

# **Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé**

---

## **Volume 2**

### **Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé**

**VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER**

**Decembre 1999**

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

## **Gestion des boues d'épuration d'eaux usées**

### **Valorisation des boues d'épuration provenant des usines de traitement des eaux usées municipales**

#### **Les usées municipales**

Dans une ville type nord-américaine, le volume moyen d'eau usée engendré varie de 225 à 380 litres par personne par jour. Ce volume s'accroît avec la population de la ville; en effet, le volume moyen inclut les eaux rejetées par les industries et les commerces qui sont plus nombreux dans les grandes villes.

Une eau d'égout municipale ne contient que 0,1% de polluants sous formes matières solides ou de substances chimiques. Près de 70% de ces polluants est de la matière organique et 30% des substances inorganiques. La concentration des matières en suspension (MES), qui regroupe des substances organiques et inorganiques, varie habituellement de 100 à 400 mg/L alors que la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), essentiellement composé de substances organiques, varie elle aussi de 100 à 400 mg/L. Quant à la concentration de phosphore, elle peut atteindre 15 mg/L. S'ajoute à ces polluants, une quantité variable de substances chimiques de synthèse (solvants, pcb, acides, etc.) provenant des industries et des commerces ainsi que de nombreux groupes de micro-organismes, surtout des coliformes, des virus et certains parasites tels les protozoaires et les helminthes. Une partie importante de ces polluants se retrouve ultérieurement dans les boues d'épuration.

#### **Origine des boues d'épuration**

Les boues sont engendrées à chacune des étapes de l'assainissement des eaux usées, mais principalement par les traitements primaire et secondaire. À l'étape préliminaire cependant, le prétraitement, l'eau passe au travers de grilles permettant de retirer les déchets de grandes dimensions (plastiques, tissus, bout de bois), avant de passer au dessablage qui provoque la sédimentation des grains de sable et des particules relativement denses. Une étape de déshuilage permet, par flottaison, le retrait des huiles et des corps gras moins denses que l'eau. Le traitement primaire, qui s'effectue essentiellement dans des bassins de décantation, permet de retirer les MES de taille entre 0,05 à 1,0 mm. Le traitement secondaire, aussi appelé traitement biologique, a comme principale fonction de retirer la matière organique non décantable par le traitement primaire. Il existe plusieurs techniques qui reposent essentiellement sur le travail aérobie ou anaérobie de bactéries qui vont métaboliser cette matière organique. Le résultat de cette digestion microbienne est cependant l'accroissement de la masse de micro-organismes qui se retrouve au fond des bassins et constitue une part importante des boues d'épuration. Le volume moyen de boue produite à toutes les étapes est de 150 kg de matières sèches par 1 000 m<sup>3</sup> d'eau usée traitée.

## Traitement des boues d'épuration

Une boue fraîche contient généralement plus de 95% d'eau. Cette boue doit cependant être soumise à divers types de traitement visant la réduction de la teneur en eau et la stabilisation.

On réduit la teneur en eau par épaissement et déshydratation. Dans le premier cas, on utilise généralement des épaisseurs mécaniques (à tambour) et des tables d'égouttage. La déshydratation peut se faire par centrifugation, avec des filtres de diverses natures, ou par séchage par voie thermique. On peut ainsi obtenir une boue dont la teneur en eau n'est que de 10%. La plupart des stations d'épuration produisent cependant des boues dont la teneur en eau n'est pas inférieure à 50%, compte tenu des coûts nécessaires pour obtenir une réduction supplémentaire. Il est important de préciser que la concentration des polluants non biologiques s'accroît généralement en fonction de la teneur en matière sèche d'une boue.

La stabilisation vise la réduction du pouvoir fermentescible de la matière organique présente dans la boue brute (non déshydratée) et la réduction de la concentration de micro-organismes pathogènes. La stabilisation peut se faire par digestion microbiologique anaérobie ou aérobie. La matière organique fraîche (protéines, lipides, sucres complexes, etc.) est dégradée en substances organiques simples (acides aminés, acides gras et sucres simples) et ultimement en composée minéraux (nitrates, ammoniac, gaz carbonique, méthane, phosphates, etc.) qui ne permettent pas le développement d'une flore microbienne abondante. La fermentation partielle résultant du compostage des boues permet de réduire la concentration de matières organiques fraîches tout en éliminant la plupart des micro-organismes pathogènes sous l'action de la chaleur si l'élévation de la température est suffisante (entre 55 et 70°C). Une autre forme de stabilisation se fait par voie chimique. Dans ce cas, il n'y a pas de réduction de la matière organique; il s'agit plutôt d'une action bactéricide résultant de l'action de réactifs chimiques, notamment la chaux vive qui augmente le pH et la température.

## Origine du risque pour la santé publique

Les risques pour la santé publique découlent d'une utilisation de plus en plus répandue des boues d'épuration comme fertilisants agricoles ou sylvicoles. On prévoit qu'au Québec, en 2000, plus de 180 000 tonnes de boues d'épuration, sous forme de matière sèche, seront générées. La présence d'éléments nutritifs majeurs pour les plantes, comme l'azote et le phosphore, permet une valorisation agricole. De plus, les boues peuvent aussi être utilisées à titre d'amendement organique et calcaire. Il est donc possible d'épandre les boues en milieu sylvicole, notamment dans les pépinières, ainsi que sur certains sols agricoles. Un certain nombre de mesures de sécurité s'imposent cependant; on pourra se référer aux guides de valorisation des boues publiés par le ministère de l'environnement et de la faune pour plus d'information sur les bonnes pratiques à mettre de l'avant.

## **Composition type d'une boue et risques pour la santé**

Il existe une grande variété de substances inorganiques et organique dans une boue typique. Le caractère polluant, et éventuellement toxique et pathogène, dépend cependant de la présence ou non de chacun de ces groupes de polluants, qui sont brièvement décrits dans les paragraphes qui suivent.

### ***Composés inorganiques***

Parmi les composés inorganiques usuels se retrouve l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et l'ensemble des métaux lourds.

La concentration en azote varie entre 1 et 5% de la matière sèche. La plus grande proportion de cet azote est sous forme organique (protéines et acides aminés) avant stabilisation; après stabilisation toutefois, la plus grande part de l'azote résiduel (une proportion significative peut se volatiliser durant le processus) est inorganique, soit sous forme ammoniacale (stabilisation anaérobie) ou de nitrates et de nitrites (stabilisation aérobie). On sait que la présence de ces deux derniers composés représente un risque pour la santé chez les consommateurs d'eau de puits, si leur concentration globale dépasse 10 mg/L. Les risques potentiels, en cas d'ingestion de nitrates ou de nitrites contenus dans l'eau, sont la formation de méthémoglobine dans le sang ainsi que celle de dérivés nitrites et de nitrosamines, ces derniers ayant un potentiel cancérigène bien connu.

Le phosphore total d'une boue représente entre 1 et 4% du poids sec. Il prédomine sous forme inorganique (50 à 75%) tant dans une boue fraîche que stabilisée. Il existe une possibilité de contamination des eaux de surface par le phosphore épandu, mais le risque pour la santé publique est minime, sauf en cas de surfertilisation; dans ce cas, le phosphore est véhiculé par l'eau de surface.

Les éléments comme le potassium, le calcium et le magnésium représentent moins de 1% chacun du poids sec d'une boue. Toutefois, dans le cas d'une boue stabilisée chimiquement pas chaulage, la concentration en calcium peut représenter jusqu'à 25% de la concentration en matière sèche. Ces éléments ne constituent toutefois pas un objet de préoccupation à l'égard de la santé publique.

Les métaux lourds (AL, AS, B, CD, CO, CR, CU, FE, HG, MN, MO NI, PB, SE et ZN) sont en présence variable dans une boue, le manganèse et le cuivre étant toutefois les plus abondants lorsque l'on constitue une boue type en faisant la moyenne de divers échantillons. La présence de ces métaux est surtout attribuable à la présence de rejets industriels ainsi qu'au drainage des eaux pluviales qui lessivent d'abord les rues ainsi que les terrains des commerces et des industries. Les éléments les plus préoccupants, à cause de leur grande toxicité, sont le cadmium, le mercure et le plomb. Trois autres métaux sont considérés comme représentant un risque notable; ce sont le cuivre, le chrome, le nickel et le zinc. Il faut cependant noter que les concentrations de ces métaux dans les boues québécoises sont généralement inférieures à celles considérées comme

dangereuses par l'EPA. De plus, les métaux lourds sont peu mobiles dans le sol et il n'y a pas de contamination détectable de ces substances après l'épandage des boues sur un sol agricole ou forestier. On rapporte cependant un risque de contamination de la faune forestière par le cadmium et le zinc. Certaines études soulignent également le risque de l'aluminium (dans le contexte de son rôle dans la maladie d'Alzheimer), mais les résultats actuels ne sont pas concluants. Le risque lié à la présence de l'aluminium pourrait toutefois remettre en cause l'ajout de l'alun comme agent de floculation dans le traitement des eaux usées.

### ***Composés organiques***

On pourrait, au fin de cet exposé, diviser la matière organique en substances non toxiques et toxiques. Les composés non toxiques constitue la plus grande proportion de cette matière; cela comprend toute la matière d'origine végétale et animale, soit les protéines, les acides aminés, les sucres et les graisses. Ces substances sont présentes dans les matières fécales ainsi que dans les rejets à l'égout de certains déchets de cuisine et de ceux provenant de l'industrie alimentaire. Les huiles et les graisses provenant de certaines entreprises non alimentaires peuvent aussi entrer dans cette catégorie, mais certaines ont une nature plutôt toxique. Le caractère polluant de ces substances se manifeste par un accroissement de la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) qui réduit considérablement la quantité d'oxygène disponible pour les organismes aquatiques. Dans une boue stabilisée, la quantité de matière organique biodégradable non toxique est réduite par l'action des micro-organismes.

