de la mémoire, du sommeil, de l'élocution et de la concentration, changements de l'humeur), atteinte hépatique, atteinte rénale, troubles de la reproduction.
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	Classe 2B Lymphosarcome, leucémie, lymphome non-hodgkinien, myélome multiple, foie	Atteinte du système nerveux central (nausées, maux de tête, fatigue, anxiété), atteintes hépatiques, atteintes rénales, diarrhée, anémie, hypoglycémie, baisse de la tension artérielle.
Trichloroéthylène	Classe 2A Foie, lymphome non-hodgkinien, myélome multiple, tractus biliaire. reins	Atteinte du système nerveux central (maux de tête, fatigue, vertiges, étourdissements, troubles de la mémoire, du sommeil et de la concentration, changements de l'humeur), atteinte rénale.

a Classification du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) : (1) Cancérogène pour l'humain; (2A) Probablement cancérogène pour l'humain; (2B) Possiblement cancérogène pour l'humain

b. Études épidémiologiques et animales

c Sources : INRS, ATSDR, Service du répertoire toxicologique (CSST)

#### **4.2.3.5 Les effets indirects des biogaz sur la santé**

Les biogaz issus des LES sont principalement émis dans l'atmosphère. Ils contribuent ainsi à l'accumulation de gaz à effet de serre (GES) qui induit des changements climatiques. Compte tenu de la contribution somme toute modeste du LES du Parc du Rigolet à ce phénomène, nous n'élaborerons pas d'avantage sur cette question.

### **4.3 LES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES**

Bon nombre d'études épidémiologiques visant à analyser des effets possibles sur la santé pour des populations vivant à proximité de LES exposées à des biogaz ont été réalisées depuis une vingtaine d'années. Elles ont été résumées dans deux publications québécoises dont une en 1993<sup>18</sup> et une plus récente à paraître<sup>19</sup>. Nous avons complété cette revue de la littérature scientifique en consultant un rapport d'experts de l'OMS produit en 2007 et deux revues exhaustives des études sur le sujet publiées à la fin de l'année 2009<sup>20</sup>.

#### **4.3.1 Les revues québécoises de la littérature sur le sujet**

##### **4.3.1.1 La revue de Drouin et collaborateurs**

La revue de littérature de Drouin et collaborateurs a recensé quatre études dont une réalisée dans l'état de New-York<sup>21</sup>, une autre en Ontario<sup>22</sup>, et deux réalisées auprès de la population riveraine du Centre de tri et d'élimination des déchets de Montréal, autrefois appelée Carrière Miron<sup>23</sup>.

Les deux premières sont des études écologiques dans lesquelles, pour chacune d'elles, les symptômes rapportés par la population résidant autour du site sont comparés à ceux d'une population témoin non exposée. Aucune mesure quantitative des contaminants n'a été effectuée dans ces deux études. Les résultats démontrent dans les deux cas que les participants des populations exposées rapportent des symptômes statistiquement plus fréquents que dans les populations témoins. Les types de malaises observés dont les résultats concordent dans les deux études étaient, par exemple, des problèmes des voies respiratoires, l'irritation des membranes muqueuses et des symptômes généraux comme des maux de tête et des effets sur l'humeur. Par ailleurs, l'étude

---

<sup>18</sup> Drouin, 1993

<sup>19</sup> Blanchette, 2008

<sup>20</sup> OMS, 2007; Porta, 2009; Giusti, 2009

<sup>21</sup> Schultz, 1992

<sup>22</sup> Hertzman, 1987

<sup>23</sup> Goldberg et autres, 1993

ontarienne a aussi considéré les faibles poids à la naissance et les malformations congénitales; elle n'a identifié aucun de ces effets chez la population étudiée (l'auteur précise néanmoins le peu de puissance statistique pour ces problèmes de santé).

Les deux études réalisées auprès de la population riveraine du Centre de tri et d'élimination des déchets de Montréal (CTED) ont été réalisées par une équipe de la Direction de santé publique de Montréal et publiées en 1993. L'une a évalué s'il y avait un excès d'enfants de faible poids à la naissance (< 2 500 gr) comparativement à une population de contrôle. La seconde étude a examiné si le taux d'incidence du cancer était plus élevé dans la population exposée comparativement à celle des autres secteurs de l'Île de Montréal. Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 8 reproduit de la publication de Drouin et collaborateurs.

**Tableau 8. Études de Goldberg, Goulet et Al-Homsi, CTED (Carrière Miron)  
Direction régionale de santé publique – Montréal-Centre.**

Nom	Principales caractéristiques	Résultats
Étude de la fonction de reproduction des femmes résidant autour du CTED	Cas témoin Certificats de naissance (1978 – 1989) Population étudiée : Secteurs de recensement autour du CTED Population témoin : secteurs de recensement distant du site avec mêmes caractéristiques socio-démographiques	Augmentation de 20 % de risque de faible poids (<2500 gr) à la naissance dans la zone entourant le CTED  Aucune association entre le très faible poids (<1500 gr) et la prématurité
Étude sur les taux d'incidence du cancer entre 1981 et 1988	Étude d'incidence Cas de cancer rapportés au registre des tumeurs du Québec Population étudiée : secteurs de recensement autour du CTED Population témoin : secteurs de recensement distant du site avec mêmes caractéristiques socio-démographiques	Excès significatifs observés pour le cancer de l'estomac (homme et femme), des voies biliaires intra-hépatiques (homme) de la prostate, de l'utérus

#### 4.3.1.2 La revue de C. Blanchette

La revue de la littérature plus récente réalisée par C. Blanchette porte sur trente-cinq études épidémiologiques publiées entre 1993 et 2008 concernant les effets à la santé associés à la présence d'un lieu d'enfouissement sanitaire à proximité<sup>24</sup>. À noter que plusieurs des LES inclus dans ces études comprenaient une certaine proportion de déchets dangereux et/ou industriels. Comme le nombre de personnes concernées par un site donné étaient souvent relativement peu nombreuses, plusieurs des études ont regroupé des populations vivant à proximité de plusieurs sites plutôt que d'évaluer chaque site individuellement, ceci de façon à augmenter la puissance des données statistiques.

Les effets à la santé recensés dans ces études ont été regroupés selon trois catégories: les cancers, les effets sur la reproduction et les autres effets. Nous reprenons ici, avec permission de l'auteure<sup>25</sup>, l'essentiel de ces résultats.

##### 4.3.1.2.1 Les cancers

Parmi les études citées plus haut, 14 enquêtes épidémiologiques, dont 7 concernaient plus d'un site (études multi-sites), ont évalué les risques de cancer chez les personnes vivant à proximité d'un LES.

Cinq de ces études rapportent des résultats démontrant un lien statistiquement significatif entre certains cancers observés et la proximité des LES<sup>26</sup>. Deux autres études portant sur des sites uniques ont aussi observé un excès de cas de cancers, mais sans lien statistiquement significatif<sup>27</sup>. Sept études n'ont observé aucun lien entre les cas de cancer et le fait de vivre à proximité d'un LES<sup>28</sup>.

L'observation des résultats selon les types spécifiques de cancer ne fait pas ressortir de conclusion claire. En résumé, les études sur les cancers des systèmes digestifs, respiratoires, des voies urinaires et de la plèvre démontrent autant la présence d'un lien que l'absence de lien. On observe des taux plus élevés pour la prostate dans deux études<sup>29</sup>, légèrement plus élevé pour le lymphome non-hodgkinien à trois reprises<sup>30</sup> et l'absence de lien pour le cancer

---

<sup>24</sup> Blanchette, 2008

<sup>25</sup> On nous avise que l'ouvrage est toujours sous forme de document de travail et sujet à modification.

<sup>26</sup> Altavista et autres, 2004; Comba et autres, 2006; Goldberg et autres, 1995a; Lewis-Michl et autres, 1998 ;Minichilli et autres, 2005 (quatre de ces études sont multi-sites, celle de Goldberg porte sur un seul site).

<sup>27</sup> Fano et autres, 2006 et Goldberg et autres, 1999.

<sup>28</sup> Elliott et autres, 2001a et 2001b; Fielder et autres, 1997, 2000a, 2000b; Knox, 2000; Najem et autres, 1994.

<sup>29</sup> Goldberg et autres, 1995a et 1999.

<sup>30</sup> Fano et autres, 2006; Goldberg et autres 1999; Minichilli et autres, 2005

du cerveau<sup>31</sup> et la leucémie<sup>32</sup>. Enfin, les résultats portant sur le taux de mortalité par cancer relié à la proximité d'un LES sont autant en faveur qu'en défaveur d'une association<sup>33</sup>.

#### **4.3.1.2.2 Les effets sur les malformations congénitales et sur la reproduction**

La revue des publications scientifiques portant sur les troubles de la reproduction et les malformations congénitales associés à la proximité d'un LES réalisée par C. Blanchette a recensé 16 études publiées depuis 1993. Neuf d'entre elles portaient sur plus d'un site. Les LES concernés recevaient des déchets dangereux, la moitié recevant aussi des déchets domestiques. Rappelons qu'en ce qui concerne le LES du Parc du Rigolet, les informations laissent entendre que le site recevait plutôt principalement des déchets domestiques puis des résidus de démolition, tout en contenant probablement une certaine proportion de déchets dangereux.

