

# Effets sur l'air ambiant des émissions de l'incinérateur de la ville de Québec

Évaluation par modélisation  
de la dispersion atmosphérique



Octobre 2011

*Développement durable,  
Environnement  
et Parcs*

Québec 

---

BRIÈRE, J.-F., 2011. *Effets sur l'air ambiant des émissions de l'incinérateur de la ville de Québec – Évaluation par modélisation de la dispersion atmosphérique*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63022-7 (PDF), 13 pages.

---

Ce document peut être consulté sur le site Internet du Ministère au [www.mddep.gouv.qc.ca](http://www.mddep.gouv.qc.ca).

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-63022-7 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2011

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

<b>Auteur</b>	<b>Jean-François Brière<sup>1</sup></b> , physicien, M.Sc.
---------------	--

---

<b>Collaboration</b>	<b>Gilles Boulet<sup>1</sup></b> , météorologue, M.Sc.
----------------------	--

<b>Révision scientifique</b>	<b>Yvon Couture<sup>1</sup></b> , chimiste, M.Sc. <b>Pierre Walsh<sup>1</sup></b> , biologiste, Ph.D. <b>Caroline Boiteau<sup>2</sup></b> , ingénieure <b>Catherine Deschênes<sup>3</sup></b> , ingénieure
------------------------------	---

<b>Coordination à la diffusion</b>	<b>Johanne Bélanger<sup>4</sup></b>
------------------------------------	-------------------------------------

<b>Mise en page</b>	<b>Sylvie Boutin<sup>4</sup></b>
---------------------	----------------------------------

---

1. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Service des avis et des expertises

2. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction régionale du centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale

3. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de la Capitale-Nationale

4. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Service de l'information sur les milieux aquatiques

## **Mots clés :**

Incinérateur, ville de Québec, modélisation, dispersion atmosphérique, qualité de l'air, air ambiant, émissions, contaminants



## Résumé

Situé dans l'arrondissement La Cité-Limoilou, l'incinérateur de la ville de Québec constitue une source d'émission de contaminants atmosphériques. Afin de mieux comprendre la contribution de cette infrastructure au bilan de la qualité de l'air ambiant des secteurs avoisinants, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs a entrepris deux études complémentaires, soit la réalisation d'une étude de modélisation de la dispersion atmosphérique et la mise en place d'un programme d'échantillonnage de la qualité de l'air ambiant. Ce rapport présente la méthodologie employée pour réaliser la modélisation ainsi que les résultats obtenus.

La modélisation a été effectuée à l'aide du modèle AERMOD (« AMS/EPA Regulatory Model ») en se basant sur des résultats récents de caractérisation des émissions de l'incinérateur et en prenant en compte les périodes de démarrage des fours. Les contaminants modélisés sont les particules fines ( $PM_{2.5}$ ), le chlorure d'hydrogène (HCl), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), le benzo(a)pyrène (BaP), les biphényles polychlorés (BPC), les dioxines et furanes (PCDD/F) et les métaux suivants : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le mercure (Hg) et le plomb (Pb).

Les résultats de la modélisation montrent que les émissions de l'incinérateur de la ville de Québec n'entraînent pas de dépassement des seuils de référence de la qualité de l'air ambiant pour l'ensemble des contaminants modélisés. Les concentrations les plus élevées des contaminants ayant un taux d'émission détectable, au point d'impact maximal, sont toutes inférieures à 4 % des seuils de référence. En ce qui concerne les HAP, le BaP et les BPC, aucun taux d'émission représentatif n'a pu être établi, car les mesures effectuées aux cheminées étaient presque toutes sous les limites de détection. Cependant, même en utilisant la limite de détection comme taux d'émission, les concentrations maximales modélisées respectent les seuils de référence pour ces contaminants.

Les résultats de la modélisation indiquent aussi que les émissions de l'incinérateur n'entraînent pas de détérioration significative de la qualité de l'air ambiant des secteurs environnants. Les concentrations maximales ajoutées par l'incinérateur, toujours au point d'impact maximal, représentent en moyenne 2,4 % des concentrations déjà présentes dans l'air ambiant de la ville de Québec.