La nature des composés organiques toxiques est très diversifiée et peut comprendre des centaines, voire des milliers de substances. Les groupes les plus représentatifs, dans les boues, sont les suivants : hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), pesticides de toute nature, composés aliphatiques halogénés, BCP, chlorobenzènes, composés organiques volatils (COV), phénols, dioxines et furanes. Les substances dont les concentrations sont supérieures à 10 et même 100 mg/kg dans les boues stabilisées sont les phtalates, des surfactants (notamment des nonylphénol et des alkyl benzène), des chlorobenzènes et quelques HAP. Les phtalates se retrouvent en concentrations très élevées parce qu'ils sont largement utilisés pour la fabrication d'adhésifs, de colles et de lubrifiants. Quant aux surfactants, leur forte concentration s'explique par leur utilisation dans les détergents à lessive et qu'ils entrent dans la composition de plusieurs produits de nettoyage

Le potentiel cancérigène de certains BCP, HAP, organochlorés et dioxines est bien connu. Toutefois, la concentration de ces composés est habituellement faible et, après épandage, on ne considère pas qu'il existe un véritable risque pour la santé. En ce qui concerne les phtalates et certains surfactants, notamment les nonylphénol, ce ne sont pas des composés très toxiques. Cependant, certaines études tendent à démontrer que ces substances peuvent perturber les cycles hormonaux responsables de la reproduction chez les mammifères et ce, même à de très faibles concentrations. Ces résultats ne sont toutefois pas considérés comme concluants et d'autres études sont nécessaires.

### **Organismes pathogènes**

Les boues d'épuration contiennent de nombreux micro-organismes ayant un potentiel pathogène plus ou moins élevé. Ce sont surtout des parasites, des virus, des bactéries et des champignons.

Les parasites ayant un intérêt du point de vue de la santé publique sont des protozoaires, comme les amibes, *Toxoplasma gondii*, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium* sp. ainsi que des helminthes comme *Ascaris* sp., *Trichuris* sp. et *Taenia* sp. Ces parasites peuvent se retrouver dans les boues sous forme de kystes ou d'œufs dont le nombre peut varier de plusieurs centaines à quelques milliers par kilogramme. Ce nombre s'avère élevé si on considère que l'infectiosité de plusieurs parasites est de l'ordre de 1 kyste à être ingéré (dans le cas de *Giardia* sp). Les œufs et les kystes sont très persistants dans les boues et seul un traitement thermique, à une température d'au moins 70 °C, peut les détruire. Lorsqu'ils se retrouvent dans le sol, après épandage des boues, certains œufs ou kystes peuvent survivre plusieurs années. Les risques pour la santé existent cependant surtout pour les personnes travaillant sur les lieux d'épandage.

Les boues fraîches peuvent contenir jusqu'à 1 000 virus par gramme, un nombre qui peut être réduit par un facteur de 10 après stabilisation de la boue. Plusieurs types de virus sont présents dans une boue d'épuration, mais ceux infectant le système digestif, les virus entériques, se trouvent en plus grande quantité, dont le virus de l'hépatite a. Dans le sol, certains virus peuvent survivre quelques mois dans les premiers 5 à 15 cm du sol. Les virus sont cependant peu mobiles, ce qui limite le risque de contamination de l'eau.

A l'instar des virus, les bactéries les plus présentes dans les boues sont celles d'origine entérique (coliformes, shigelles, vibrio, etc.). S'ajoutent notamment à ces genres, *Streptococcus*, *Clostridium*, *Mycobacterium* et *Listeria*. La présence d'un pathogène donné, comme le genre *salmonella*, est fonction de la prévalence de porteurs sains ou malades au sein d'une population. Le nombre de chacun de ces genres, est variable; ainsi, on peut compter de  $10^8$  à  $10^9$  coliformes totaux par gramme de matière sèche alors que les coliformes fécaux sont habituellement au nombre de  $10^6$  à  $10^7$ /g poids sec. Le nombre de salmonelles varie de  $10^2$  à  $10^3$  g/poids sec. Le degré d'infectivité des salmonelles étant cependant très forte (de 1 à 6 cellules), la présence de ces pathogènes est significative. Règle générale, la survie des bactéries dans le sol est de quelques mois; certaines sont partiellement inactivées par une température sous le point de congélation ou une période de sécheresse estivale. On recommande cependant une année complète, sinon minimalement un été, sans utilisation des champs agricoles après épandage de la boue.

Les champignons (levures et moisissures) présents dans les boues d'épuration ont été peu étudiés. On détecte cependant la présence de plusieurs pathogènes comme *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans* et *Cryptococcus neoformans*. Puisque l'infection humaine se fait par contact direct ou inhalation, les risques pour la santé sont donc surtout présents chez les travailleurs lors de la manipulation des boues dans un contexte de compostage.

### **Pollution de l'air**

Un certain nombre de composés organiques volatils diffusent dans l'atmosphère après l'épandage des boues. Une partie importante de substances comme le benzène, le chloroforme, le toluène, le xylène et le trichloroéthylène se volatilisent dans les 48 heures qui suivent l'épandage des boues. Par contre des substances comme les HAP et les BCP se volatilisent peu. Il faut noter que, règle générale, le niveau de risque pour la santé, associé aux des substances organiques volatiles, dans le contexte de l'épandage des boues, n'a pas été établi; on le croit cependant généralement faible. La présence dans l'air de spores fongiques et bactériens, ainsi que de virus, est un élément qui ne peut pas être négligé, mais le risque existe surtout pour les personnes qui procèdent à l'épandage des boues ou qui circulent sur les lieux traités.

### **Pollution de l'eau**

La plupart des composés organiques présents dans les boues ne migrent pas dans l'eau parce qu'ils sont hydrophobes (ex. : BCP, HAP, organochlorés) et bien adsorbés sur les particules du sol. Le lessivage de certains pesticides et de substances solubles comme les surfactants (nonylphénol) et des chlorobenzènes est cependant plus élevé, mais les risques de contamination de l'eau est jugé peu élevée on non établi pour l'ensemble de la population.

Quant aux métaux lourds, on les détecte dans l'eau, mais en concentrations inférieures à celles jugées préoccupantes. La contamination des eaux de surface et de la nappe phréatique par différentes formes azotés (surtout les nitrates) est un risque réel, surtout si les quantités de boues épandues sont excessives. Le respect des normes d'épandage du ministère de l'environnement permet toutefois de minimiser la pollution des eaux par l'azote. La pollution de l'eau par le phosphore ne constitue par un risque en raison de sa forte rétention dans le sol.

### **Pollution du sol**

La plupart des polluants présents dans la boue d'épuration se retrouvent dans le sol lors de l'épandage. Les polluants se lient, de manière plus ou moins réversible, aux divers composants du sol que sont le sable, le limon et l'humus. La plupart des composés organiques de synthèse, même les plus toxiques comme les dioxines, sont habituellement dégradés par les micro-organismes du sol à plus ou moins brève échéance. En ce qui concerne les surfactants, et compte tenu de leur importante concentration dans la boue, il semble qu'un épandage annuel puisse provoquer une accumulation à long terme; la poursuite des recherches est toutefois requise.

Les métaux ne sont généralement pas métabolisés par les micro-organismes du sol et, s'ils sont non mobiles, ils persisteront dans le sol. Un aspect important quant à la présence

de métaux est leur absorption par les plantes. Il semble cependant que l'absorption végétale est faible et le risque est jugé minime pour les consommateurs de ces plantes.

L'azote et le phosphore sont des éléments nutritifs essentiels aux plantes. Lorsque ces éléments sont présents dans le sol, ils sont normalement absorbés par les végétaux pour leur croissance normale. La présence de ces éléments dans le sol n'est donc pas inquiétante, à moins qu'une concentration excessive entraîne l'azote vers la nappe phréatique.

Finalement, la présence de micro-organismes pathogènes dans le sol n'est pas inquiétante pour la santé publique. La plupart des pathogènes meurent après quelques temps et les formes persistantes (spores, kystes, œufs) demeureront dans le sol; en conséquence, le risque existe pour des personnes qui manipuleraient le sol en question et non pour l'ensemble de la population avoisinante.

**Secteur: boues d'épuration****Activité: épandage de boues provenant de stations de traitement des eaux usées municipales**

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- COV (surtout benzène, toluène, HAP, chloroforme (trihalo-méthane-thm), etc.	- pollution, formation smog et ozone au sol (avec NO <sub>x</sub> )	- périmètre et régionale (pour formation smog et ozone)	- épandage dans le sol plutôt qu'en surface	- benzène: 30mg/m <sup>3</sup> (normes travail qc) <sup>9</sup>
	- spores fongiques ( <i>Aspergillus</i> , <i>Candida</i> , <i>Cryptococcus</i> et autres)	- pollution, salubrité	- périmètre	- idem à ci-haut, mais peu efficace	- aspergillus: < 10 000 ufc
Émissions liquides ou dans l'eau	- métaux lourds	- toxiques pour organismes aquatiques	Cours d'eau récepteurs. Distance variable en fonction de nombreux paramètres; concentration et solubilité des polluants température, méthode d'épandage, etc.	Respecter bandes de protection des cours d'eau, pente du terrain, ne pas pandre en hiver, stabiliser les boues avant épandage, etc.	voir note <sup>10</sup> Al: < 0,1 mg/l (mal. Alzheimer) - thm: 350 µg/l (Q-2. Règ sur eau potable <sup>11</sup> - 3 à 7 mg/l (critère mef pour eau brute à être chlorée - aucune - coli fécaux: 0 coliformes totaux: 10/100 ml (q-2 règ. eau potable)
	- composés organiques de synthèse: surtout surfactants (nonylphénol), chlorophénols, thm	- perturbateurs de la reproduction (surfactants) cancérigènes thm			
	- composés organiques dégradables (protéines, acides aminés, etc.)	- diminution de l'oxygène dissous dans l'eau			
	- œufs et kystes de parasites: <i>giardia</i> , <i>Toxoplasma</i> , <i>cryptosporidium</i> , <i>taenia</i>	- salubrité			
	- bactéries entériques: <i>salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>vibrio</i>	- salubrité			

	- virus entériques				
Émissions solides ou dans les sols	- métaux lourds	Pollution du sol, salubrité	Habituellement sur le site, la plupart de ces polluants étant peu mobiles	Ne pas épandre trop souvent des boues sur un même site.	- voir note 2
	- composés organiques lourds ou hydrophobes (bpc, Hap, dioxines, etc.)	L'étendue de la pollution dépend de la teneur des boues en polluants et de la quantité épandue			- bpc: 0.02-0,07 µg/kg.j (epa); dioxine (tcdd): 10 <sup>-6</sup> µg/kg.j atsd
	- œufs et kystes de parasites (voir ci-haut)				- aucune
	-virus entériques				- aucune
Nuisances	odeurs insectes, vermine	salubrité	site et périmètre	zone-tampon stabilisation des boues	règlements municipaux
Impacts indirects					