La plupart de ces études rapportent un lien statistiquement significatif, quoique le plus souvent faible, entre la proximité d'un LES et les malformations congénitales de même que certains effets sur la reproduction. Deux des études dont les conclusions étaient plus clairement positives portaient sur des malformations de type chromosomique<sup>34</sup>. En ce qui concerne les malformations non chromosomiques, trois études rapportent un lien significatif pour les anomalies du système digestif<sup>35</sup>, tandis que quatre études concluent en l'absence d'un lien avec des malformations du système nerveux central<sup>36</sup>. Les autres résultats sont cependant moins concluants pour les effets sur les différents systèmes évalués ou pour les malformations considérées dans leur ensemble. Quant aux problèmes de périnatalité, les études qui se sont intéressées à ces anomalies montrent le plus souvent un problème de petit poids à la naissance en lien avec la proximité des LES<sup>37</sup>. La mortalité à la naissance et la mortalité infantile n'est pas associées aux LES dans les études qui ont évalué cet effet<sup>38</sup>. Celles qui se sont intéressées aux naissances prématurées ne permettent pas de conclure entre la présence ou l'absence de lien<sup>39</sup>. Enfin, la seule étude qui s'est

---

<sup>31</sup> Elliott et autres, 2001a et 2001b; Goldberg et autres, 1995a; Lewis-Michl et autres, 1998.

<sup>32</sup> Elliott et autres, 2001a et 2001b; Goldberg et autres, 1995a; Knox, 2000.

<sup>33</sup> Altavista et autres, 2004; Comba et autres, 2006; Fielder et autres, 1997, 2000a, 2000b; Knox, 2000; Minichilli et autres, 2005.

<sup>34</sup> Fielder et autres, 1997, 2000a, 2000b; Vrijheid et autres, 2002.

<sup>35</sup> Dolk et autres, 1998; Elliott et autres, 2001a, 2001b.

<sup>36</sup> Croen et autres, 1997; Dolk et autres, 1998; Kloppenborg et autres, 2005; Marshall et autres, 1997.

<sup>37</sup> Berry et Bove, 1997; Elliott et autres, 2001a et 2001b; Goldberg et autres, 1995b; Kharrazi et autres, 1997.

<sup>38</sup> Elliott et autres, 2001a et 2001b; Kharrazi et autres, 1997; Sosniak et autres, 1994.

<sup>39</sup> Berry et Bove, 1997; Kharrazi et autres, 1997; Goldberg et autres, 1995b; Sosniak et autres, 1994.

intéressée aux questions de réduction de la fertilité et des avortements spontanés conclue à l'absence d'effet<sup>40</sup>.

#### **4.3.1.2.3 Les autres effets sur la santé**

La revue de la littérature de C. Blanchette a recensé 21 études qui ont considéré divers problèmes de santé des populations vivant à proximité des LES. Encore une fois, la majorité des LES concernés contenaient des déchets dangereux.

Les études tendent majoritairement à démontrer une association entre le fait d'habiter à proximité d'un LES et des effets sur les systèmes circulatoires<sup>41</sup> et respiratoire<sup>42</sup>, tandis que les effets sur les systèmes nerveux, digestif et urinaire ne permettent pas de conclure entre la présence ou l'absence de lien<sup>43</sup>. Par ailleurs, les études analysées ont évalué plusieurs autres effets à la santé de natures diverses. Elles rapportent des associations positives pour les maux de tête, la perte de mémoire, la dépression et d'autres troubles de santé mentale<sup>44</sup> tandis que les résultats sont contradictoires en ce qui concerne des effets chromosomiques, la consommation de médicaments et la consultation de médecins<sup>45</sup>. Cependant, il est utile de mentionner que la méthodologie de plusieurs de ces études incluait des questionnaires dont les réponses étaient rapportées par les citoyens eux-mêmes. Ce type d'étude laisse place à des biais qui souvent ne permettent pas de conclure clairement.

#### **4.3.2 Les revues publiées plus récemment**

Enfin, nous avons pris connaissance du rapport d'un groupe d'experts et de deux revues systématiques des études sur les risques à la santé reliés à la gestion des matières résiduelles publiées récemment<sup>46</sup>. Dans le cas de ces publications plus récentes, nous ne développerons pas les constats en détails auxquels en arrivent les auteurs, mais nous limiterons à en faire ressortir les principales conclusions qui s'apparentent à celles des revues publiées au Québec que l'on vient de parcourir.

---

<sup>40</sup> Fielder et autres, 1997, 2000a, 2000b.

<sup>41</sup> Fano et autres, 2006; Minichilli et autres, 2005; Sergeev et Carpenter, 2005.

<sup>42</sup> Mukerjee et Deacon, 1999 ; Ray et autres, 2005 ; Richardson, 1999, Deloraine et autres 1995, Fano, et autres, 2006 ; Études négatives : Najem, et autres, 1994 et Fielder, et autres, 1997; 2000a; 2000b.

<sup>43</sup> Minichilli et autres, 2005 ; Dayal et autres, 1995 ; Najem et autres, 1994 ; Mukerjee et Deacon, 1999 ; Ray et autres, 2005 ; Hall et autres, 1996 ; Fano et autres, 2006.

<sup>44</sup> Respectivement Mukerjee et Deacon, 1999; Ray et autres, 2005; Deloraine et autres, 1995;

<sup>45</sup> Fielder, et autres, 1997; 2000a; 2000b ; Mukerjee and Deacon, 1999 ; Zmirou, et autres, 1994 ; Miller et McGeehin, 1997 ; Klemans et autres, 1995; Lakhanisky et autres, 1993.

<sup>46</sup> OMS, 2007; Porta et autres, 2009; Giusti, 2009.

#### 4.3.2.1 Rapport de l’OMS

L’Organisation mondiale de la santé (OMS-WHO) a publié en 2007 les résultats des travaux ayant regroupé plusieurs experts sur les effets à la santé reliés aux sites d’enfouissement et aux incinérateurs de déchets. En ce qui concerne les sites d’enfouissement, le groupe d’experts a analysé un grand nombre d’études réalisées en Europe portant sur cette question. On a d’abord soulevé les nombreuses difficultés méthodologiques dans la plupart des études, principalement le peu de données sur les caractéristiques des déchets enfouis et l’absence de mesures objectives de l’exposition des populations. Néanmoins, on a estimé qu’en dépit de ces limitations méthodologiques, la littérature scientifique s’oriente vers une association entre le fait d’habiter à proximité d’un site d’enfouissement et certains problèmes de santé. L’association est plus forte pour les effets sur la reproduction que pour les cancers. Cependant, pour les auteurs, le niveau d’évidence est insuffisant pour établir un lien de causalité. On ajoute que compte tenu de l’importance des populations exposées et de la puissance des études souvent insuffisante pour démontrer un risque, un impact potentiel sur la santé ne peut être écarté. Les experts ont aussi discuté des améliorations nécessaires à apporter aux futures études sur le sujet pour en arriver à des conclusions plus claires. Nous ne développerons pas cet aspect ici.

#### 4.3.2.2 Revues récentes des études

D’abord, une équipe de chercheurs italo-britanniques a présenté en 2009 une revue des publications sur ce sujet parue entre 1983 et 2008. Les auteurs arrivent à des constats du même type. La revue conclue à une certaine évidence d’une relation causal entre le fait d’habiter dans un rayon de deux kilomètres d’un site d’enfouissement et un risque accru de 2 % pour les anomalies congénitales et de 6 % pour les naissances de bébés de petits poids. Le risque semble plus élevé en ce qui concerne les sites d’enfouissement recevant des déchets dangereux. D’autre part, pour l’ensemble des études analysées, les auteurs sont d’avis que la démonstration d’une relation causale d’un risque accru pour les cancers et pour d’autres types de problèmes de santé est inadéquate. À l’instar d’autres auteurs de revues de littérature portant sur cette question, on constate que la plupart des études souffrent de l’absence d’une évaluation de l’exposition réelle pour les populations concernées et d’un faible contrôle des facteurs de confusion.

La deuxième revue des études épidémiologiques publiée sur le sujet en 2009 a été réalisée par un chercheur britannique<sup>47</sup>. Sa revue a porté sur tous les types de traitement des déchets (enfouissement, incinération, déchets nucléaires, compostage, boues d’épuration) et s’est intéressée aux populations et aux travailleurs. Cet auteur soulève à son tour les mêmes types de problèmes méthodologiques. En ce qui concerne les sites d’enfouissement, sa revue

---

<sup>47</sup> Giusti, 2009.

conclue que l'association la plus forte a trait aux malformations congénitales. Cependant, dans ce cas comme pour tous les autres types d'installations de traitement de déchets, le niveau d'évidence d'effets à la santé pour les populations qui habitent à proximité de tels sites est généralement insuffisant et ne permet pas de conclure en ce sens.

#### **4.3.3 Résumé et conclusion portant sur les études épidémiologiques**

Plusieurs types de problèmes de santé ont fait l'objet d'études pour évaluer leur association avec le fait de vivre à proximité d'un LES. Ceux le plus souvent suspectés sont les cancers, les anomalies congénitales et des problèmes de reproduction. Divers autres problèmes de santé rapportés obtiennent des résultats variables.

Les nombreuses incertitudes dans les conclusions des études portant sur les cancers, les effets sur la reproduction et les autres effets sur la santé pouvant être reliés au fait de vivre à proximité d'un LES tiennent d'abord à l'imprécision des données sur l'exposition réelle des personnes exposées. La capacité à détecter ou à éliminer un risque est alors nettement réduite. De plus, les divers problèmes de santé rapportés par les participants ne font généralement pas l'objet de confirmation médicale, ce qui rend ces déclarations difficiles à interpréter. Divers autres facteurs confondants viennent aussi s'ajouter pour influencer potentiellement les résultats. Enfin, on rappelle que les effets à la santé dus à l'exposition environnementale à des contaminants de faible concentration sont par leur nature même difficile à démontrer.