# Table des matières

	Page
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1. MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE</b> .....	<b>1</b>
1.1 Modèle de dispersion retenu et méthodologie .....	1
1.2 Données météorologiques .....	2
1.3 Domaine de modélisation et grille de calculs.....	3
1.4 Topographie et utilisation du sol .....	4
1.5 Caractéristiques des sources d'émission.....	4
1.6 Taux d'émission .....	4
<b>2. RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION</b> .....	<b>5</b>
<b>3. ÉVALUATION DES EFFETS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR</b> .....	<b>8</b>
3.1 Dioxines et furanes (PCDD/F) .....	9
3.2 Biphényles polychlorés (BPC) .....	9
3.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) .....	9
3.4 Particules fines (PM <sub>2,5</sub> ).....	10
3.5 Chlorure d'hydrogène (HCl) .....	10
3.6 Arsenic (As).....	10
3.7 Mercure (Hg) .....	11
3.8 Plomb (Pb) .....	11
3.9 Chrome (Cr) .....	11
3.10 Cadmium (Cd).....	11
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>12</b>
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>13</b>
<b>ANNEXE 1 : TABLEAU DES CONCENTRATIONS MAXIMALES MODÉLISÉES</b> .....	<b>15</b>
<b>ANNEXE 2 : COURBES D'ISO-CONCENTRATION</b> .....	<b>16</b>

## Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 : Taux d'émission annuels moyens des contaminants émis par l'ensemble des quatre cheminées de l'incinérateur.....	5
Tableau 2 : Taux d'émission horaires des contaminants émis par l'ensemble des quatre cheminées de l'incinérateur.....	5
Tableau 3 : Concentrations maximales modélisées à l'extérieur de la zone industrielle pour un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur.....	7
Tableau 4 : Concentrations maximales modélisées aux récepteurs ponctuels pour un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur.....	7
Tableau 5 : Concentrations maximales provenant de l'incinérateur et comparaison avec les niveaux ambiants et les normes de qualité de l'air.....	15

## Liste des figures

Figure 1 : Rose des vents de la station de Beauport pour les années 2000-2001-2002-2004-2006.....	2
Figure 2 : Domaine de modélisation, sur fond de carte topographique, illustrant la grille de calculs et les récepteurs ponctuels.....	3
Figure 3 : Concentrations annuelles moyennes modélisées avec un taux d'émission unitaire (1 g/s).....	6
Figure 4 : Histogramme des concentrations initiales et des concentrations modélisées pour chaque contaminant retenu ayant un taux d'émission détectable.....	8
Figure 5 : Concentrations horaires maximales modélisées avec un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur.....	16
Figure 6 : Concentrations quotidiennes maximales modélisées avec un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur.....	17

## **Introduction**

L'incinérateur de la ville de Québec est une source d'émission de contaminants atmosphériques qui suscite intérêt et questionnement de la part de plusieurs acteurs, notamment la population des quartiers avoisinants et la Direction de santé publique de la Capitale-Nationale. Cet état de fait a incité le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) à effectuer une modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants et à mettre en place un programme de suivi de la qualité de l'air ambiant au voisinage de l'incinérateur. La modélisation a pour objectif d'évaluer rapidement les effets des émissions de l'incinérateur avant de procéder à l'échantillonnage de la qualité de l'air. La modélisation est basée sur les résultats des plus récentes caractérisations des émissions de contaminants effectuées aux cheminées de l'incinérateur. Éventuellement, les résultats du programme d'échantillonnage de la qualité de l'air permettront de préciser les constats de la présente étude de dispersion atmosphérique.

Ce rapport décrit d'abord la méthodologie employée pour modéliser la dispersion atmosphérique des contaminants émis par l'incinérateur. Ensuite, les concentrations résultantes dans l'air ambiant sont présentées et les effets de ces émissions sur la qualité de l'air ambiant sont évalués.