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- irritation des voies respiratoires, cancé- risation possible	-surtout travailleurs	- très rare	- dosage COV dans l'air ambiant	Couillard <i>et al</i> (1993)  Labelle (1995)
	- allergies, irritations respiratoires, infections	- travailleurs, peut- être voisinage	- inconnue	- détermination des cfu par m <sup>3</sup>	
Émissions liquides ou dans l'eau	- effets toxiques di- vers, cancérisation possible	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue	Pour l'ensemble des polluants de cette section: détermination de la concentration dans les eaux de ruissellement prove- nant des lieux où un épandage a été effectué, analyser les l'eau de puits  Suivi épidémiologique chez les populations locales près de lieux faisant fréquemment l'objet d'épanndages	Couillard <i>et al</i> (1993)  Labelle (1995)  Beauchemin <i>et al</i> (1993)  Dubé et Delisle (1995)  Colborn <i>et al</i> (1996) (pour les surfactants et les nonylphénol)
	trihalométhanes, cancérogènes; nonyl- phénols perturbent cycle hormonal systè- me reproducteu	consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue		
	- salubrité, aucun effet direct, formation de thm si eau est chlorée	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou incon- nue		
	- parasitoses diverses	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue		
	- surtout gastro- entérites	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue		
	gastro-entérites	- cons. eau polluée	- inconnue		
Émissions solides ou dans les sols	- voir ci-haut	- travailleurs	- inconnue	Pour l'ensemble des polluants du sol: détermination de la présence des polluants les plus dangereux. Suivi chez les travailleurs si nécessaire.	Beauchemin <i>et al</i> (1993)  Labelle (1996)  Couillard <i>et al</i> (1993)
	- effets cancérigènes possibles	- travailleurs	- inconnue		
	- parasitoses diver- ses	- travailleurs	- inconnue		
	- gastro-entérites	- travailleurs	-inconnue		
Nuisances	- qualité de vie	- voisinage et communauté	- rare ou inconnue	- plaintes, études de perception	
Impacts					

	Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé • volume 2 • ébauche	224
indirects		

### Sources :

Beauchemin, S., M.R Laverdière et C. Scraire (1993) Revue de littérature sur les métaux, l'azote et le phosphore dans les boues d'origine municipale de pâtes et papiers et de désencrage en prévision de leur valorisation en milieux agricole et forestier. Cogisol inc (produit pour le Ministère des Ressources naturelles du Québec), 112p.

Chevalier, P. (1995) Gestion de l'environnement en milieux urbain et industriel. Presses de l'Université du Québec, 577p.

Colborn, T., D. Dumanoski et J.P. Meyers (1996) Our Stolen Future. Dutton Book, 306p.

Dubé, M. et S. Delisle (1995) Suivi environnemental effectué à la suite de l'épandage de boues d'épuration des eaux usées municipales à la pépinière de Normandin. Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec, 95p.

Couillard, D., P. Chouinard et G. Mercier (1993) Risques environnementaux associés à la présence de contaminants organiques de synthèse dans différentes boues résiduelles lors de leur valorisation en milieux agricole et forestier. Inrs-eau, Université du Québec, 108p.

Gossels, T.A. et J. D. Bricker (1994) Principles Of Clinical Toxicology. Raven Press, 3<sup>ème</sup> édition, New York, 447p.

Labelle, A. (1995) Utilisation des boues d'usines d'épuration et risques pour la santé. BISE (bulletin d'information en santé environnementale), 6(3):\_\_ - \_\_.

Labelle, A. (1996) Valorisation des boues d'épuration municipales; quels sont les risques de contamination? Direction de la santé publique Mauricie-Bois-Francs, 46p.

MEF (1996) Évaluation sylvicole, environnementale et technico-économique de la valorisation de trois types de boues de stations d'épuration municipales dans la région des Laurentides. Ministère de l'environnement et de la faune (Gouvernement du Québec), rapport final, 284p.

MEF et MAPAQ (1991) Valorisation agricole des boues de stations d'épurations des eaux usées municipales. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et l'Alimentation (Gouvernement du Québec), 91p.

MEF et MAPAQ (1991) Valorisation sylvicole des boues de stations d'épurations des eaux usées municipales. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et l'Alimentation (Gouvernement du Québec), 83p.

## **Boues provenant de fosses septiques**

On parle d'assainissement autonome lorsque les rejets d'eaux usées ne sont pas dirigés vers un réseau d'égout. Le mode de confinement le plus simple des matières fécales, encore utilisé par des centaines de millions de personnes sur la planète, est l'utilisation de latrines sèches, soit un simple trou creusé dans le sol qui est recouvert une fois rempli. Une des formes les plus évoluées de l'assainissement autonome consiste à utiliser une fosse septique, le procédé retenu pour traiter les eaux usées des résidences isolées dans les pays industrialisés. Il est en effet essentiel de traiter ces eaux, compte tenu de leur caractère relativement polluant. L'effluent typique d'une maison unifamiliale en Amérique du nord contient quelque 450 mg/L de matières en suspension (MES) et une charge organique équivalent à 400 mg/L de  $DOB_5$  (rappelons que cette charge ne devrait pas dépasser 3 mg/L pour la vie aquatique et 7 mg/L pour une eau potable brute destinée à la chloration).

Il importe ici de préciser que des fosses septiques sont de plus en plus utilisées pour le traitement des eaux usées de petits commerces ou industries. Des polluants qui ne sont habituellement pas présents dans les eaux usées domestiques, comme des composés organiques de synthèse, sont donc susceptibles d'être identifiés. On ne dispose cependant pas de données permettant de caractériser de telles boues. Le portrait présenté dans cette section est donc celui des boues provenant de fosses septiques servant à épurer les eaux usées domestiques.

### **Principes de fonctionnement de la fosse septique**

L'épuration par fosse septique s'effectue en deux étapes : premièrement, l'eau usée est acheminée dans un caisson souterrain ayant un volume de plusieurs milliers de litres (entre 1 500 et 5 000); le temps de résidence moyen dans ce caisson est de deux à trois jours. L'eau partiellement épurée est évacuée de la fosse pour être infiltrée dans le sol à l'aide de tubes perforées placées sous la surface. Le sol joue le rôle d'élément épurateur, possédant toutes les capacités requises pour achever l'épuration qui a débuté dans la fosse.

La fosse septique est souterraine et généralement fabriquée en béton ou en fibre de verre. Cette fosse comprend habituellement deux compartiments séparés par une cloison permettant toutefois un écoulement facile du premier vers le deuxième compartiment. La fosse est essentiellement conçue pour faire décanter les matières en suspension (MES)

plus denses que l'eau, alors que les huiles, les graisses et les MES de faible densité s'accumulent en surface pour former la croûte ou l'écume. L'eau s'écoule continuellement alors que les sédiments formant la boue, ainsi que la croûte, doivent être pompés régulièrement (à intervalles de quelques années) pour éviter une surcharge du système.

### **Dynamique microbienne de la fosse septique**

A l'instar de ce qui se passe pour l'assainissement des eaux usées municipales, la matière organique fraîche qui arrive dans la fosse est métabolisée par divers micro-organismes afin d'être stabilisée.

Un premier groupe de bactéries anaérobies et aérobies facultatives transforment les composés organiques complexes (protéines, glucides, lipides) en substances simples tels que des monosaccharides, des acides aminés ainsi que des acides gras volatils. Par la suite, un deuxième groupe de bactéries, anaérobies strictes, permet de transformer les premiers métabolites en molécules comme le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), le H<sub>2</sub>, le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S). La formation de méthane n'est cependant pas fréquente au Québec puisque les bactéries méthanogènes ont une croissance très faible en deçà de 20°C. Les principaux gaz produits se dégagent des boues sous forme de bulles et entraînent dans leur ascension des particules de boues pour former une partie de l'écume.

En règle générale, la minéralisation de la matière organique se produit après une année de séjour dans la fosse. La production de méthane, si elle est possible, ne débute qu'à la deuxième année de fonctionnement sans vidange. Dans ce contexte, une vidange de la fosse à tous les deux ans empêchera l'essentiel du processus de méthanisation. La vidange régulière de la fosse est cependant nécessaire puisqu'elle vise à empêcher que l'accumulation de la boue déborde dans le second compartiment de la fosse, puis dans le champ d'épuration; un excès de MES dans l'effluent de la fosse colmaterait les tuyaux qui acheminent l'eau vers le champ d'épuration.

Il faut noter que la présence de substances formées par décomposition anaérobie est responsable de l'odeur extrêmement désagréable et pénétrante de la boue. Un gaz comme le H<sub>2</sub>S est en partie responsable de la mauvaise odeur, mais il faut aussi noter la contribution des acides gras volatils, de l'acide butyrique et de substances à odeur fécale comme l'indole et le skatole..

### **Quantité de boues produites**

De nombreuses recherches ont porté sur la production de boue dans une fosse septique. Les études québécoises sont malheureusement très limitées et il faut utiliser les données provenant des États-Unis et d'Europe. La tendance est cependant la même dans tous les cas, soit la démonstration d'une diminution progressive de l'accumulation annuelle de la

boue avec le temps. Ainsi, au terme de la première année d'opération d'une fosse, la production de boue et d'écume varie de 80 à 180 litres par personne alors qu'elle est de 40 à 100 litres après trois ans de fonctionnement. La vidange complète de la fosse a pour résultat de remettre la fosse dans un état favorisant une plus grande production de boue dans l'année qui suit. La diminution de l'accumulation de la boue en fonction du temps est une évolution normale inhérente à la digestion anaérobie, un processus progressif qui réduit la masse organique, notamment par autolyse des cellules microbiennes. La digestion anaérobie s'établit lentement et jusqu'à cinq ans peuvent être nécessaire pour qu'elle soit à son optimum.