En conclusion de sa revue de la littérature publiée en 1993, Drouin et autres concluaient que bien qu'il soit biologiquement plausible que l'exposition aux substances toxiques contenues dans les biogaz puisse entraîner des problèmes de santé comme des cancers, des troubles de la reproduction ou des effets neurotoxiques, les études analysées alors ne permettaient pas de statuer sur un lien de causalité chez les populations riveraines de LES.

Les études épidémiologiques publiées depuis 1993 et analysées par C. Blanchette en 2008 sont plus nombreuses et portent sur des populations plus importantes que celles scrutées précédemment. Néanmoins, cette auteure en arrive aux mêmes conclusions en ce qui concerne la relation entre un risque accru de cancer et la proximité d'un LES. Cependant, les études portant particulièrement sur le faible poids à la naissance et certaines malformations congénitales tendent vers une augmentation du risque en lien avec le fait de vivre à proximité d'un LES.

Quand au rapport de l'OMS, les experts sont d'avis que les études sont plutôt en faveur d'une association entre le fait d'habiter à proximité d'un site d'enfouissement et certains effets sur la reproduction mais sans lien clair de

causalité. Pour ce qui est des revues publiées en 2009, l'une conclue à une certaine évidence tandis que pour la deuxième, le niveau d'évidence est insuffisant pour démontrer un risque d'effet à la santé.

Donc, malgré certains biais et facteurs confondants probables, il reste possible que de réels risques de développer des problèmes de santé existent pour les populations vivant en bordure de certains LES mais le plus souvent, le niveau d'évidence n'est pas suffisant pour établir une relation causale.

#### **4.4 LES EFFETS DE NATURE PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE RELIÉS AUX LIEUX D'ENFOUISSEMENT DE DÉCHETS<sup>48</sup>**

Les impacts psychologiques et sociaux possibles face à des risques environnementaux sont nombreux<sup>49</sup>. Ils peuvent être regroupés sous le vocable des impacts à la qualité de vie générale. Ce concept est en lien avec la définition de la santé proposée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) stipulant que la santé est un état de bien-être physique, mental et social<sup>50</sup>. Auparavant, la littérature désignait également ces impacts comme étant de nature psychosociale, mais on tend désormais à faire une distinction entre ces deux composantes.

L'état de bien-être mental réfère aux émotions, aux fonctions cognitives, aux états psychologiques et aux affects liés à l'humeur et aux comportements individuels. Dans le cas de sites contaminés ou d'anciens dépotoirs, l'impact psychologique possible est particulièrement lié aux nuisances et à la perception du risque qui s'y rattache.

La présence d'une infrastructure ou d'une entreprise au sein d'une communauté peut entraîner divers impacts sociaux. Les effets sociaux constituent un aspect de l'intervention en santé publique auquel il convient d'accorder une grande importance.

Les impacts psychologiques et sociaux, peu importe le contexte dans lequel ils s'appliquent, peuvent être classifiés selon trois niveaux<sup>51</sup> :

- *Impact au niveau de l'individu :*
  - effets sur les plans émotionnel, comportemental et somatique tels qu'une élévation significative de niveau de stress et d'anxiété;
  - des sentiments de peur, de colère, de culpabilité, de dévalorisation, d'impuissance, démotivation et démoralisation;

---

<sup>48</sup> Certains passages de cette section ont été empruntés du chapitre portant sur les impacts psychosociaux associés à la gestion des déchets de Blanchette 2008.

<sup>49</sup> Blackburn et autres, 2009

<sup>50</sup> Fayers et Machin, 2001

<sup>51</sup> Taylor et autres, 1991

- des perturbations du sommeil, de l'alimentation, de la performance au travail et dans les activités quotidiennes;
  - des préoccupations obsessionnelles (cancérophobie, hypochondrie) ;
  - de la dépression, ainsi qu'une série de malaises non spécifiques tels que maux de tête, fatigue et troubles respiratoires<sup>52</sup>.
- *Impact au niveau du réseau social de l'individu* : Les impacts au niveau du réseau social incluent les scissions familiales, les conflits interpersonnels et l'isolement. Toutefois, à ce niveau, des impacts positifs peuvent également être notés, tels que l'enrichissement du réseau social, l'accroissement de la cohésion sociale et le développement de stratégies de coopération.
  - *Impact au niveau de la communauté* : Cela peut se traduire par la stigmatisation et la dislocation de la communauté, voire même le développement de paniques sociales. Dans certains cas, la présence d'un lieu de traitement de déchets peut cependant contribuer à la revitalisation de la communauté.

L'importance des impacts psychologiques chez les individus et des impacts sociaux au sein de la communauté est également modulée par la perception du risque. Les déterminants de la perception du risque peuvent être regroupés en trois catégories selon qu'ils sont reliés : 1° à la nature du risque; 2° au contexte social et économique; 3° aux gestionnaires<sup>53</sup>. Plus ces déterminants seront nombreux, plus le risque sera perçu comme grand aux yeux d'un individu ou de la communauté, même si dans les faits un dépotoir engendre peu d'impacts aux niveaux de l'environnement et de la santé. Le tableau 9 présente un résumé de ces déterminants liés à la perception du risque. En résumé, la perception du risque correspond à un processus dynamique et peut être modifiée en fonction de l'opinion de la population face au projet et des moyens d'intervention disponibles.

La gestion des impacts psychologiques et sociaux associés à des sites traitement ou d'entreposage de déchets passe par la gestion des éléments qui peuvent modifier la perception du risque<sup>54</sup>. Une communication efficace, basée sur la confiance et la crédibilité de l'individu ou de l'organisation qui transmet le message à la population, est essentielle. Il importe également d'impliquer dès le début la population dans les prises de décisions, car l'absence de participation du public contribue à l'émergence de la résistance sociale. De plus à long terme, une dégradation de l'environnement humain et du tissu social peut survenir en absence de mesures de mitigation<sup>55</sup>.

---

<sup>52</sup> Bélanger et autres, 2003; Proulx et Duclos 1994; Eyles et autres, 1993; Foulks et McLellen, 1992.

<sup>53</sup> Messely, 1992; Eyles et autres, 1993; Dandoy, 1990; Bord et O'Connor, 1992; Archambeault, 1991; Enviro Consulting et University of Birmingham, 2004; Eyles et autres, 1993; Rainham, 2002.

<sup>54</sup> Blanchette, 2008.

<sup>55</sup> Santé Canada, 2004.

**Tableau 9 : Déterminants associés à la perception du risque<sup>56</sup>**

Type de déterminant	Déterminant	Associé à une perception du risque plus grande	Associé à une perception du risque moins grande
Nature du risque	Familiarité	Non familier	Familier
	Origine du risque	Causée par l'activité humaine	Causée par la nature ( <i>act of God</i> )
	Exposition au risque	Non détectable	Détectable
	Historique d'accidents	Accidents majeurs et mineurs survenus	Aucun accident survenu
	Problèmes de santé pouvant être occasionnés	Sévères	Bénins
	Manifestations des effets	Retardés	Immédiats
	Potentiel de catastrophe	Regroupé dans le temps et l'espace	Isolé et aléatoire
	Incertitude	Risques scientifiquement inconnus ou incertains	Risques connus par la communauté scientifique
	Réversibilité	Effets irréversibles	Effets réversibles
	Effets sur les enfants	Spécifiquement à risque	Non spécifiquement à risque
Effets sur les générations futures	Risque existant	Risque inexistant	
Contexte social et économique	Caractère volontaire de l'exposition	Involontaire	Volontaire
	Capacité de contrôle de la communauté	Incontrôlable	Contrôlable
	Équité	Distribution inéquitable des bénéfiques et des risques	Distribution équitable des bénéfiques et des risques
	Bénéfices	Risques perçus comme plus grands face à des bénéfiques pas évidents	Bénéfices évidents face à des risques perçus comme moins grands
	Considérations éthiques ou morales (ex. : conservation des ressources, protection de l'environnement, développement durable)	Valeurs prenant de l'importance au sein de la société	Valeurs ne prenant pas de l'importance au sein de la société
	Compréhension	Mécanismes en jeu et processus incompris	Mécanismes en jeu et processus compris
	Identité des victimes	Victimes identifiables	Victimes vues comme des statistiques
	Terreur	Effets terrifiants	Effets non terrifiants

<sup>56</sup> Adapté de Blanchette, 2008 ainsi que Covello, Sandman et Slovic, 1988

<b>Type de déterminant</b>	<b>Déterminant</b>	<b>Associé à une perception du risque plus grande</b>	<b>Associé à une perception du risque moins grande</b>
Contexte social et économique (suite)	Attention des médias	Attention considérable des médias	Peu d'attention des médias
Gestionnaires	Confiance face au promoteur, aux institutions responsables	Manque de confiance	Aucun manque de confiance
	Surveillance de la situation à risque	Réputation, fondée ou non, de laisser-faire par l'organisme responsable	Réputation de bonne gestion par l'organisme responsable
	Opinion des experts	Désaccord quant au niveau de risque	Accord quant au niveau de risque



## **5 LE CAS DU PARC DU RIGOLET : LES RISQUES À LA SANTÉ POUR LES RÉSIDANTS DE SON VOISINAGE**

Dans la présente section, nous analyserons comment les constats issus des données toxicologiques et des études épidémiologiques que nous avons abordées plus haut peuvent s'appliquer au cas du Parc du Rigolet. Nous aborderons aussi la question des effets possibles de nature psychologique et sociale pour les personnes concernées.