## **1. Modélisation de la dispersion atmosphérique**

La modélisation de la dispersion atmosphérique permet d'établir les concentrations dans l'air ambiant résultant des émissions d'une ou de plusieurs sources. Pour ce faire, le modèle simule le transport des contaminants par le vent ainsi que leur dispersion par la turbulence atmosphérique. Par la suite, les concentrations modélisées les plus élevées sont retenues afin d'évaluer les effets des émissions sur la qualité de l'air ambiant. Évidemment, plusieurs paramètres doivent être fournis au modèle afin de réaliser une telle étude de dispersion. Les différents intrants, ainsi que le modèle de dispersion retenu, sont présentés dans la présente section.

### **1.1 Modèle de dispersion retenu et méthodologie**

L'étude de dispersion a été menée à l'aide de l'interface AERMOD View de la compagnie Lakes Environmental qui contient la dernière version du modèle « AMS/EPA Regulatory Model » (AERMOD). Toutes les options par défaut de ce modèle ont été retenues, conformément aux recommandations de l'EPA en la matière. La modélisation a été effectuée pour plusieurs contaminants émis par l'incinérateur, soit les particules fines ( $PM_{2.5}$ ), le chlorure d'hydrogène (HCl), les hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (HAP), le benzo(a)pyrène (BaP), les biphényles polychlorés totaux (BPC), les dioxines et furanes (PCDD/F) et les métaux suivants : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le mercure (Hg) et le plomb (Pb).

La modélisation a été réalisée, dans un premier temps, en utilisant un taux d'émission unitaire (1 g/s) pour l'ensemble des cheminées de l'incinérateur, c'est-à-dire en supposant un taux d'émission de 0,25 g/s pour chacune des quatre cheminées. Par la suite, la concentration de chaque contaminant émis par l'incinérateur a été obtenue en multipliant la concentration correspondant au taux d'émission unitaire par le taux d'émission réel de chaque contaminant.

Les principales informations qui doivent être fournies au modèle de dispersion sont les données météorologiques, le domaine de modélisation, la grille de calculs, la topographie, l'utilisation du sol, les caractéristiques des sources d'émission et les taux d'émission associés à chaque contaminant.

## 1.2 Données météorologiques

Les fichiers de données météorologiques nécessaires à la modélisation ont été préparés à l'aide du préprocesseur AERMET. Les données de température et de vent (vitesse et direction) en surface proviennent de la station d'Environnement Canada située dans la baie de Beauport (7010565). Cette station est localisée à environ 2 km à l'est-nord-est de l'incinérateur et est représentative de la région d'intérêt. Conformément aux instructions du *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* (MDDEP, 2005), les calculs portent sur 5 années de données météorologiques. La rose des vents pour les années retenues, soit 2000-2001-2002-2004-2006<sup>1</sup>, est présentée à la figure 1. L'examen de cette figure montre que les vents dominants soufflent de l'ouest-sud-ouest et de l'est-nord-est à une fréquence de 25 % et de 16 % respectivement. Les données météorologiques en altitude qui permettent d'établir le profil vertical du vent et de la température, pour ces mêmes années, proviennent des sondages aérologiques effectués à la station Maniwaki (7034480). Cette station a été retenue puisqu'elle est représentative du sud du Québec. Enfin, les données de la couverture nuageuse proviennent de la station d'Environnement Canada située à l'aéroport de Québec (7016294).