L'accumulation de la boue peut varier grandement selon diverses conditions. Ainsi, une température annuelle basse favorise l'accumulation de boue à cause du ralentissement de l'activité microbienne qui est responsable de la dégradation de la matière organique. En dessous de 10°C le métabolisme bactérien est presque inhibé, ce qui signifie une augmentation considérable de la masse boueuse durant la saison froide. Par ailleurs, d'importants rejets de matière organique favorisent l'accroissement de la boue, de même qu'un débit d'eau réduit aura tendance à occasionner un mauvais fonctionnement de la fosse.

Il semble actuellement impossible d'évaluer la quantité réelle de boues de fosses septiques produite annuellement au Québec. On compterait quelque 400 000 résidences permanentes non desservies par un réseau d'égout ainsi que 200 000 chalets dans la même situation. Si toutes ces habitations étaient connectées à une fosse septique conforme et que la vidange se faisant à tous les deux ans, comme le prescrit le règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, R.8), on estime que le volume de boue serait de un million de mètres cubes par an. Toutefois, compte tenu de la non conformité de plusieurs fosses, ou de l'inexistence dans plusieurs cas, et du non respect de la vidange obligatoire aux deux ans, on estime que le volume de boues pompé au Québec est de l'ordre de 200 000 à 340 000 mètres cubes par an.

### **Composition des boues**

La boue est formée de l'écume (composée des graisses et des mes flottantes), des sédiments et de l'eau soutirés de la fosse lors de sa vidange. Techniquement, on peut parler d'une boue liquide anaérobie puisque l'eau représente 95% à 98% de la masse soutirée. Outre diverses matières solides non décomposables (sable, pièces de plastique ou de métal, cheveux, etc.) l'essentiel de la boue se présente sous la forme d'une masse, dont la couleur va du brun foncé au noir, ne contenant aucune particule identifiable.

La charge polluante des boues de fosse septique est très élevée comme le montre les données suivantes : demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), entre 5 000 et 10 000 mg/L; matières en suspension (MES), entre 20 000 et 40 000 mg/L; azote (N) total, entre 100 et 1 000 mg/l; phosphore (P) total, entre 30 et 300 mg/L. Selon les données recueillies, il n'y a pas de composés organiques dangereux dans les boues, tels les BPC, les HAP et des substances chlorées. Toutefois, il est possible que des surfactants

provenant des détergents, tels les nonylphénol ou les alkyl benzène, soient présents, de même que des phtalates qui sont utilisées pour la préparation d'adhésifs, de colles et de lubrifiants. La littérature scientifique actuelle est cependant muette à ce sujet.

La charge polluante du liquide qui sort de la fosse lors de son fonctionnement normal (l'effluent) est évidemment moindre : DBO<sub>5</sub>, entre 30 et 250 mg/L; mes, entre 30 et 200 mg/L; N total, entre 10 et 300 mg/L; P total, entre 1 et 20 mg/L. Cet effluent est, rappelons-le, dirigé vers un champ d'épuration qui sera en mesure de réduire la concentration des polluants par l'intermédiaire des micro-organismes du sol.

Ce sont donc les boues retirées lors de la vidange des fosses, qui représentent une charge polluante sérieuse et leur gestion est problématique.

### Les métaux lourds

Les métaux lourds sont présents à de faibles concentrations dans les boues de fosse septique. Les principales sources de métaux sont les produits sanitaires domestiques et les conduits d'eau usée métalliques. Les principaux métaux retrouvés dans les boues sont : le fer, environ 200 mg/L; l'aluminium, de 50 à 250 mg/L, le zinc, environ 35 mg/L et le cuivre, environ 10 mg/L. Ces concentrations sont bien en deçà des valeurs recommandées dans le guide de bonnes pratiques pour la valorisation des boues d'épuration en milieu agricole (Fe, 1000 mg/L; Zn, 500 mg/L; Cu, 100 mg/L), à l'exception de l'aluminium dont la concentration maximale ne devrait pas dépasser 100 mg/L. Au Québec, on a trouvé jusqu'à 1 380 mg/L d'aluminium dans la boue d'une fosse septique. En ce qui concerne l'arsenic, les échantillons québécois ont révélé une concentration moyenne de 14,7 mg/L, avec un maximum de 44 mg/L. Ces concentrations sont beaucoup plus élevées que celles notées aux États-Unis (moyenne de 0,16 mg et maximum de 0,5 mg) et on peut s'interroger sur la représentativité de l'échantillonnage québécois. Ces concentrations sont cependant inférieures aux directives précisées dans le guide d'épandage des boues qui est de 50 mg/L pour l'arsenic inorganique et de 100 mg/L pour l'arsenic organique.

### Les micro-organismes

Le contenu en micro-organismes des boues de fosses septiques s'apparente à celui des boues primaires d'une station de traitement des eaux usées municipales. Les principaux organismes identifiés et leur nombre sont les suivants (par 100 mL) : coliformes totaux, de 10<sup>7</sup> à 10<sup>9</sup>; coliformes fécaux, de 10<sup>6</sup> à 10<sup>8</sup>; streptocoques fécaux, de 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup>; bactéries anaérobies sporulantes (principalement *Clostridium* puis *Bacteroides*), environ 10<sup>5</sup>; salmonelles, de 1 à 100. On retrouve également dans les boues de fosses septiques divers parasites, tels les *Ascaris* et les *Trichuris*, ainsi que nombreux virus comme les rotavirus, le virus de Norwalk et les adénovirus entériques.

On doit donc porter une attention particulière à la manipulation et à la gestion des boues de fosses septiques car elles sont susceptibles de provoquer diverses infections gastro-

intestinales à l'instar des boues provenant des stations d'épuration municipale (voir la section 5.7.1 à cet effet).

### **Gestion des boues**

Il n'existe pas actuellement, sur le territoire québécois, de plan de gestion des boues de fosses septiques. Il est toutefois impensable de rejeter ou d'utiliser ces boues dans n'importe quel environnement. Les orientations du ministère de l'Environnement et de la Faune précisent que les municipalités régionales de comté (MRC) devraient prendre en charge la gestion et la planification des boues de manière à s'assurer de leur traitement en les dirigeant vers une destination finale acceptable. La valorisation des boues est souhaitable, mais l'élimination dans des lieux d'enfouissement sanitaires est acceptable que s'il n'y a pas d'autre alternative. Bien qu'il existe divers traitements pour ces boues, dans la pratique quatre d'entre eux sont utilisés au Québec : le lagunage, la déshydratation, la valorisation agricole et le rejet direct dans les systèmes d'égout municipaux. Le compostage est une voie d'avenir que l'on développe actuellement.

Le lagunage est une forme de stabilisation anaérobie permettant aux matières solides inertes et décantables de sédimenter. Les boues sont déversées dans des lagunes qui sont le plus souvent installées dans des lieux d'enfouissement sanitaire. La partie liquide des boues s'infiltré dans le sol et subit alors un traitement par la microflore naturelle. Cette pratique est peu dispendieuse, mais les lagunes risquent de contaminer la nappe phréatique. Ce type de gestion est de plus en plus critiqué et il ne représente pas une solution à long terme.

La déshydratation par équipement fixe ou mobile permet d'obtenir une boue dite 'pelletable', donc relativement solide, qui peut être acheminée vers un lieu d'enfouissement sanitaire. Le filtrat (la fraction liquide retirée de la boue) doit cependant être dirigée vers un système de traitement sur place, sinon vers une station de traitement des eaux usées municipales.

La valorisation agricole des boues fraîches (non déshydratées) est possible mais deux éléments nuisent à cette pratique : les coûts inhérents au transport de petits volumes de boues et la nécessité de les stabiliser pour détruire les organismes pathogènes. Puisque la boue ne peut pas être épandue n'importe quand, on doit prévoir des structures d'entreposages temporaires.

Le rejet direct dans les égouts municipaux est possible si le volume de boues est faible par rapport à la capacité de traitement de la station de traitement. En effet, ces dernières ne sont pas conçues pour traiter des eaux contenant de fortes concentrations de mes et ayant une DBO très élevée. Ce type de gestion n'est pas favorisé.

Il n'est pas recommandé d'épandre des boues fraîches sur un sol agricole ou forestier parce que la matière organique n'est pas suffisamment dégradée pour répondre aux besoins de fertilisation. De plus, la présence de micro-organismes pathogènes dans les

boues fraîches est un autre facteur à considérer. Des études ont démontré que le compostage des boues de fosses septiques était techniquement possible. De plus, le compost produit répondait aux normes agronomiques en termes d'éléments minéraux disponible (surtout N et P), d'amendement organique alors que la quantité de micro-organismes pathogènes mesurés, notamment les coliformes et les salmonelles, était grandement réduite.

Il n'existe pas de solution universelle, mais la tendance actuelle est de déshydrater les boues avant d'en disposer. La boue déshydratée peut être épandue sur un sol à fertiliser, être dirigée vers un lieu d'enfouissement sanitaire ou, encore, être retournée dans la fosse septique de l'utilisateur afin de 'ensemencer' avec des micro-organismes aptes à métaboliser la matière organique.

### **Cadre réglementaire**

L'assainissement autonome est essentiellement régi par le « règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées » (Q-2, r. 8). Ce règlement assez complet précise la nature et le devis d'un ensemble de technologies capables de traiter les eaux usées domestiques, soit essentiellement la fosse septique et l'élément épurateur. On traite également du filtre à sable, du cabinet à fosse sèche (latrines) ainsi que la biofiltration à base de tourbe. Le volume de la fosse septique est déterminé en fonction du nombre de chambres que compte une résidence et la vidange à tous les deux ans est obligatoire pour une fosse utilisée à longueur d'année. L'élimination des boues ne fait l'objet d'aucune obligation particulière sinon qu'elle doit se faire en conformité avec l'article 22 de la loi sur la qualité de l'environnement qui stipule qu'un certificat d'autorisation est notamment nécessaire pour le rejet de contaminants dans l'environnement.

### **Risques pour la santé publique à préciser**

Il faut retenir que la caractérisation chimique et, surtout, microbiologique des boues de fosses septiques doit se poursuivre. Il existe peu d'information sur la présence de certains polluants (comme les surfactants et les alkyl benzène) et de certains groupes de parasites. De plus, il ne semble pas exister de suivi épidémiologique chez les personnes manipulant à tous les jours des boues de fosses septiques. Dans ce contexte, les risques pour la santé publique pourront être spécifiquement précisés après une meilleure caractérisation des boues.