### **5.1 LES RISQUES RELIÉS À L'EXPOSITION AUX BIOGAZ**

#### **5.1.1 Les contaminants présents dans le sol et dans l'eau souterraine**

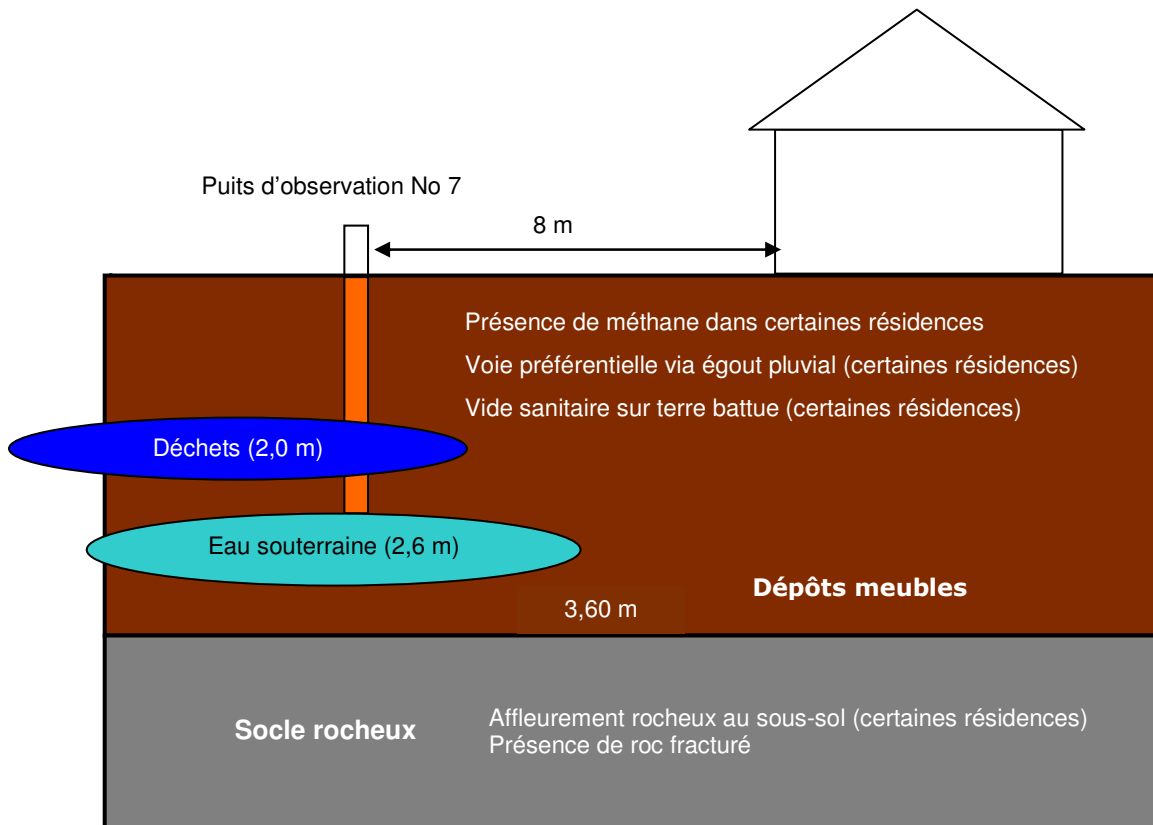
Les différentes mesures effectuées dans les sols et l'eau souterraine lors des différentes étapes de la caractérisation du site par les consultants ont montré la présence de plusieurs substances incluant des hydrocarbures, des HAP, des COV ainsi que des métaux lourds<sup>57</sup>. Comme l'eau souterraine du secteur ne sert pas d'aquifère servant à alimenter des puits privés ou un réseau d'approvisionnement en eau potable, cette voie d'exposition peut être exclue. De même, les contaminants mesurés dans le sol sont présents sous la surface à plus d'un mètre de profondeur, sauf à une exception, ce qui limite également l'exposition aux contaminants via l'ingestion de sol ou de particules.

Comme mentionné plus loin, la principale voie d'exposition aux contaminants chimiques provient des vapeurs produites par la volatilisation des différents composés présents dans la matrice du sol ou dans l'eau souterraine sous la surface du Parc du Rigolet. Ce phénomène peut mener à des intrusions de vapeurs dans des résidences, correspondant aux contenus des biogaz tels que décrits à la section 4.2. Rappelons que ce mélange gazeux est composé principalement de CH<sub>4</sub>, de CO<sub>2</sub> et de composés traces, ces derniers représentant en général moins de 1 % du volume de biogaz. La figure 7 présente un modèle conceptuel de site qui illustre la situation d'une résidence par rapport à la zone contaminé par des déchets tel que l'on retrouve au Parc du Rigolet.

---

<sup>57</sup> Les informations relatives aux différents contaminants se trouvent dans les rapports Technisol Environnement, 2001 à 2005.

**Figure 7 : Modèle conceptuel de site, Parc du Rigolet**



### 5.1.2 Les données sur la présence de biogaz dans des résidences

Selon plusieurs données, certaines résidences sises à proximité de l'ancien site d'enfouissement, principalement celles situées du côté nord du chemin du fleuve, sont susceptibles de voir des biogaz s'introduire dans leur sous-sol ou leur vide sanitaire. Dès 2005, le rapport de la firme conseil mandatée par la Ville de Lévis signalait l'existence d'un risque potentiel de migration des biogaz vers des résidences<sup>58</sup>.

Les premiers échantillonnages pour analyse de biogaz dans ces habitations ont été effectués en novembre 2006<sup>59</sup>. Les concentrations de CH<sub>4</sub> dans une résidence (entre 1 000 ppm ou 0,1 % et 2 000 ppm ou 0,2 %) et de CO<sub>2</sub> dans deux des résidences (de l'ordre de 2 000 ppm ou 0,2 %) étaient relativement basses. Néanmoins, les consultants considéraient ces concentrations comme « non négligeables » et recommandaient l'installation, « dès que possible », d'un

<sup>58</sup> Technisol Environnement, 2005

<sup>59</sup> Technisol Environnement, 2006

système de ventilation dans au moins une des habitations considérées comme plus à risque. On recommandait de plus la mise en place d'un détecteur de gaz explosif en permanence dans cette résidence. À notre connaissance, ces mesures n'ont pas été mises en place. Pour les autres habitations situées en bordure du parc, on recommandait, là encore dès que possible, de faire des relevés de biogaz en privilégiant les habitations situées près de l'ancien site d'enfouissement et celles dotées d'un vide sanitaire. Ce n'est qu'en septembre 2008 que l'on donna suite à cette recommandation.

Six résidences avaient été identifiées comme présentant un risque plus élevé à l'intrusion de biogaz puisqu'elles sont dotées d'un vide sanitaire plutôt que d'un sous-sol proprement dit. Le tableau 10 démontre les résultats des relevés de biogaz effectués par une firme de consultants dans quatre de ces résidences entre le 26 septembre et le 28 octobre 2008 (une résidence ciblée pour échantillonnage n'a pas fait l'objet de mesure en raison du refus du propriétaire et une autre à cause d'un accès impossible au vide sanitaire).

**Tableau 10 : Relevés de biogaz dans des résidences de la rue du Fleuve (septembre et octobre 2008)**

Lieu	Paramètres	26-sept	10-oct	17-oct	28-oct
<b>Résidence 1 chemin du Fleuve</b>	Méthane (ppm)	ND	ND	1 500 ppm	—
	Oxygène (%)	20,9 %	20,9 %	20,9 %	
	Dioxyde de carbone (%)	ND	ND	ND	
	Sulfure d'hydrogène (ppm)	ND	ND	ND	
<b>Résidence 2 chemin du Fleuve</b>	Méthane	—	ND	500 ppm	—
	Oxygène		20,9 %	20,9 %	
	Dioxyde de carbone		ND	ND	
	Sulfure d'hydrogène		ND	ND	
<b>Résidence 3 chemin du Fleuve</b>	Méthane	ND	3 000 ppm	9 500 ppm	ND
	Oxygène	20,9 %	20,9 %	20,9 %	20,9 %
	Dioxyde de carbone	ND	ND	ND	ND
	Sulfure d'hydrogène	ND	ND	ND	ND
<b>Résidence 4 chemin du Fleuve</b>	Méthane	ND	5 000 ppm	32 000 ppm	ND
	Oxygène	20,9 %	20,9 %	20,9 %	20,9 %
	Dioxyde de carbone	ND	ND	ND	ND
	Sulfure d'hydrogène	ND	ND	ND	ND
<b>Résidence 5, chemin du Fleuve</b>	Méthane	—	—	—	—
	Oxygène				
	Dioxyde de carbone				
	Sulfure d'hydrogène				
<b>Résidence 6 chemin du Fleuve</b>	Méthane	—	—	—	—
	Oxygène				
	Dioxyde de carbone				
	Sulfure d'hydrogène				

ND : pas de détection

—: pas de relevé

Reproduit de Dessau, 2009.

Du méthane a été mesuré dans les quatre résidences échantillonnées à au moins une reprise lors de ces échantillonnages. Aucune concentration n'a été mesurée dans deux des quatre séances d'analyse. Le 10 octobre, des concentrations de 3 000 et 5 000 ppm ont été mesurées dans deux résidences et le 17 octobre, on rapportait, pour les quatre résidences, des mesures de 500,

1 500, 9 500 et 32 000 ppm. Le rapport précise que ces données étaient valides. Des mesures de contrôle ont été effectuées par le Service de la sécurité incendie de la Ville de Lévis le soir même dans les deux résidences où on avait mesuré les concentrations les plus élevées; aucune détection de méthane n'a alors été observée. Les concentrations de CO<sub>2</sub> étaient sous le seuil de détection et celles de l'O<sub>2</sub> normales.