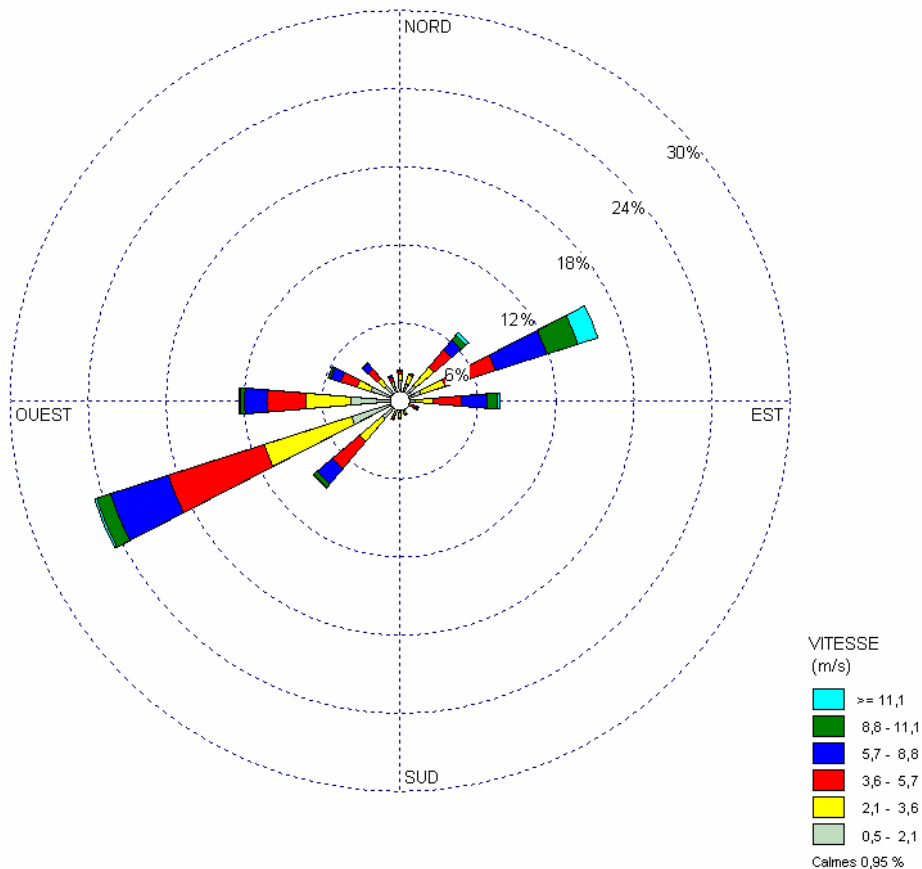


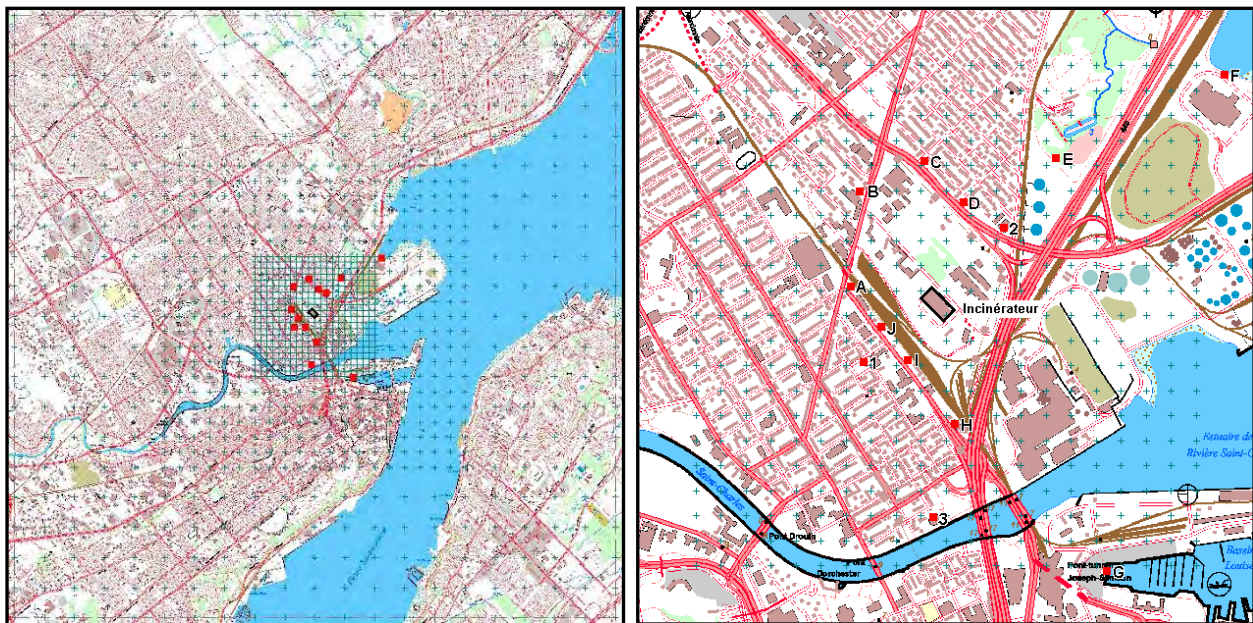
Figure 1 : Rose des vents de la station de Beauport pour les années 2000-2001-2002-2004-2006