**Secteur : boues d'épuration****Activité : manipulation ou épandage de boues de fosses septiques**

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- spores fongi- ques ou bacté- riens	- pollution, insalubrité	- site	- manipulation adéquate, épan- dage dans le sol plutôt qu'en surface	- aucune
Émissions liquides ou dans l'eau	-certains métaux lourds (surtout Fe, al, zn et Cu)	- toxiques pour certains organis- mes aquatiques	-cours d'eau récepteurs	- respecter bandes de pro- tection.	- al < 0,1 mg/l pour prévenir ma- ladie d'alzheimer
	- composés orga- niques biodégra- dables (protéines, sucres, lipides)	-diminution de l'oxygène dis- sous dans l'eau	- idem à ci-haut	- idem à ci-haut	- 3 à 7 mg/l (critè- res mef pour eau brute à être chlorée)
	- bactéries et virus entériques	- insalubrité	- idem à ci-haut	- idem à ci-haut	- coli. fécaux: 0 coli totaux: 10/100 ml (règ sur l'eau potable, qc)
	- œufs et kystes de parasites ( <i>as- caris, trichuris,</i> etc.)	- insalubrité	- idem à ci- haut	- idem à ci-haut	- aucune
Émissions solides ou dans les sols	- métaux lourds	- pollution du sol	- habituellement sur le site (peu mobiles)	Ne pas épan- dre trop sou- vent sur un même site	- aucune
	- œufs et kystes de parasites, bactéries et virus	- insalubrité	- habituellement sur le site (peu mobiles)		- aucune
Nuisances	- odeurs	- insalubrité	site et périmètre	zone-tampon, injecter boues dans le sol	règlements municipaux
Impacts indirects ou autre exposition	manipulation des boues (micro-or- ganismes patho.)	insalubrité	site	équipement de protection	



Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de Survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
<b>Sinistre</b> technologique					
Émissions <b>gazeuses</b> ou <b>atmosphériques</b>	- allergies, irritations respiratoires	- inconnue	- inconnue	- détermination des cfu par m <sup>3</sup> lors de la manipulation ou de l'épandage des boues	Boulanger <i>et al</i> (1988)  Labelle (1995; 1996)
Émissions <b>liquides</b> ou dans l'eau	- effets toxiques divers, risque pour la maladie d'alzheimer à cause de l'aluminium	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue	Pour l'ensemble des polluants, détermina-tion de la concentra- tion dans les eaux de ruissellement provenant des lieux où un épandage a été effectué ainsi que dans les puits d'alimentation en eau potable  Suivi épidémiologique chez les populations locales près de lieux faisant fréquemment l'objet d'épandages	Boulanger <i>et al</i> (1988)  Consultants rsa (1997)  Marin et Roy (1996)  Labelle (1995; 1996)
	- salubrité, forma- tion de trihalomé- thane si l'eau est ultérieurement utili- sée et chlorée	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue		
	- surtout gastro- entérites	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue		
	- parasitoses directes	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue		
Émissions <b>solides</b> ou dans les <b>sols</b>	- voir ci-haut	- manipulateurs de boues	- inconnue	Détermination de la présence des polluants les plus à risque suivi chez les travailleurs si néces- saire	
	-voir ci-haut	- idem	- inconnue		
<b>Nuisances</b>	- qualité de vie	- voisinage et communauté	inconnue	- plaintes, études de perception	
Impacts <b>indirects</b> ou autre exposition	- infections	- travailleurs	- inconnue	-suivi épidémiologi- que	



---

## Sources

Blanchard, J., M. Joseph et P. Purenne (1990) Programme expérimental de réception et de traitement des boues de fosses septiques. Service de l'environnement, communauté urbaine de Montréal, 24p.

Bossé, Y. (1990) Gestion des boues d'épuration et de fosses septiques et effets potentiels de leur valorisation en milieu agricole. Commission de protection du territoire agricole du Québec, Gouvernement du Québec, 89p.

Boulanger, D., J.-M. Jalbert et A. Terreault (1988) Guide sur la gestion des boues de fosses septiques. Ministère de l'Environnement (Gouvernement du Québec), pagination multiple.

Caron, J.-J. et F. Poulin (1995) Démonstration et optimisation du système DABJ pour la déshydratation des boues de fosses septiques et municipales. Préparé par valoraction pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, rapport final, 206p. + annexes.

Consultants RSA (1996) Développement d'un camion-usine servant à déshydrater les boues de fosses septiques sur place. Préparé pour Canmex Inc. et le ministère de l'Environnement et de la Faune (Gouvernement du Québec), rapport synthèse 54p. + annexes.

Côté, L. et D. Potvin (1994) Essais de compostage de boues de fosses septiques. Compte rendu 4<sup>ème</sup> Congrès annuel du Conseil canadien du Compostage (Toronto), p. 359 à 389.

Labelle, A. (1995) Utilisation des boues d'usines d'épuration et risques pour la santé. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale), 6(3):\_\_ - \_\_.

Labelle, A. (1996) Valorisation des boues d'épuration municipales; quels sont les risques de contamination? Direction de la santé publique Mauricie-Bois-Francs, 46p.

Lalumière, A. (1993) La gestion des boues des stations d'épuration et des fosses septiques. Cahier des conférences du colloque « La gestion de l'eau par les municipalités, à quel prix? », Union des municipalités du Québec, 8p + figures.

Marin, M. et R. Roy (1995) Évaluation de l'accumulation des boues dans les fosses septiques au Québec. Préparé par le Groupe Steica pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, rapport final, 98p. + annexes.

## ***Gestion de l'eau: construction et opération d'un centre de traitement des eaux usées***

### **Nature du projet**

Cette grille est en partie basée sur une étude d'impact effectuée dans le cadre de l'implantation d'une station de traitement des eaux usées pour les villes de Halifax et Dartmouth en Nouvelle-Écosse. Le projet prévoyait le traitement primaire des eaux usées brutes, suivi d'une chloration, avant le rejet dans le port de Halifax. Quant aux résidus solides récupérés par le traitement tertiaire, ils seraient incinérés. Compte tenu que le projet de Halifax est très spécifique, et afin de donner une portée plus large à la grille d'impact, on inclut dans les paragraphes qui suivent des informations pertinentes à d'autres types de traitements des eaux usées.

### **Généralités sur le traitement des eaux usées urbaines**

Chaque station de traitement des eaux usées est spécifique aux besoins d'une région donnée et elle peut comprendre de multiples combinaisons de processus de traitement. Toutefois, les concepts de base sont presque toujours les mêmes et ils sont succinctement décrits dans les paragraphes qui suivent.

Dans la plupart des cas, le traitement des eaux usées urbaines se fait essentiellement par l'emploi de procédés dits conventionnels (prétraitement, traitement primaire et traitement secondaire); occasionnellement on utilise des traitements tertiaires, dits spéciaux ou complémentaires. Le prétraitement, presque toujours présent, comprend un dégrillage qui sert à enlever les débris grossiers d'une taille supérieure à 15-25 mm et un dessablage qui permet de faire sédimenter les particules d'un diamètre compris entre 0,2 et 25 mm. Le prétraitement peut aussi inclure un déshuilage et un dégraissage qui sert à enlever les liquides insolubles dans l'eau (huiles, hydrocarbures, graisses, etc.). Quant au traitement primaire, qui s'effectue essentiellement par décantation, il permet d'éliminer environ 70% des particules inorganiques de faible taille (0,05 mm à 1,0 mm), appelées matières en suspension (MES), ainsi que 40% de la demande biologique en oxygène (DBO) qui indique le niveau de pollution par la matière organique.

Le traitement secondaire est une étape qualifiée de biologique et s'effectue à l'aide de divers micro-organismes indigènes, surtout des bactéries, qui métabolisent la matière organique en biomasse microbienne, en éléments minéraux (azote, phosphore, etc.) ainsi qu'en CO<sub>2</sub>. Ce traitement permet l'enlèvement de la matière organique non décantable qui n'a pas été retenue par le traitement primaire et il permet habituellement de détruire les micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, champignons et protozoaires). Les procédés les plus utilisés sont les boues activées («activated sludge») et les lits bactériens

(«trickling filters»). le traitement biologique est de plus en plus jugé indispensable car il est le seul capable de réduire très significativement la pollution organique et microbienne.

Les traitements tertiaires sont peu utilisés et visent à produire une eau presque pure, mais néanmoins non potable. Ils comprennent des procédés physiques comme la filtration sur sable (rétention des particules et des micro-organismes), le charbon actif (adsorption de la matière organique réfractaire aux autres étapes de traitement) ainsi que la désinfection par ozonation et rayonnement ultraviolet. Les procédés chimiques comprennent l'emploi de flocculants et de coagulants qui favorisent la précipitation de certaines particules organiques, ou du phosphore dont le pouvoir eutrophisant est très élevé; ils incluent également l'emploi de composés chlorés utilisés pour assurer la désinfection. Quant aux procédés biologiques, ils sont fondés sur l'emploi de bactéries pour l'élimination de l'azote (nitrification et dénitrification) ou du phosphore (déphosphatation).

Tel que mentionné précédemment on peut, au besoin, inclure dans une station un certain nombre de ces divers types de traitements sans suivre la séquence habituelle: primaire, secondaire et tertiaire. Le cas du projet halifax-darmouth en est un exemple dans la mesure où il comporte un traitement primaire suivi d'une chloration (traitement tertiaire chimique).

### **Rejets atmosphériques**

Lors de la phase de construction d'une station de traitement, la machinerie utilisée est responsable de l'émission de divers polluants qui sont principalement les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), le bioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ ) et les composés organiques volatils (COV). Ces derniers sont également les polluants qui peuvent être émis lors du fonctionnement de la station de traitement.

Le monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ ) est un gaz sans odeur qui peut conduire à la formation de carboxyhémoglobine pouvant entraîner la mort. quant au bioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), il est un des principaux gaz à effet de serre.