Les analyses effectuées dans ces deux mêmes résidences par une autre firme de consultants entre le 10 novembre et le 4 décembre 2008 ont rapporté des résultats de CH<sub>4</sub> entre 2 et 112 ppm (dans une trappe d'une pompe du vide sanitaire dans ce dernier cas)<sup>60</sup>. Les consultants ont recommandé de poursuivre la surveillance des biogaz dans les résidences.

Entre la fin février et décembre 2009, des échantillonnages dans trois des résidences déjà identifiées ont été effectués à raison de trois fois par semaine pour deux bâtiments (au sous-sol seulement dans un cas), et une fois par semaine pour l'autre; les résultats se sont tous avérés relativement faibles (entre 0 et 142 ppm)<sup>61</sup>. Quelques résultats (1,3 %) dépassaient le critère de 50 ppm suggéré par la SCHL comme nécessitant une surveillance occasionnelle de la présence de CH<sub>4</sub>. Des dépassements plus fréquents de ce seuil sont survenus en octobre et novembre dans une résidence où la présence de biogaz avait été détectée lors de campagnes de mesures précédentes.

Alors que l'ensemble de ces résultats laissait supposer que le risque d'intrusion de CH<sub>4</sub> dans les habitations à proximité de l'ancien site d'enfouissement était probablement faible, des mesures très élevées de concentration de CH<sub>4</sub> dans des puits d'observation situés à quelques dizaines de mètres de résidences (58,3 %, soit du biogaz « pur », au PO-28 et 21,7 % au PO-29) effectuées le 21 juillet 2009 ont confirmé que ce risque était toujours bien présent<sup>62</sup>. Cependant, les analyses de gaz réalisées la journée-même dans quatre bâtiments situés à proximité de ces puits d'échantillonnage, dont un bâtiment à multiples logements (non identifié précédemment comme étant plus à risque), n'ont pas démontré de concentrations menaçantes (entre 2 et 18 ppm de COV).

### **5.1.3 Les actions de surveillance pour les résidents**

Bien que quelques échantillonnages de biogaz dans des habitations aient été effectués en 2006, c'est surtout depuis septembre 2008 que l'on surveille d'avantage certaines des résidences les plus concernées.

Vers la mi-février 2009 lors d'une assemblée publique, la Ville de Lévis fit part aux résidents riverains du parc d'un plan d'action visant à empêcher une

---

<sup>60</sup> Genivar, 2009a

<sup>61</sup> Genivar, 2009b; Genivar 2009d

<sup>62</sup> Genivar, 2009c

éventuelle migration des gaz vers les habitations qu'elle mettrait en œuvre en 2009 et 2010. Entretemps, elle s'engageait à installer des détecteurs de biogaz dans les six bâtiments du Chemin du fleuve identifiés comme présentant un risque plus élevé.

Puisqu'un délai était prévu avant l'installation des détecteurs, une firme de consultants s'est vue confier le mandat d'effectuer les analyses de biogaz dans les six habitations identifiées. Dès le début, l'accès pour échantillonnage a été refusé par les propriétaires de deux résidences<sup>63</sup> même si leur habitation présentait un risque de présence de biogaz. Un autre a exprimé un refus après quelques échantillonnages. Dans un autre cas, on accepta d'abord trois analyses par semaine mais on n'accepta qu'un seul échantillonnage hebdomadaire par la suite. Nous n'avons pas l'information nécessaire pour estimer si ces citoyens étaient en mesure de prendre une décision éclairée.

Mentionnons enfin que le plan d'action de la Ville de Lévis présenté en février 2009 prévoyait des activités d'échantillonnage occasionnelles (prévues aux trois mois) dans les autres résidences situées dans le secteur du Parc du Rigolet. On a effectivement réalisé une analyse ponctuelle dans un certain nombre d'habitations au début des activités d'échantillonnage de 2009 mais, à notre connaissance, ces échantillonnages n'ont pas été poursuivis. Finalement, dans l'ensemble en 2009, il n'y a que deux habitations qui ont fait l'objet d'un suivi assez régulier pour être significatif.

Ce n'est que vers la mi-décembre 2009 qu'on a finalement procédé à l'installation de détecteurs permanents dans quatre résidences. Malheureusement, les propriétaires de deux autres habitations visées par cette mesure ont refusé ce service. Encore une fois, nous ne sommes pas en mesure de confirmer que cette décision a été prise en toute connaissance de cause<sup>64</sup>.

Depuis la mise en place de ces détecteurs, des concentrations maximales de l'ordre de 1 500 à 2 000 ppm ont été enregistrées dans la résidence où on avait mesuré les concentrations les plus élevées en 2008<sup>65</sup>.

La Ville de Lévis prévoit relier les détecteurs mis en place à un service de réponse d'urgence dans les meilleurs délais. Par ailleurs, ces dispositifs permettent d'enregistrer en continu les concentrations de gaz. Il est ensuite possible de consulter ces registres et d'obtenir un portrait des concentrations de gaz étalées dans le temps<sup>66</sup>.

---

<sup>63</sup> On peut supposer que cette décision a été motivée par le dérangement que ces prises d'échantillons occasionnaient.

<sup>64</sup> Divers motifs comme, par exemple, la crainte d'une dévaluation de la valeur des résidences ou de l'augmentation des coûts d'assurance pourraient-t-ils avoir incité à refuser le service?

<sup>65</sup> Communication personnelle, 2010-04-20.

<sup>66</sup> En mai 2010, des problèmes techniques empêchaient toujours de consulter ces résultats.

### **5.1.4 Vers une solution permanente**

En juillet 2009, la firme conseil mandatée par la Ville de Lévis déposait son rapport dans lequel elle présente cinq scénarios différents dans le but de trouver une solution permanente et efficace au problème posé par la présence de biogaz dans le sol<sup>67</sup>. Elle y décrit les avantages et inconvénients relatifs aux quatre premiers scénarios, le cinquième n'étant pas retenu d'emblée<sup>68</sup>. Dans chacun des scénarios elle propose le remplacement de la conduite sanitaire. En plus de cette mesure, les particularités propres à chaque scénario sont 1) l'excavation complète des déchets, 2) l'excavation partielle des déchets et l'aménagement d'un mur étanche, 3) l'installation d'un réseau d'aspiration des biogaz et l'aménagement d'un bâtiment abritant les équipements et 4) la réalisation d'une campagne d'échantillonnage du biogaz sur une période d'une année. Dans leur rapport, les consultants privilégient le scénario 2, solution acceptée par la ville<sup>69</sup>.

## **5.2 LES EFFETS DE NATURE PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE**

En plus des différents impacts psychologiques et sociaux qui sont associés à la gestion des lieux d'élimination de déchets, le contexte particulier du Parc du Rigolet peut contribuer à accroître certains de ces impacts notamment en ce qui concerne le risque perçu. Ainsi, plusieurs citoyens ignoraient l'existence même d'un ancien dépotoir dans leur voisinage immédiat. De plus, la mise en lumière de cette situation s'est produite lors d'une intervention d'urgence impliquant les pompiers et la police à la suite de la détection de concentration élevée de biogaz dans l'une des résidences du quartier, représentant une menace à la sécurité jusqu'alors inconnu. L'effet de surprise entraîné par l'intervention d'urgence et la mise en évidence d'une menace à la sécurité des biens et des personnes auparavant inconnue représentent des conditions pouvant accroître l'importance des impacts psychologiques et sociaux dans la communauté.

La situation particulière à laquelle les résidents voisins du Parc du Rigolet ont été confrontés a pu être à même d'entraîner chez certaines personnes des impacts psychologiques et sociaux significatifs. Ces impacts possibles sont d'abord reliés aux craintes des résidents pour leur santé et leur sécurité et celles de leurs proches. D'autres types d'inquiétudes relatives cette fois à la valeur des propriétés, et, hypothétiquement, aux difficultés appréhendées à pouvoir assurer leur maison adéquatement ont pu contribuer à augmenter un état de stress.

Des citoyens voisins du Parc du Rigolet ont notamment exprimés la crainte de se retrouver pris avec une résidence sans possibilité de revente ou de financement par les institutions bancaires. Des propriétaires ont également fait valoir le peu

---

<sup>67</sup> Genivar, 2009 b

<sup>68</sup> Mise en place d'événements passifs.

<sup>69</sup> M. Christian Guay, coordonnateur à l'environnement, Direction de l'environnement et des infrastructures, ville de Lévis, communication personnelle, 2009-11 18.

d'attrait que représentaient des logements dans un immeuble où la présence de biogaz pouvait survenir. La présence d'une résidence pour personnes âgées dans ce secteur représente également une préoccupation additionnelle compte tenu de la vulnérabilité potentiellement plus grande chez ces personnes.

La DSPE souligne la contribution du CSSS du Grand Littoral qui a effectué un suivi auprès des personnes ayant manifesté des craintes ou des inquiétudes relativement à la présence de biogaz au Parc du Rigolet. Jusqu'à ce jour, aucune demande d'assistance n'a été adressée au CSSS de la part de ces citoyens. Un support psychosocial demeurera disponible aux résidents du secteur du Parc du Rigolet d'ici à ce que les mesures annoncées par la Ville de Lévis se soient concrétisées.

## 6 AVIS ET RECOMMANDATIONS

Dans cette section, nous formulons des avis relatifs au risque d'explosion et aux risques pour la santé à long terme et les recommandations qui leur sont appropriées.