1. Seules les années présentant moins de 1 % de données météorologiques manquantes ont été retenues pour les fins de la modélisation.

### 1.3 Domaine de modélisation et grille de calculs

Le domaine de modélisation s'étend sur une région de 10 km sur 10 km et est centré sur les cheminées de l'incinérateur. La grille de calculs, définie comme l'ensemble des points sur le domaine de modélisation où la concentration des différents contaminants est calculée, a été établie de façon à offrir une résolution optimale près de la source, là où le gradient spatial des concentrations est le plus prononcé. Un premier secteur, qui s'étend de l'incinérateur jusqu'à une distance de 1 km, est donc couvert par une grille de calculs dont la maille (distance entre les points de calculs) est de 100 mètres. Sur un deuxième secteur, qui s'étend de 1 km à 2,5 km de l'incinérateur, la maille de la grille de calculs a été établie à 250 mètres. Finalement, le reste du domaine de modélisation est couvert par une grille dont les points de calculs sont espacés de 500 mètres. Le domaine de modélisation ainsi que la grille de calculs sont présentés à la figure 2, où les petites croix représentent les points de la grille de calculs. On remarque que la densité des points est plus grande à proximité de l'incinérateur et qu'elle diminue à mesure qu'on s'en éloigne.

Quelques points de calculs supplémentaires (récepteurs ponctuels) ont aussi été ajoutés afin de représenter les concentrations à des endroits sensibles du domaine. Ainsi, des récepteurs ponctuels ont été ajoutés aux résidences les plus rapprochées de l'incinérateur et aux endroits susceptibles d'être fréquentés par la population, par exemple le domaine Maizerets et la baie de Beauport. Des récepteurs ponctuels ont également été ajoutés à l'emplacement de chacune des trois stations d'échantillonnage de l'air ambiant qui se trouvent à proximité de l'incinérateur. Ce faisant, il sera éventuellement possible de comparer les résultats modélisés et les résultats mesurés. Les récepteurs ponctuels sont présentés à la figure 2 par des carrés rouges et les récepteurs numérotés (de 1 à 3) correspondent aux stations d'échantillonnage.



a) Domaine de 10 km sur 10 km

b) Agrandissement de 2 km sur 2 km

**Figure 2 : Domaine de modélisation, sur fond de carte topographique, illustrant la grille de calculs et les récepteurs ponctuels**

#### **1.4 Topographie et utilisation du sol**

La topographie de la région d'intérêt a été fournie au modèle afin de tenir compte de l'élévation des différents points de la grille de calculs sur l'ensemble du domaine de modélisation. En effet, bien que l'environnement immédiat de l'incinérateur soit relativement plat, il existe des dénivellations importantes sur le domaine de modélisation qui doivent être prises en compte au moment de mener l'étude de dispersion atmosphérique. Les données d'élévation proviennent du site Internet Géobase ([En ligne] [<http://www.geobase.ca>]) et possèdent une résolution maximale de 3 secondes d'arc. Pour les fins de la modélisation, l'environnement entourant l'incinérateur a été défini comme un environnement urbain puisque l'incinérateur est situé dans un parc industriel entouré de quartiers résidentiels denses.