Les oxydes d'azote ( $\text{no}_x$ ) comprennent notamment l'oxyde nitrique ( $\text{NO}$ ) et le bioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Le  $\text{NO}_2$  est un gaz brunâtre à l'odeur âcre et irritante et sa toxicité provient de sa capacité d'oxyder les membranes cellulaires. Ce gaz entraîne une baisse de la perception des odeurs, des modifications de la fonction pulmonaire et, dans les cas d'exposition importante, l'apparition d'un oedème pulmonaire. Un des effets les plus importants de l'exposition chronique aux  $\text{NO}_x$  est l'emphysème et la réduction du volume expiratoire forcé. Il faut aussi noter la particularité que possède le  $\text{NO}_2$  de réagir avec les COV pour former le smog photochimique (voir plus loin).

Les composés organiques volatils (COV) sont essentiellement des hydrocarbures susceptibles de s'évaporer à la température ambiante et exister dans l'atmosphère sous forme gazeuse; on en compte des milliers dont certains sont relativement toxiques. Les COV susceptibles d'être présents dans les eaux usées urbaines sont des hydrocarbures

halogénés d'usage domestique ou industrielle, notamment des solvants organiques (tétrachlorure de carbone, chlorure de méthylène et perchloroéthylène). La concentration moyenne des COV dans les eaux usées serait de l'ordre de 10 à 50 µg/L, avec des pointes à près de 200 µg/L. Il convient de mentionner que certains COV, comme le benzène et le chloroforme, sont considérés comme étant cancérigènes.

Il importe de rappeler la réaction photochimique entre les NO<sub>x</sub> et les COV qui induit la formation de polluants secondaires, collectivement appelés smog photochimique. Ce smog comprend l'ozone (O<sub>3</sub>) au sol (troposphérique), divers radicaux libres et des hydrocarbures oxygénés comme les aldéhydes (par exemple, la formaldéhyde) ainsi qu'un groupe de substances appelées nitrates de peroxyacyle (PAN). Toutes ces substances ont la propriété d'être fortement irritantes pour l'appareil respiratoire, certaines étant par ailleurs mutagènes (PAN) ou cancérigènes (formaldéhyde).

Il faut aussi mentionner que l'incinération des boues provenant du traitement primaire (comme c'est le cas dans le projet de Halifax) ou secondaire peut provoquer l'émission de polluants déjà mentionnés (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et COV), mais également de bioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), de métaux lourds (PB, HG, CR ou CD), d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de chlorure d'hydrogène (HCl).

Les fumées d'incinération comprennent habituellement des gaz, des particules et des cendres volantes, ces dernières étant des particules de faible dimension facilement aéroportées qui pénètrent assez loin dans les voies respiratoires. Les particules et les cendres volantes contiennent diverses matières inertes, souvent de la silice, mais aussi des métaux divers qui sont volatilisés.

Sur les particules peuvent aussi se condenser des substances organiques qui ne sont pas complètement brûlées et que l'on retrouve aussi sous forme de gaz dans la fumée. Les composés organiques volatils (COV), les polychlorobiphényles (BPC), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et, surtout, les dioxines et les furannes sont parmi celles que l'on peut identifier dans les fumées d'incinération. Selon la littérature, le risque cancérigène découlant d'une exposition aux dioxines et furannes d'incinérateurs n'est généralement pas accru de manière significative lorsque l'équipement utilisé se conforme aux normes en utilisant divers systèmes de dépollution.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupent un vaste ensemble de composés notamment engendrés par les processus de pyrolyse et de carbonisation de la matière organique. Ils sont formés de noyaux benzéniques et comprennent plusieurs composés cancérigènes, le plus connu étant le benzo[a]pyrène (BAP). Les HAP sont d'abord émis dans l'atmosphère, mais ils ont la capacité de contaminer les lacs et les cours d'eau lors des précipitations (pluie ou neige). Dans ce cas, ils s'accumulent surtout dans les sédiments, contaminant ainsi les poissons de fond ainsi que des crustacés comme le homard.

Règle générale, on estime que les polluants atmosphériques émis lors de la construction ou de l'opération d'une station de traitement des eaux usées ne représentent pas un danger immédiat pour la santé humaine, compte tenu des faibles concentrations qui sont comparables à celle retrouvées dans les grands centres urbains canadiens. Il faut cependant convenir que l'inhalation à petites doses de certains composés (comme les oxydes d'azote) peut induire des pathologies à long terme. Ces substances s'additionnent aussi à d'autres polluants qui provoquent des changements climatiques, détruisent la couche d'ozone et sont responsables des précipitations acides ou du smog urbain. La formation de smog doit être prise en considération, compte tenu des problèmes de santé qu'il engendre, mais aussi parce que c'est l'un des rares polluants atmosphériques urbains dont la concentration s'accroît constamment au Canada.

### **Rejets dans le milieu aquatique**

La construction d'une station de traitement permet d'abord d'améliorer la qualité des rejets liquides dans les cours d'eau récepteurs en réduisant la pollution inorganique, organique et microbienne. Cette réduction dépend toutefois des types de traitement utilisés. Ainsi, dans le cas de Halifax, le fait de ne pas utiliser un traitement secondaire ne permet pas une réduction très importante de la matière organique et de la pollution microbienne. Dans ce dernier cas, on propose de désinfecter l'eau avec du chlore, un procédé que l'on peut remettre en question, compte tenu de sa faible performance en présence d'une importante concentration de particules qui interfèrent avec son action.

Il importe de mentionner que dans le contexte d'une station de traitement des eaux usées, les problèmes de pollution sont généralement limités à la zone de rejet (là où se situe la canalisation d'évacuation de l'eau traitée) ainsi qu'en aval, dans son panache de diffusion.

On évalue les risques à la santé en fonction des usages de l'eau: récréatifs (baignade, ski nautique, canotage, etc.); consommation d'eau et d'organismes qui se nourrissent par filtration (mollusques) ou non (poissons et crustacés). Dans l'évaluation du risque, on devrait aussi tenir compte du type de traitement utilisé. Ainsi, un traitement secondaire est bien plus efficace qu'un traitement primaire pour l'enlèvement des micro-organismes pathogènes. Quant à la désinfection (rayons U.V., ozone et chloration), tel que mentionné précédemment, son efficacité est très relative puisque la présence de divers contaminants (MES, particules organiques, agglomération de micro-organismes) peut la rendre presque totalement inefficace. Dans le cas de la chloration, on doit ajouter le risque lié à la formation de trihalométhanes cancérigènes qui est favorisée par la présence de matière organique retrouvée en forte concentration en absence d'un traitement secondaire.

### **Usages récréatifs de l'eau**

Le risque à la santé, consécutif à un usage récréatif, découle surtout de la présence de micro-organismes pathogènes engendrant notamment des symptômes cliniques de type gastro-entérite. Dans le cas des bactéries, la famille des *Enterobacteriaceae* (bacilles

gram négatifs d'origine entérique) est celui qui représente le plus grand risque. Les bactéries les plus souvent impliquées sont: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Salmonella choleraesuis* (responsable des infections entériques non typhoïdiennes), *Shigella* et *Yersinia*. On doit aussi considérer *Campylobacter jejuni*, qui est maintenant considérée comme l'infection entérique bactérienne d'origine alimentaire la plus répandue en Amérique du Nord, et *Enterococcus faecalis* dont la résistance aux antibiotiques est très préoccupante. Beaucoup de ces bactéries colonisent naturellement les personnes en bonne santé et ne représentent un risque que pour les personnes immunodéficientes. Il s'agit souvent d'infections opportunistes dont le risque de déclencher une maladie, parmi des baigneurs exposés serait de l'ordre de 0,02 à 0,3%. Il faut néanmoins tenir compte du fait que certaines bactéries survivent longtemps dans l'environnement aquatique, notamment *Enterococcus faecalis* avec lequel le risque d'infection de baigneurs serait de l'ordre de 1 à 2% (soit 10 à 100 fois plus élevé que pour les entérobactéries). La détection de cette bactérie est de plus en plus jugée comme étant une bonne estimation de la qualité des eaux de baignade bien que la présence de coliformes constitue encore le déterminant préconisé par les méthodes officielles. Il importe cependant de préciser que ces données proviennent habituellement de milieux d'eau douce. La survie des micro-organismes dans l'eau de mer (salée) peut être différente.

En ce qui concerne les virus associés aux rejets d'eau usée, la documentation scientifique fait d'abord état de risques à l'égard de deux groupes de virus de la famille des *Picornaviridae*, appartenent plus spécifiquement au genre *Enterovirus*: les coxsackievirus et les echovirus dont les manifestations cliniques peuvent être: méningite «aseptique», conjonctivite, péricardite, diarrhée et encéphalites qui peuvent être responsable de l'apparition des syndromes de Reye et de Guillain-Barré. Les coxsackievirus seraient responsables d'une importante proportion des myocardites aiguës. On a également rapporté le risque de transmission du virus de la poliomyélite (*picornaviridae*) par les eaux usées, mais la probabilité serait très faible. Dans la famille des *calciviridae*, le virus de norwalk est responsable d'une violente gastro-entérite qui dure de 24 à 48 heures; il est souvent retrouvé chez des malades ayant bu de l'eau non potable ou ayant pratiqué des activités nautiques à contact primaire; les eaux usées urbaines peuvent aussi être responsables d'infections par les *Hepadnaviridae* (hépatite b).

A l'égard des protozoaires, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* sont les parasites les plus souvent véhiculés par les eaux usées. Les kystes et les oocystes de ces organismes sont extrêmement résistants aux procédés de traitement des eaux usées, incluant la désinfection par le chlore. De plus, compte tenu de leur forte infectiosité (seulement quelques kystes de giardia peuvent causer la giardiase), le risque d'infection est toujours élevé. L'incidence de la giardiase et de la cryptosporidiose d'origine hydrique est d'ailleurs en constante augmentation en Amérique du Nord; la giardiase est maintenant l'infection entérique non bactérienne avec la plus forte incidence.

Le risque lié à la pratique d'activités aquatiques interdit habituellement les sports de contact primaire, comme la baignade et le ski nautique, dans les zones de rejets des eaux

usées urbaines même si elles sont traitées. La pratique d'activités à contact secondaire (canotage) ne devrait être permise qu'après une évaluation adéquate de la présence de divers micro-organismes pathogènes qui inclut la détection de groupes autres que les coliformes.