### 6.1 AVIS ET RECOMMANDATIONS RELATIFS AU RISQUE D'EXPLOSION DANS DES RÉSIDENCES

Considérant que :

- certaines mesures de gaz dans les habitations, même si très peu fréquentes, ont montré des concentrations significatives de CH<sub>4</sub> ;
- des analyses en 2010 ont de nouveau démontré la présence de biogaz dans au moins une résidence ;
- la présence de biogaz dans l'ancien site d'enfouissement est bien démontrée ;
- on a relevé dans des puits d'observation situés très près d'habitations des concentrations très élevées ;
- des cas d'explosion dans des bâtiments situés en bordure de sites d'enfouissement ont été rapportés ;
- les situations de réelle intrusion dans le cadre de la campagne d'échantillonnage ont été peu fréquentes ;
- le comportement des gaz dans le sol est aléatoire et peu prévisible ;
- l'excavation des déchets enfouis constituerait la solution privilégiée par bon nombre de résidents du secteur ;
- que la migration des biogaz à partir d'un LES, selon les conditions locales, pourrait se faire jusqu'à ½ kilomètre.

Nous sommes d'avis que :

1. Le risque d'explosion dans des habitations demeure le risque à court terme le plus préoccupant d'un point de vue de santé et sécurité publique. Cependant, compte tenu des données dont nous disposons, la probabilité d'un tel événement ne peut pas être quantifiée. Qualitativement, nous estimons qu'il s'agit d'un risque faible.

2. Les mesures transitoires de surveillance d'intrusion de gaz dans les habitations mises en place par la municipalité sont adéquates pour les habitations qui en font l'objet. Cependant, le délai à procéder a fait en sorte que des citoyens ont été exposés à un risque durant cette période, toutefois sans conséquence.
3. Les résidents des habitations ciblées qui ont refusés l'installation de détecteurs sont toujours exposés à un risque pour leur sécurité.
4. L'excavation des déchets enfouis constituerait sans doute le meilleur moyen permettant d'éliminer le risque d'intrusion des biogaz. Cependant, nous sommes d'avis que la solution retenue comme mesure permanente de protection constitue une solution acceptable pour prévenir le danger d'explosion.

Enfin, comme le plan d'échantillonnage prévu pour les autres habitations situées dans le voisinage du Parc du Rigolet n'a pas été totalement suivi, nous ne pouvons confirmer l'absence de risque d'intrusion de biogaz dans d'autres résidences du secteur.

Considérant les avis exprimés plus haut, **nous recommandons que :**

1. Les travaux pour mettre en application les solutions permanentes soient finalisés dans les délais les plus courts possibles.
2. La Ville de Lévis réitère l'offre d'installer des détecteurs de biogaz aux résidents des habitations identifiées comme plus à risque et qui l'ont refusé<sup>70</sup>.
3. La Ville de Lévis établisse un nouveau plan d'échantillonnage résidentiel dans les secteurs qui étaient identifiés en février 2009 comme devant bénéficier d'une surveillance occasionnelle quant à l'intrusion de biogaz. Ce plan devrait aussi inclure les habitations situées à proximité des puits où on a mesuré des concentrations élevées de méthane notamment en juillet 2009. Cette activité de surveillance occasionnelle devrait être effectuée jusqu'à la réalisation des travaux visant une solution permanente de protection.
4. La Ville de Lévis établisse un plan d'échantillonnage de contrôle après les travaux de façon à s'assurer de l'efficacité des structures mises en place pour empêcher la migration des biogaz. Ces mesures devraient être effectuées dans des puits d'échantillonnage et dans des résidences.

---

<sup>70</sup> Nous suggérons à la Ville de Lévis de mentionner aux propriétaires concernés qu'en plus de constituer une mesure de protection pour leur famille et leurs biens, leur participation permettrait un meilleur suivi de la présence des biogaz dans ce secteur.

## **6.2 AVIS ET RECOMMANDATIONS RELATIFS AUX AUTRES EFFETS À LA SANTÉ RELIÉS AUX BIOGAZ**

Considérant que :

- les contaminants identifiés comme pouvant présenter des effets à la santé de type cancers, anomalies congénitales, effets sur la reproduction et divers autres effets ne représentent qu'environ 1 % des biogaz ;
- la proportion de déchets dangereux enfouis dans le site est probablement faible ;
- même si les études épidémiologiques ont démontrée une certaine augmentation des risques associés au fait de vivre à proximité d'un LES pour le faible poids à la naissance et certaines malformations congénitales ;
- l'exposition aux contaminants pour les citoyens concernés est extrêmement faible, compte tenu du nombre d'échantillons analysés dans des résidences contenant des biogaz entre la fin de 2006 et avril 2010 ;
- nous n'avons pas d'information sur l'exposition à ces contaminants pour les citoyens voisins du parc avant 2006.

Nous sommes d'avis que le risque de développer des problèmes de santé reliés aux biogaz pour les personnes vivant dans le voisinage de l'ancien site d'enfouissement du Parc du Rigolet est très faible. Un certain degré d'incertitude tient à l'absence d'information sur l'exposition aux composés traces avant 2006.

Considérant cet avis, nous n'avons pas de recommandation spécifique à formuler à cet effet. Nous considérons que les solutions techniques qui seront mises en place pour contrer la migration des biogaz vers les résidences permettront d'éliminer une exposition éventuelle aux composés traces. Bien entendu, nous maintenons la recommandation concernant les mesures de surveillance après les travaux.

## **6.3 AVIS ET RECOMMANDATIONS RELATIFS AUX EFFETS DE NATURE PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE**

Considérant que :

- la littérature scientifique portant sur les impacts reliés à la proximité de lieux d'enfouissement des déchets rapporte des effets nature psychologique et sociale chez les résidents concernés ;

- des résidents voisins du Parc du Rigolet ont exprimés des inquiétudes relativement à leur santé, leur sécurité et leurs biens.

Nous sommes d'avis que ce type d'effet chez les citoyens concernés nécessite une attention particulière.

À cet effet, nous recommandons que :

1. La Ville de Lévis informe les résidents du secteur de la réalisation des mesures annoncées de manière à les rassurer sur le contrôle des risques relatifs aux biogaz.
2. La Ville de Lévis fasse en sorte que l'échéance pour terminer les travaux visant à créer une barrière aux biogaz vers les résidences du secteur soit la plus courte possible.

## ANNEXE

### Synthèse des principes directeurs de gestion des risques pour la santé

PRINCIPE	ÉNONCÉ
<b>Appropriation de ses pouvoirs</b>	La gestion des risques pour la santé publique doit favoriser le renforcement de la capacité des individus et des collectivités à prendre des décisions éclairées et à agir quant aux risques qui les concernent.
<b>Équité</b>	La gestion des risques par la santé publique doit garantir la juste répartition des bénéfices et des inconvénients des risques au sein des communautés.
<b>Ouverture</b>	La gestion des risques par la santé publique doit permettre aux parties intéressées et touchées de participer au processus afin qu'elles puissent exprimer leur point de vue, faire connaître leurs perceptions et leur préoccupations face à la situation, contribuer à la recherche de solutions et influencer les décisions de gestion.
<b>Primauté de la santé humaine</b>	La gestion des risques par la santé publique doit accorder la priorité à la protection de la santé humaine.
<b>Prudence</b>	La gestion des risques par la santé publique doit prôner la réduction et l'élimination des risques chaque fois qu'il est possible de ce faire et l'adoption d'une attitude vigilante face aux menaces éventuelles. Cette attitude peut s'exercer tant dans un contexte de relative certitude (prévention) que d'incertitude scientifique (précaution).
<b>Rigueur scientifique</b>	La gestion des risques par la santé publique doit être basée sur les meilleures connaissances disponibles, doit reposer sur des avis scientifiques d'experts issus de toutes les disciplines pertinentes, doit considérer les points de vue minoritaires et les opinions provenant de diverses écoles de pensées, et doit suivre une démarche structurée et systématique.
<b>Transparence</b>	La gestion des risques par la santé publique doit assurer un accès facile et le plus rapide possible à toutes les informations pertinentes pour les parties intéressées et touchées, tout en respectant les exigences légales de confidentialité

Source : Ricard, S. et coll, 2003. *Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique*. Institut national de santé publique du Québec, 65 pages et annexes.