#### **1.5 Caractéristiques des sources d'émission**

L'incinérateur de la ville de Québec possède 4 cheminées identiques d'une hauteur de 61 mètres et d'un diamètre de 1,37 mètre. La température et la vitesse d'éjection des gaz varient peu d'une cheminée à l'autre. Ainsi, une vitesse d'éjection de 20 m/s et une température de 423 K (150 °C) ont été employées pour chacune des 4 cheminées (Consulair, 2009a, 2009b). Les dimensions du bâtiment de l'incinérateur ont aussi été fournies comme intrant au modèle afin de tenir compte de l'effet de sillage engendré par l'incinérateur. Dans certaines conditions météorologiques, l'effet de sillage se traduit par un rabattement du panache vers le sol en aval du bâtiment.

#### **1.6 Taux d'émission**

Les taux d'émission de chaque contaminant proviennent de campagnes d'échantillonnage aux cheminées effectuées par la firme Consulair en 2008 et 2009. Des mesures de taux d'émission ont été effectuées en condition normale d'opération ainsi qu'en période de démarrage des fours. La modélisation a été réalisée afin de prendre en compte ces deux conditions d'opération (normale et démarrage). De plus, pour les fins de la modélisation, on suppose que l'incinérateur est en opération 24 heures par jour, 365 jours par année. Les taux d'émission en condition normale d'opération ont été calculés comme la moyenne des mesures effectuées à chacune des cheminées. Pour les périodes de démarrage des fours, la modélisation repose sur les hypothèses suivantes :

- il y a environ 60 démarrages de four par année. Les démarrages se produisent sur un seul four à la fois et il y a toujours au moins 3 fours en fonction simultanément;
- lors du démarrage d'un four, les émissions de ce dernier demeurent à un niveau relativement élevé pendant une période de 48 heures;
- les taux d'émission en période de démarrage ont été évalués en retenant, pour chaque contaminant, les taux d'émission les plus élevés parmi l'ensemble des mesures effectuées lors d'une caractérisation en période de démarrage.

Pour la modélisation des concentrations annuelles, les démarrages peuvent être répartis uniformément sur l'ensemble de l'année sans affecter les résultats. Ainsi, le taux d'émission annuel moyen est établi en calculant une moyenne pondérée des taux d'émission en période normale d'opération et des taux d'émission en période de démarrage. La pondération est établie en fonction du nombre d'heures associé à chaque condition d'opération (normale et démarrage). Les taux d'émission résultants sont présentés dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Taux d'émission annuels moyens des contaminants émis par l'ensemble des quatre cheminées de l'incinérateur**

Contaminants	Taux d'émission
Arsenic (As)	$3,23 \times 10^{-5}$ g/s
Cadmium (Cd)	$1,46 \times 10^{-4}$ g/s
Chrome (Cr)	$3,43 \times 10^{-4}$ g/s
Plomb (Pb)	$6,46 \times 10^{-4}$ g/s
Mercuré (Hg)	$3,78 \times 10^{-4}$ g/s
Chlorure d'hydrogène (HCl)	4,93 g/s
Dioxines et furanes (PCDD/F)	$9,03 \times 10^{-10}$ g/s
Benzo(a)pyrène (BaP)	$1,09 \times 10^{-5}$ g/s
Hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (HAP)	$2,67 \times 10^{-4}$ g/s
Biphényles polychlorés totaux (BPC)	$1,03 \times 10^{-4}$ g/s

En ce qui concerne la modélisation des concentrations horaires ou quotidiennes, les taux d'émission les plus élevés sont directement retenus afin de reproduire les pires concentrations horaires ou quotidiennes. Les taux retenus, pour les contaminants ayant une norme de qualité de l'air ambiant horaire ou quotidien, sont présentés dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Taux d'émission horaires des contaminants émis par l'ensemble des quatre cheminées de l'incinérateur**