### **Consommation d'eau et d'organismes filtrants (mollusques) ou non filtrants (crustacés, poissons)**

Les organismes qui filtrent une grande quantité d'eau pour se nourrir, comme les mollusques, sont surtout susceptibles d'être contaminés par des bactéries et des virus. Les bactéries pathogènes susceptibles de se retrouver dans les mollusques sont surtout *Campylobacter jejuni*, *Salmonella cholerasuis* (espèce non typhoïdienne) et *Shigella* sp qui induisent habituellement des infections de type gastro-entérite. Toutefois, *c. jejuni* étant très sensible à la salinité, il est peu probable de retrouver cette bactérie dans les zones marines. On note également la contamination possible par les mêmes virus que ceux mentionnés ci-haut dans le contexte des activités récréatives. Règle générale, on recommande de ne pas consommer des mollusques vivant dans des zones urbaines ou polluées et de faire subir un traitement complet à l'eau potable.

Le risque lié à la consommation d'eau potable et d'organismes aquatiques non filtrants se mesure à l'égard de la bioaccumulation de diverses substances toxiques inorganiques, tels les métaux lourds (surtout le cuivre, le cadmium et le mercure), et organiques (notamment les hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP - et les polychlorobiphényles - PCB).

Le cuivre est un métal essentiel au maintien des fonctions physiologiques, mais en trop forte concentration il en résulte une nécrose du foie; cette intoxication est toutefois extrêmement rare. Le mercure est un métal dont l'intoxication par ingestion est consécutive à l'absorption de sa forme méthylée, le méthylmercure. Cette méthylation est favorisée par la présence de micro-organismes; le mercure inorganique présent dans l'eau usée est donc susceptible de se transformer grâce à la présence de nombreux micro-organismes qui s'y trouvent. Le méthylmercure s'attaque au système nerveux et provoque des effets irréversibles; il affecte les fonctions visuelles et auditives ainsi que la coordination. Quant au cadmium, il est surtout d'origine industrielle et après ingestion, sa persistance dans l'organisme humain est très longue, soit environ 20 ans. Une exposition chronique résulte en une nécrose rénale. Si l'inhalation de cadmium est considérée comme ayant un potentiel cancérigène, ce n'est pas le cas de l'absorption par ingestion.

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des organochlorés dont le pouvoir de bioaccumulation dans la chaîne alimentaire est bien connu. Étant thermorésistants, ils ne sont pas détruits qu'à des températures de près de 1 000 °C, ce qui leur confère une importante stabilité environnementale. Brûlés à des températures inférieures à 800°C, ils peuvent engendrer d'importantes quantités de dioxines et de furannes. Bien que bannis depuis 1980 au Canada, ils sont encore bien présents dans l'environnement et contaminent presque tous les milieux humains et naturels. Une exposition chronique peut provoquer des

dommages hépatiques et des anomalies congénitales. Il a aussi été démontré que les PCB sont cancérigènes chez les animaux de laboratoire.

Les caractéristiques des HAP ont déjà été mentionnées dans la section consacrée aux émissions atmosphériques. Tel que précisé, ces substances proviennent notamment de la pyrolyse et de la carbonisation de la matière organique. Leur présence dans l'eau usée provient du nettoyage ou du lavage de certains milieux industriels (notamment l'industrie lourde comme la sidérurgie) dont certains procédés engendrent ces composés. Les risques pour la santé publique découlent surtout de la présence de certains composés mutagènes, tératogènes et cancérigènes comme le benzo[a]pyrène.

La liste des substances ci-haut mentionnée n'est évidemment pas exhaustive. On pourrait ajouter de nombreux pesticides d'utilisation domestique, les huiles et les graisses (provenant de diverses machineries ainsi que des déversements illégaux d'huiles à moteur) ainsi que les perturbateurs endocriniens («endocrine disruptors») dont on commence à peine à évaluer les effets potentiels. On classe dans ce dernier groupe plusieurs pesticides (surtout des insecticides et des fongicides), des composés organochlorés (dont les PCB) ainsi que les éthoxylates de nonylphénol qui font partie de la famille chimique des alkylphénols. Les nonylphénols sont présents dans de nombreux produits de consommation, notamment des détergents à lessive liquide et des produits détachants en aérosol pour vêtements. Ces substances auraient des effets sur le système reproducteur mâle et femelle pouvant, dans certains cas, concourir à la promotion de certains cancers. Ces effets font toutefois l'objet de controverse et la communauté scientifique n'est pas encore unanime.

Quant aux trihalométhanes (THM), dont plusieurs sont cancérigènes, leur formation résulte de l'action du chlore avec divers composés organiques. Bien que le chloroforme soit le principal THM, on trouve également d'autres composés très toxiques comme la furanone halogénée, le bromoforme et le dibromoéthane. Les thm entraîneraient surtout l'apparition du cancer de la vessie; en Ontario, on estime que 14 à 16% de ces cancers pourraient être attribuables à l'ingestion d'eau chlorée. Tel que mentionné précédemment, la formation de ces substances est nettement favorisée par l'emploi d'un procédé de chloration dans le traitement des eaux usées. Les THM formés sont dilués dans le cours d'eau récepteur, mais si une usine de production d'eau potable est située en aval, ils pourront s'ajouter à ceux engendrés par cette usine. Puisque la plupart des THM manifesteraient leurs propriétés toxiques chroniques à des concentrations de 50 µg/L, il importe de tenir compte de toutes les situations qui les engendrent.

Les métaux lourds peuvent contaminer l'humain suite à la consommation d'eau potable, de poissons ou de crustacés alors que le risque de contamination par des substances organiques bioaccumulables (PCB et HAP) provient surtout de la consommation de poisson et de crustacés. En ce qui concerne des substances comme les trihalométhanes et les perturbateurs endocriniens, il semble que l'ingestion d'eau soit suffisante. Les études d'impacts démontrent que le traitement conventionnel des eaux usées ne permet pas de conclure que l'ensemble des métaux lourds et des substances organiques des eaux usées

sont à la source de cas graves de contamination. Les concentrations de ces substances dans les eaux usées traitées représente cependant un risque supplémentaire d'exposition de la population, considérant toutes les autres sources d'exposition auxquelles elle est soumise. C'est la raison qui incite à restreindre la consommation de poissons ou de crustacés vivants dans des eaux polluées ou, du moins, à respecter les directives régissant la quantité d'une espèce à consommer durant une période donnée.

### **Rejets et déchets solides**

Deux groupes de résidus solides proviennent principalement du traitement des eaux usées: les boues de décantation et les cendres de grille provenant de leur incinération.

Les boues d'épuration sont principalement générées par le traitement primaire et secondaire et elles constituent les plus importants résidus solides, en terme de volume, provenant du traitement des eaux usées. Initialement, ce sont des résidus liquides, contenant entre 92 et 95% d'eau à la sortie des décanteurs, qui doivent subir plusieurs traitements visant à les rendre plus sèches: la déshydratation, le séchage sont les plus courants. Préalablement à ces traitements, les boues doivent habituellement être stabilisées, c'est-à-dire subir un traitement visant à minéraliser la matière organique et détruire les micro-organismes, pathogènes ou non, qui sont encore actifs. La stabilisation permet également de réduire les odeurs car les boues fraîches, surtout celles provenant du traitement primaires, sont particulièrement malodorantes. Les boues stabilisées et séchées se présentent habituellement sous une forme encore humide, appelée «gâteau» qu'il serait trop coûteux de rendre plus sec.

Les boues peuvent être utilisées comme fertilisant agricole et sylvicole, mais cet emploi est limité par la présence potentielle de nombreuses substances toxiques, surtout des métaux lourds et des composés organiques persistants comme des pesticides organochlorés, des PCB, des phénols et des hydrocarbures. On peut aussi détecter la présence de certains micro-organismes pathogènes. Le compostage et l'épandage sur le sol, à titre de fertilisant, permettent de tuer les micro-organismes mais ils n'ont aucun effet sur les substances toxiques, hormis le fait que certaines sont volatilisées dans l'atmosphère par la chaleur (lors du compostage ou du séchage) ou par l'action métabolique des micro-organismes. S'il n'est pas possible de les utiliser à titre de fertilisant, les boues doivent être éliminées dans des lieux d'enfouissement sanitaire ou des carrières (sablères et gravières) désaffectés inaccessibles à la population.

La combustion des boues, ou de tout autre déchet, produit des cendres volantes composées de gaz de combustion et de particules volatiles qui contribuent à la pollution atmosphérique (voir la section plus haut), ainsi que des cendres de fond, ou mâchefers, non volatiles. Les cendres de fonds sont très denses et elles sont composées de matières imbrûlées, d'acier et de matière organique vitrifiée, carbonisée ou cristallisée. On retrouve surtout des métaux lourds, souvent sous forme d'oxydes et de silicates insolubles ainsi que des HAP, des chlorobenzènes et des chlorophénols. Le risque pour la santé dépend de la présence et de la concentration des substances pré-citées mais, règle

générale, les cendres de fond ne sont pas considérées comme étant toxiques. Elles doivent cependant être enfouies dans des lieux spéciaux à une distance suffisante des populations afin d'éviter l'inhalation des poussières soulevées par le vent. La contamination de la nappe phréatique doit aussi être évitée, en choisissant des lieux d'enfouissement ayant un sol imperméable; sinon, l'utilisation de géomembranes imperméables et la mise en place d'un système de collecte des eaux de lixiviation doit être envisagée.

### **Impacts psycho-sociaux**

Un centre de traitement des eaux usées a généralement des impacts sociaux bénéfiques parce qu'il permet de réduire la pollution de l'eau. L'esthétisme ainsi que la qualité des cours d'eau sont améliorés, ce qui permet notamment aux citoyens de bénéficier d'une utilisation récréative. L'existence d'un important complexe de traitement des eaux usées peut engendrer cependant des impacts psycho-sociaux pour les personnes vivant à proximité, surtout à l'égard des odeurs. Il faut donc s'assurer que les odeurs générées par le processus de traitement de même que par l'entreposage des boues ne parviennent pas jusqu'aux résidences les plus proches. C'est pourquoi on construit habituellement les stations de traitement dans des secteurs peu habités; on peut également prévoir une vaste zone tampon autour des bâtiments, qui est habituellement un terrain gazonné ou boisé. Si les boues sont incinérées sur place, il faut s'assurer que les fumées ne soient pas trop denses et malodorantes. Dans la plupart des cas, les impacts psycho-sociaux de manifestent par une diminution de la qualité de la vie des citoyens incommodés ainsi que par une diminution de l'évaluation des propriétés.