## LISTE DES RÉFÉRENCES

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2005. *Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values*. Publication 0105DiskCD. [CD-120001] (CD-ROM), Cincinnati, OH, <http://www.acgih.org> .
- Agency for Toxic Substances & Disease registry (ATSDR), 2001. *Landfill Gas Primer – An overview for environmental Health Professionals*. [En ligne] <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/landfill/html/intro.html>
- Agency for Toxic Substances & Disease registry (ATSDR), 2009. *Index des substances* [En ligne]. Mise à jour janvier 2009, <http://www.atsdr.cdc.gov/az/a.html> .
- Altavista, P., et autres, 2004. « Cause-specific mortality in an area of Campania with numerous waste disposal sites ». *Epidemiol Prev*, vol. 28, n° 6, November-December, pp. 311-321.
- Archangebeault, D., 1991. *La combustion des huiles usées par la compagnie Ciment St-Laurent : pour une concertation régionale*. Joliette, DSC de Lanaudière, 11 p.
- Bélanger, M., D. Belleville, J-F. Bibeault, C. Commandeur, S. Fortin-H., S. Lessard, M-C. Messely et P. Polan, 1993. *Mieux vivre avec nos déchets : la gestion des déchets solides municipaux et la santé publique*. Québec, Comité de santé environnementale du Québec, 172 p.
- Bélanger, M., et autres, 2003. *Agrandissement de BFI (secteur nord)*. Mémoire, [s. l.], Régie régionale de la santé et des services sociaux de Lanaudière, rapport 177, 33 p.
- Berry, M., et F. Bove, 1997. « Birth weight reduction association with residence near a hazardous waste landfill ». *Environmental Health Perspectives*, vol. 105, n° 8, August, pp. 856-861.
- Blackburn, D., M. Chagnon, K. Martel, A. Morasse, B. Pouliot, L. Rodrigue, I. Tardif, G. Brisson et D. Gagné, 2009. *Éoliennes et santé publique. Synthèse des connaissances*. Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique (INSPQ), 84 p.
- Blanchette, C., 2008. *Effets à la santé associés aux lieux de traitement des déchets*. Revue de la littérature publiée depuis 1993, Direction de santé publique de la Montérégie. Document de travail.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Bord, R. J., et R. E. O'Connor, 1992. « Determinants of risk perception of a hazardous waste site », *Risk Analysis*, vol. 12, n° 3, p: 411-416.
- California Air Resources Board, 1989. *The Landfill Gas Testing Program: A Second Report to California Legislative*. Stationary Source Division, Sacramento, California.
- Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), s.d. *Monographies du CIRC sur l'évaluation des risques de cancérogénicité pour l'homme*.  
<http://monographs.iarc.fr/indexfr.php>
- Comba, P., et autres, 2006. « Cancer mortality in an area of Campania (Italy) characterized by multiple toxic dumping sites ». *Ann. N Y Acad. Sci.*, vol. 1076, September, pp. 449-461.
- Covello, V.T., P.M. Sandman et P. Slovic, 1988. *Risk Communication, Risk Statistics, and Risk Comparisons: A Manual for Plant Managers*. Washington, DC, Chemical Manufacturers Association, 57 p.
- Crawford, J.F., et P.G. Smith, 1985. *Landfill technology* (cité dans ATSDR, 2001).
- Croen, Lisa A., et autres, 1997. « Maternal Residential Proximity to Hazardous Waste Sites and Risk of Selected Congenital Malformations », *Epidemiology Resources Inc.*, vol. 8, n° 4, July, pp. 347-354.
- Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), 2009. *Service du répertoire toxicologique* [En ligne] Mise à jour selon les substances, <http://www.reptox.csst.qc.ca/>.
- Dandoy, S., 1990. « Risk communication and public confidence in health departments ». *American Journal of Public Health*, vol. 80, n° 11, November, pp. 1299-1300.
- DayaL, H., et autres, 1995. « Symptom clusters in a community with chronic exposure to chemicals in two superfund sites ». *Arch. Environ. Health*, vol. 50, n°2, March-April, pp. 108-111.
- Deloraine, A., et autres, 1995. « Case-Control Assessment of the Short-Term Health Effects of an Industrial Toxic Waste Landfill ». *Environmental Research*, vol. 68, pp.124-132.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Department Of Energy (US-DOE), 2009. *Protective Action Criteria (PAC)*. Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions [En ligne], Mise à jour août 2009, consulté en octobre 2009. [http://www.hss.energy.gov/HealthSafety/WSHP/chem\\_safety/teel.html](http://www.hss.energy.gov/HealthSafety/WSHP/chem_safety/teel.html).
- Desrosiers, G. , 2004. « *La valorisation du biogaz des lieux d'enfouissement sanitaire* ». Informa-Tech., vol. 18, n° 1, janvier, p.1-3.
- Dessau, 2009. *Parc du Rigolet, Lévis (Québec). Caractérisation environnementale complémentaire des biogaz*. Gestion des biogaz, étapes préliminaires. Rapport final. Février 2009. 16 p. et annexes.
- Dolk, H., et autres, 1998. « Risk of congenital anomalies near hazardous-waste landfill sites in Europe: the EUROHAZCON study ». *The Lancet*, vol. 352, August, pp. 423-427.
- Drouin, L., M. Golberg et N. Richer, 1993. *Risques à la santé associés au biogaz des sites d'enfouissement sanitaires : problématique*. Dans le cadre du projet de recherche : Caractérisation des émanations de biogaz et analyse de leurs relations sur l'environnement, la santé et la sécurité du public et des travailleurs, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal 24 p..
- Elliott, P., et autres, 2001a. *Birth outcomes and selected cancers in populations living near landfill sites - Report to the Department of Health*. The Small Area Health Statistics Unit (SAHSU), London, 80 p.
- Elliott, Paul, et autres, 2001b. « Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites ». *BMJ*, vol. 323, August, pp. 363-368.
- Environnement Canada, 2006. *Glossaire* [En ligne]. Mise à jour 2006-01-12 [www.ec.gc.ca/cppic/Fr/glossary.cfm#C ].
- Enviros Consulting Ltd., et University of Birmingham, 2004. *Review of Environmental and Health Effects of Waste Management: Municipal Solid Waste and Similar Wastes*. London, Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), 420 p.
- Environmental Protection Agency (EPA), 1993. *Solid waste disposal facility criteria–technical manual*. EPA 530-R-93-017, November 1993.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Eschenroeder A., S. Wolff, A. Taylor et D. Burmaster, 1990. *Health risks of alternatives methods of municipal solid waste disposal - A Massachusetts Comparison*. Alanova Incorporated, Conf. paper at Society of risk analysis 1990 annual meeting, October 7-10, 1990. New Orleans, 32 p.
- Eyles, J., et autres, 1993. « Worrying about waste: living close to solid waste disposal facilities in southern Ontario ». *Social Science Medicine*, vol. 37, n° 6, September, pp. 805-812.
- Fano, V., et autres, 2006. « *Mortality (1995-2000) and hospital admissions (2001-2003) in the industrial area of Gela.* » *Epidemiol Prev.*, vol. 30, n° 1, January-February, pp. 27-32.
- Fayers, P. F., et D. Machin, 2001. *Quality of life: Assessment, Analysis and Interpretation*. New York, John Wiley and Sons, LTD.
- Fielder, H. M. P., et autres, 1997. *Report on the health of residents living near the Nant-Y-Gwyddon landfill site using routinely available data*. Cardiff, Welsh Combined Centres for Public Health, [s. p.].
- Fielder, H. M. P., et autres, 2000a. « Assessment of impact on health of residents living near the Nant-Y-Gwyddon landfill site: retrospective analysis ». *BMJ*, vol. 320, January, pp. 19-22.
- Fielder, H. M. P., et autres, 2000b. *Report on the Study of Time to Pregnancy in the Rhondda Valleys*. Cardiff, Welsh Combined Centres for Public Health, [s. p.].
- Foulks, E., et T. McLellen, 1992. « Psychologic Sequelae of Chronic Toxic Waste Exposure ». *Southern Medical Journal*, vol. 85, n° 2, February, pp. 122-126.
- Genivar, 2009a. *Échantillonnage de l'air ambiant à l'intérieur de résidences. Parc du Rigolet, Ville de Lévis*. Rapport technique – version finale, janvier 2009. 12 p. et annexes.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Genivar, 2009b. *Gestion des biogaz, Parc du Rigolet*. Projet N° Q114364, Rapport final, 29 p. et annexes.
- Genivar, 2009c. *Tableau : résultats d'analyse du gaz dans les puits de surveillance, Parc du Rigolet*. 21 juillet 2009.
- Genivar, 2009d. *Feuilles des résultats des analyses de biogaz dans les résidences*. Février à novembre 2009.
- Goldberg M., N. Al-Homsi et L. Goulet, 1993. *Cancer incidence among persons living near a sanitary landfill site in Montreal, Québec*. International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste, Atlanta. May 3-6, 1993.
- Goldberg, M. S., et autres, 1995a. « *Incidence of Cancer among Persons Living Near a Municipal Solid Waste Landfill site in Montreal, Quebec* ». *Archives of Environmental Health*, vol. 50, n° 6, November-December, pp. 416-424.
- Goldberg, M. S., et autres, 1995b. « *Low Birth Weight and Preterm Births among Infants Born to Women Living Near a Municipal Solid Waste Landfill site in Montreal, Quebec* » *Environmental Research*, vol. 69, n° 1, April, pp. 37-50.
- Goldberg, M. S., 1999. « *Risks of Developing Cancer Relative to Living near a Municipal Solid Waste Landfill Site in Montreal, Quebec, Canada* ». *Archives of Environmental Health*, vol. 54, n° 4, July-August, pp. 291-296.
- Goulet L., et M. Goldberg, 1993. *Reproductive outcomes among women living near a sanitary landfill site in Montreal, Québec, Canada*. Society for Epidemiologic Research Annual Meeting, Keystone, CO.
- Giusti, L., 2009. « *A review of waste management practices and their impact on human health* ». *Waste management*, vol. 29, n°8, pp. 2227-2239.
- Hall, H. I., et autres, 1996. « *Residential proximity to hazardous waste sites and risk of endstage renal disease* ». *J. Environ. Health*, vol. 59, pp. 17-21.
- Hertzman C., Hayes M., Singer J. & Highland J., 1987. « *Upper Ottawa Street Landfill Site Health Study* ». *Environmental Health Perspective*, 75 : 173-195.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Inspec-sol Inc., 2000. *Caractérisation environnementale des sols de surface. Parc du Rigolet, Saint-Romuald*. Rapport préliminaire, Dossier no. : 6806-Q5018. 3 p. et annexes.
- Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS), 2007. *Les bases de données - Fiches toxicologiques* [En ligne]. Mise à jour 20 novembre 2009. [www.inrs.fr]
- Kharrazi, M., et autres, 1997. « A community-based study of adverse pregnancy outcomes near a large hazardous waste landfill in California ». *Toxicology and Industrial Health*, vol. 13, n<sup>os</sup> 2-3, p. 299-310.
- Klemans, W., et autres, 1995. « Cytogenetic biomonitoring of a population of children allegedly exposed to environmental pollutants. Phase 2: Results of a three-year longitudinal study ». *Mutat. Res.*, vol. 342, n<sup>os</sup> 3-4, April, pp. 147-156.
- Kloppenborg, S. Ch., et autres, 2005. « Risk of congenital anomalies in the vicinity of waste landfills in Denmark; and epidemiological study using GIS ». *Cent Eur J Public Health*, vol. 13, n<sup>o</sup> 3, September, pp. 137-143.
- Knox, E. G., 2000. « Childhood cancers, birthplaces, incinerators and landfill sites ». *International Journal of Epidemiology*, vol. 29, pp. 391-397.
- Landfill Gas Expert, 2009. *The Landfill Gas Explosions which Shocked the UK's Waste Management Industry into Action*. [http://www.landfill-gas.com/html/landfill\\_gas\\_explosions.html](http://www.landfill-gas.com/html/landfill_gas_explosions.html) (2009-10-02).
- Laihas, 1986. « International perspectives of landfill gaz. A U.S. overview », pp.13-16 dans *Energy from landfill gas*. Ed. : Emberton J.R. et R.F. Emberton, Proceedings of a conference jointly sponsored by the U.K. and the U.S Department of energy.
- Lakhanisky, T., et autres, 1993. « Cytogenetic monitoring of a village population potentially exposed to a low level of environmental pollutants. Phase 1: SCE analysis ». *Mutat Res*, vol. 319, n<sup>o</sup> 4, December, pp. 317-323.
- LCPE, 1999. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Article 77 et Annexe 1.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Lewis-michl, E. L., et autres, 1998. *Investigation of cancer incidence and residence near 38 landfills with soil gas migration conditions: New York State, 1980-1989*. Atlanta, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 96 p.
- Lisk, D. J., 1991. « Environmental effects of Landfills ». *The Science of the Total Environment*, 100 : 415-468.
- Marshall, E., et autres, 1997. « Maternal Residential Exposure to Hazardous Wastes and Risk of Central Nervous System and Musculoskeletal Birth Defects ». *Archives of Environmental Health*, vol. 52, n<sup>o</sup> 6, November-December, pp. 416-425.
- Messely, M.-C., 1992. « La communication du risque : plus que la simple divulgation d'information scientifique ». *Bulletin d'Information en santé environnementale*, vol. 3, n<sup>o</sup> 5, septembre-octobre, p. 1-3.
- Miller, M. S., et M. A. Mcgeehin, 1997. « Reported health outcomes among residents living adjacent to a hazardous waste site, Harris County, Texas 1992 ». *Toxicology and Industrial Health*, vol. 13, n<sup>os</sup> 2-3, pp. 311-319.
- Minichilli, F., et autres, 2005. « A study on mortality around six municipal solid waste landfills in Tuscany Region ». *Epidemiol Prev*, vol. 29, n<sup>os</sup> 5-6 (suppl), September-December, pp. 53-56.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), 2004. *Programme national de santé publique 2003-2012*. Version abrégée. Québec, pp. 12-13.
- Mukerjee, A., et D. Deacon., 1999. *Report on Complaints of Ill health Perceived to be Due to Exposure to Nant-y-Gwyddon Landfill Site*. Cardiff, Bro Taf Health Authority, [s. p.].
- Najem, G. R., T. Strunck et M. Feuerman, 1994. « Health Effects of a Superfund Hazardous Chemical Waste Disposal Site ». *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 10, n<sup>o</sup> 3, May-June, pp. 151-155.
- Ray, M. R., et autres, 2005. « Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal solid waste disposal at an open landfill site in Delhi ». *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 208, n<sup>o</sup> 4, pp. 255-262.
- Olivier, M. J. ,1999. *Gestion des matières résiduelles au Québec*. Saint-Lambert-de-Lauzon, Les productions Jacques Bernier, 302 p.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