Contaminants	Taux d'émission
Particules fines (PM <sub>2,5</sub> )	0,36 g/s
Chlorure d'hydrogène (HCl)	4,98 g/s

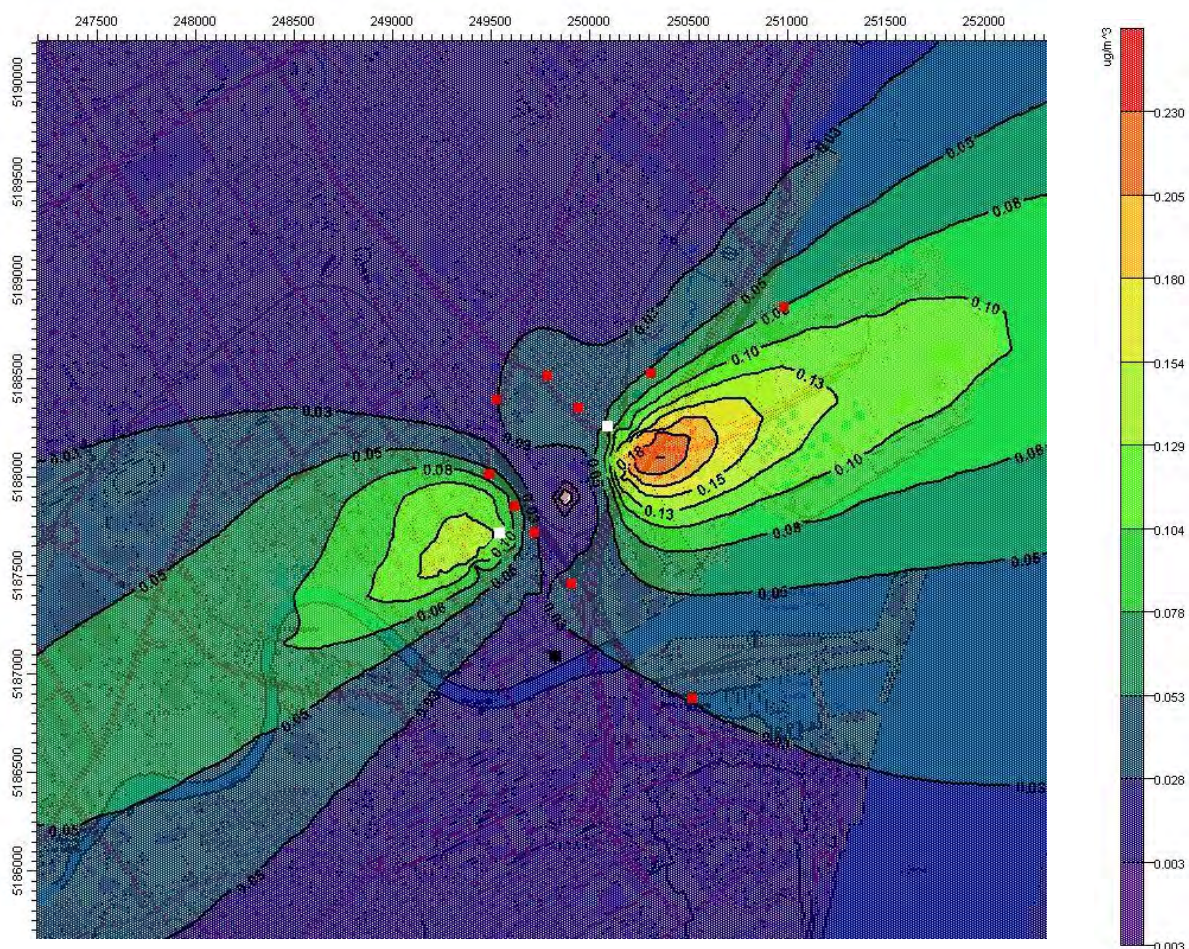
## 2. Résultats de la modélisation

Les courbes d'iso-concentration horaires et quotidiennes produites par le modèle représentent toujours les concentrations maximales modélisées pour ces périodes. Ainsi, le modèle calcule, à tous les points de la grille de calculs, les concentrations horaires qui se produisent pour chacune des 43 824 heures des 5 années de modélisation. Pour présenter les courbes d'iso-concentration horaires, le modèle retient, pour chacun des points de calculs, la valeur la plus élevée survenue parmi ces 43 824 heures. Ces concentrations ne se sont donc pas nécessairement produites aux mêmes moments, ce qui signifie que les courbes d'iso-concentration ne représentent pas l'effet des émissions à un moment précis, mais bien le pire effet possible, en tout point, pour les 5 années de modélisation. Des courbes qui relient des points de mêmes concentrations sont ensuite tracées, d'où le nom de courbes d'iso-concentration. Pour obtenir des courbes d'iso-concentration quotidiennes, la moyenne des concentrations horaires est calculée pour chacune des 1 826 journées de modélisation et pour chacun des points de calculs. La moyenne quotidienne la plus élevée parmi les 1 826 moyennes est sélectionnée, pour chacun des points de calculs, et les courbes d'iso-concentration sont tracées.

Les courbes d'iso-concentration annuelles sont légèrement différentes. En effet, le modèle effectue la moyenne de toutes les concentrations horaires modélisées sur les 5 ans de la période de modélisation (43 824 heures) et relie ensuite des points de mêmes concentrations. Dans ce cas, aucune valeur maximale n'est retenue puisque toutes les concentrations modélisées sont utilisées pour calculer la moyenne annuelle à un point donné. Les courbes d'iso-concentration annuelles, pour la modélisation actuelle, sont présentées à la figure 3.