**Secteur: gestion de l'eau****Activité: construction et opération d'une station de traitement des eaux usées**

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations <sup>12</sup>
Sinistre technologique	incendies et explosions	pollution parfumées, particules.	air et eau: site et périmètre	confinement, captage, mesures d'urgences	Csa z731-05: planification de mesures d'urgence pour l'industrie?
Impacts et rejets atmosphériques	- co	- négligeable	- site et périmètre	- contrôle de la combustion	- 35 mg/m <sup>3</sup> (1h)
	- no <sub>2</sub>	- smog et ozone troposphérique	- locale à régionale	- réduction catalytique	- 200 µg/m <sup>3</sup> (24h)
	-dioxines, furannes, HAP	- bioaccumulation chez animaux terrestres et aquatiques	- continentale et planétaire	- meilleure com- bustion	- 100-200 ng/m <sup>3</sup> pour HAP, 30 pg/m <sup>3</sup> pour dioxines et furannes
	- métaux lourds (Hg, cr, cd)	- contamination des animaux	- régionale et continentale	- épuration des fumées d'incinération	- aucune pour hg, Cr ou cd
	COV	- smog et ozone troposphérique	- locale à régionale	- captage ou ↑ performances de combustion	- aucune
Impacts et rejets aquatiques	- métaux lourds (Hg, cr, cd)	- toxique pour certains organismes aquatiques			- hg: 1 µg/l; cr: 40 µg/l; cd: 0,2 µg/l
	- pcb	- bioaccumulation ds chaîne aliment.			- 0,02-0,07 µg/kg.j (norme epa)
	- trihalométhanes	mutagènes et cancérogènes			- 100 µg/l
	- perturbateurs endocriniens	- perturbation re- production, malformations foetus	Pour l'ensemble des polluants: cours d'eau récepteurs. Distance de contamination variable selon concentration, solubilité, tempé- rature, ph, etc.	Pour l'ensemble des polluants: employer des techniques de traitement performantes et adéquates. Au minimum, traitement secondaire pour enlèvement des micro-organismes pathogènes. Substances organiques réfractaires (pcb, HAP) peuvent nécessiter traitement tertiaire	- aucune (sauf composés comme pesticides)
	- matières en suspension (mes)	- insalubrité et réduction visibilité			- 0,5 mg/l (eau brute, pour eau potable)
	- entérobactéries et <i>enterococcus</i> sp.	- insalubrité			- pour micro-organis- mes, normes pour coliformes seulement: 0 coli fécaux et 10 coli totaux/100 ml
	- <i>picornaviridae</i> et hépatite b	- insalubrité			
	- <i>cryptosporidium</i> et <i>giardia</i>	- insalubrité			
Résidus solides, Impacts sur le sol	- boues de décantation/ sédimentation	- insalubrité, toxicité	- site et périmètre d'entreposage	- confinement, enfouissement ou fertilisation	- régl. municipaux ou provinciaux
	- cendres de grille	- insalubrité,	- site et périmètre d'entreposage	- confinement ou enfouissement	- régl. municipaux ou provinciaux
Nuisances	- odeurs	- insalubrité	- site et périmètre	zone-tampon	- régl. municipaux
Impacts	- conflit social,	- valeur	- périmètre et	- compensation \$,	- régl. municipaux ou

indirects et sociaux	et dévalorisation des propriétés	économique	voisinage	communication	provinciaux
----------------------	----------------------------------	------------	-----------	---------------	-------------

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/cas documentés/ références <sup>13</sup>
Sinistre technologique	- traumatismes blessures, décès	- travailleurs, personnes sur le site	- très rare	- rapports de morbidité et mortalité; rapports de services d'incendie	Bio-response system Ltd et jacques whitford environment ltd (1992)
Impacts et rejets atmosphériques	- ↑ du % de carboxy- hémoglobine, décès	- conducteurs, person- nes à proximité	- rare	- % de carboxyhémoglo- bine sanguin	
	- irritation des voies respiratoires	- zones urbaines et péri-urbaines	- rare à modérée dans grosses villes	- mesure dans l'air ambiant	
	- certains composés sont cancérogènes	- aucune en particulier	- rare ou inconnue	- mesure dans l'air ambiant si possible, études épidémiologiques	
	- certains cancers; toxicité rénale ou hépatique	- travailleurs et personnes à proximité des sources d'émission	- rare ou inconnue	- mesure dans l'air ambiant, études épide- miologiques	
	- irritation voies respiratoires; smog provoque inflammation tissus	- zones urbaines et péri-urbaines, travail- leurs exposés	- rare à modérée, ans grandes agglomérations urbaines	- mesure COV et ozone au sol dans air ambiant, études épidémiologiques	
Impacts et rejets aquatiques	- certains cancers, toxicité rénale ou hépatique	- consommateurs de poissons ou crustacés	- inconnue ou rare	- dosage dans chair de poisson, crustacés; études épidémiologiques	Bio-responnse system Ltd et jacques whitfors environment Ltd (1992)
	- effets cancérogènes possibles	- consommateurs de poissons gras surtout	- inconnue ou rare	- dosage et études épidémiologiques	
	- effets cancérogènes possibles	- consommateurs d'eau	- inconnue ou rare	- dosage dans la chair et études épidémiologiques - études épidémiologiques	
	- effets sur la reproduction, diminution compte spermatique?	- inconnue	- inconnue	- mesure mes dans l'eau de récréation	
	- insalubrité, aucun effet direct	- utilisations récréatives	- rare à fréquente	- dosage coliformes, entérobactéries et <i>enterococcus</i> , rapp. médicaux	
	- gastro-entérites, bactériemies, résistance aux antibiotiques	- utilisations récréatives	- rare à modérée, selon le lieu	- suivi épidémiologique, rapports santé publique	
	- encéphalites, méningites, péricardites et autres maladies	- utilisations récréatives	- rare à modérée, selon le lieu	- suivi épidémiologique, rapports santé publique	

	- gastro-entérites	- utilisations récréatives, eau potable	- rare à modérée, selon le lieu		
Résidus solides, Impacts sur le sol	- effets toxiques ou cancérigènes possibles, micro-org. pathogènes	- travailleurs ou manipulateurs de boues	- rare ou inconnue	- suivi médical	
	- toxicité possible	- travailleurs, manipulateurs de cendres	- rare ou inconnue	- suivi médical	
Nuisances	- qualité de vie	- voisinage	- rare à modérée	- plaintes, perception	
Impacts indirects et sociaux	- rôle d'évaluation, municipale, qualité de vie	- voisinage et communauté	- rare à fréquente	- plaintes, rôle d'évaluation, études de perception	

---

## Sources

Altekruse, S.F., N.J. Stern, P.I. Fields et D.L. Swerdlow (1999). *Campylobacter jejuni*, an emerging foodborne pathogen. *Emerging Infectious Diseases*, 5: (pagination internet) [www.cdc.gov/ncidod/EID/vol5no1/altekruse.html](http://www.cdc.gov/ncidod/EID/vol5no1/altekruse.html)

Bio-Response System Ltd et Jacques Whitford Environment Ltd (1991) Draft Report To Halifax Harbor Cleanup Inc. On Air Quality In The Environs Of Halifax Harbour. 21p, + annexes.

Bio-Response System Ltd et Jacques Whitford Environment Ltd (1992) Final Report To Halifax Harbor Cleanup Inc. On Human Health Risk Assessment. 43p. + annexes.

Bolduc, D.G., P. Maurice et M.-C. Messely (1992) L'enfouissement des cendres de l'incinérateur de la CUQ à Saint-Tite-Des-Caps. Département de santé communautaire, Hôpital de l'Enfant-Jésus, Québec, 64p.

Chevalier, P. (1995) Gestion de l'environnement en milieux urbain et industriel. Presses de l'Université du Québec, 577p.

Chevalier, P. (1997) Technologies d'assainissement et prévention de la pollution. Presses de l'Université du Québec, 440p.

Crisp, T.M. *et al* (1998) Environmental Endocrine Disruption: An Effects Assessment And Analysis. *Environmental Health Perspective*, 106 (suppl 1): 11-56.

Current, W.L. et L.S. Garcia (1991) *Cryptosporidiosis*. *Clinical Microbiological Reviews*, 4: 325-358.

Environnement Canada, Santé et Bien-être social Canada (1990) Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, document de support no. 1: dibenzodioxines polychlorées et dibenzofurannes polychlorés. Ministères de l'Environnement et de la Santé, Gouvernement du Canada, 64p.

Environnement Canada (1993) Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, document de support no. 3: cheminements, écotoxicités et réglementations pour les HAP dans l'environnement. Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Canada, 102p.

Gorbach, S.L., J.G. Bartlett et N.R. Blacklow (1998) *Infectious Diseases*, 2<sup>nd</sup> edition. W.B. Saunders Company, 2594p.

Gray, L.D. (1995) *Escherichia, Salmonella, Shigella and Yersinia*. Dans: Murray, P.R. (editeur), *Manual of Clinical Microbiology*, ASM Press, Washington, pp.: 450-455.

---

Hunter, P.R. (1997) *Waterborne Diseases, Epidemiology and Ecology*. John Wiley & Sons, England, 372p.

Levallois, P. (1997) Qualité de l'eau potable et trihalométhanes. *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*, 8(6): 1-4.

Mara, D.D. et D. Clapham (1997) Water-Related Carcinomas: Environmental Classification. *Journal of Environmental Engineering*, May: 415-422.

Parker, M.T. et L.H. Collier, éditeurs (1990) *Topley & Wilson's Principles of Bacteriology, Virology and Immunity*. Edward Arnold, Volume 4, Virology, 719p.

Wolfe, M.S. (1992) Giardiasis. *Clinical Microbiology Reviews*, 5: 93-100.

Consulter aussi les textes et références utilisées pour la préparation des grilles suivantes:

- production d'aluminium (pour les polluants atmosphériques)
- routes et autoroutes (pour les polluants atmosphériques)
- incinération (pour les polluants atmosphériques)
- épandage de boues provenant de stations de traitement des eaux usées municipales (pour les polluants aquatiques et dans le sol)
- manipulation ou épandage de boues de fosses septiques à usage domestique (pour les polluants aquatiques et dans le sol).