Organisation mondiale de la santé (OMS), 2007. *Population health and waste management : scientific data and policy options*. Report of a WHO Workshop, Rome Italy, 29-30 March 2007. WHO, European Center for Environment and Health; 91 p.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Asphyxiating Atmospheres. Section 12: Confined Space Hazards*.  
<http://www.osha-slc.gov/SLTC/smallbusiness/sec12.html>.

Paun, A., H. Naveau et E. J. Nyns, 1987. « Biogas production ». Pp. 273-291, dans *Biomass : regenerable energy*. Ed. : Hall, D. O. et R. P. Overend, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK.

Porta D., S. Milani, A. I. Lazzarino, C. A. Perucci et F. Forastiere, 2009. « Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste ». *Environmental Health*, 2009, **8**:60; doi:10.1186/1476-069X-8-60.

Protective Action Criteria (PAC), 2009. *Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions (SCAPA)*. Comprehensive Emergency Management System (CEMS) of the Department of Energy/National Nuclear Security Administration (DOE/NNSA), USA.

Proulx, R., et M.-A. Duclos, 1994. *Impacts psychosociaux inhérents à l'exploitation d'un lieu d'enfouissement sanitaire* [s. l.]. Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Estrie, 36 p.

Rainham, D., 2002. « Risk Communication and Public Response to Industrial Chemical Contamination in Sydney, Nova Scotia: A Case Study ». *Journal of Environmental Health*, vol. 65, n° 5, December, p. 26-32.

*Règlement sur la santé et la sécurité du travail [S-2.1, r.19.01]*. Québec : Éditeur officiel du Québec, 2007. [RJ-510071]  
[http://www.csst.qc.ca/portail/fr/lois\\_politiques/index\\_loi.htm](http://www.csst.qc.ca/portail/fr/lois_politiques/index_loi.htm)

Richardson, G. (1999). *Sarcoidosis and Nant-Y-Gwyddon Landfill Site*. Cardiff, Bro Taf Health Authority, [s. p.].

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Santé Canada, 1987. *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*. Rapport du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail Direction de l'hygiène du milieu. Direction générale de la protection de la santé, Avril 1987 Ottawa (Ontario) (Révisé en juillet 1989).
- Santé Canada, 2004. *Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé – volume 4 : impacts sur la santé par secteur industriel*, [s. l.]. Santé Canada, 324 p.
- Santé Canada, 2008. *Guidance for soil vapor intrusion*. Environmental Health Assessment Service, Safe Environments Program, Health Canada (en préparation).
- Saint-Ouen, M., J.-P. Camard, S. Host et I. Gremy, 2008. « Données épidémiologiques récentes sur les effets sanitaires des installations de traitement des déchets ménagers et assimilés ». *Environnement, Risques et Santé*, vol. 7, no. 1, janv.-fév. 2008 (27-35).
- Schultz S., 1982. *Report on the Brookfield Health Survey*. New York; New York City Health Department.
- Sergeev, A. V., et D. O. Carpenter, 2005. « Hospitalization rates for coronary heart disease in relation to residence near areas contaminated with persistent organic pollutants and other pollutants ». *Environ Health Perspect.*, vol. 113, n° 6, June, pp. 756-761.
- Société Canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 2005. *Les gaz souterrains et l'habitation*. Guide destiné aux municipalités. SCHL, 1993, révision 2005. 26 p.
- Sosniak, W. A., E. K. Wendy et T. M. Gomez, 1994. « Data Linkage to Explore the Risk of Low Birthweight Associated with Maternal Proximity to Hazardous Waste Sites from the National Priorities List ». *Archives of Environmental Health*, vol. 49, n° 4, July-August, pp. 251-255.
- Taylor, S. M., et autres, 1991. « Psychosocial impacts in populations exposed to solid waste facilities ». *Social Science and Medicine*, vol. 33, n° 4, pp. 441-447.
- Tchobanoglous G, H Theisen et S. Vigil, 1993. *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hill, Inc. pp. 381-417.

## LISTE DES RÉFÉRENCES (SUITE)

- Technisol Environnement, 2001. *Caractérisation environnementale, Parc du Rigolet, rue du Juvénat, Saint-Romuald*. N /Réf. : SR14524-111, le 18 avril 2001. 40 p. + annexes.
- Technisol Environnement, 2003. *Suivi environnemental de l'eau souterraine et des biogaz, Parc du Rigolet, Saint-Romuald (Québec)*. N /Réf. : SR14524-113, 28 octobre 2003. 8 p. + annexes.
- Technisol Environnement, 2005. *Caractérisation complémentaire, Parc du Rigolet, Saint-Romuald (Québec)*. N /Réf. : SR014524-115, 14 novembre 2005. 18 p. + annexes.
- Technisol Inc., 2007a. *Caractérisation complémentaire, Parc du Rigolet, Saint-Romuald (Québec)*. N /Réf. : SR014524-8421, 6 février 2007. 25 p. + annexes.
- Technisol, 2007b. *Recommandations – gestion des biogaz et des sols contaminés, Parc du Rigolet, Lévis (Québec)*. N /Réf. : SR014524-8421, 26 avril 2007. 8 p.
- Vrijheid, M., et autres, 2002. « Chromosomal congenital anomalies and residence near hazardous waste landfill sites ». *The Lancet*, vol. 359, January, pp. 320-322.
- Zmirou, D., et autres, 1994. « Short-term Health Effects of an Industrial Toxic Waste Landfill: A Retrospective Follow-up Study in Montchanin, France ». *Archives of Environmental Health*, vol. 49, n° 4, July-August, pp. 228-238.