L'examen de cette figure permet de mettre en évidence un certain nombre de faits intéressants. Par exemple, la forme que prennent les courbes d'iso-concentration est fortement orientée dans l'axe ouest-sud-ouest et est-nord-est. Cette forme particulière s'explique par la fréquence élevée des vents dans cet axe, ce qui est d'ailleurs illustré par la rose des vents présentée à la figure 1. De plus, on remarque que les concentrations annuelles les plus élevées surviennent à l'intérieur de la zone industrielle, à une distance d'environ 500 mètres à l'est-nord-est de l'incinérateur. On remarque aussi que les concentrations diminuent rapidement à mesure qu'on s'éloigne de l'incinérateur. Finalement, on note qu'à l'extérieur de la zone industrielle, les concentrations annuelles ont déjà chuté d'au moins 35 % par rapport à la concentration annuelle la plus élevée. Dans l'axe qui est moins influencé par les émissions de l'incinérateur, les concentrations annuelles ont diminuées de plus de 85 % à l'extérieur de la zone industrielle.

Les courbes d'iso-concentration annuelles ont aussi servi à optimiser l'emplacement des deux nouvelles stations d'échantillonnage de la qualité de l'air (carrés blancs sur la figure 3). En effet, ces stations ont été positionnées le plus près possible des zones d'effet maximal, de chaque côté de l'incinérateur, en fonction des contraintes techniques. Les courbes d'iso-concentration annuelles montrent aussi que la station Des Sables (carré noir sur la figure 3), qui est utilisée comme station de référence, est très peu influencée par les émissions de l'incinérateur. Cette station est donc représentative du milieu avoisinant et permet d'obtenir les concentrations des contaminants déjà présentes dans l'air ambiant sans tenir compte de la contribution de l'incinérateur.



**Figure 3 : Concentrations annuelles moyennes modélisées avec un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur**

Les courbes d'iso-concentration horaires et quotidiennes sont présentées à l'annexe 2.

Les concentrations maximales modélisées à l'extérieur de la zone industrielle, pour un taux d'émission unitaire et pour chaque période considérée, sont présentées dans le tableau 3. Conformément aux instructions du *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* (MDDEP, 2005), la concentration maximale sur une période de 4 minutes est obtenue en multipliant la concentration horaire par un facteur de conversion de 1,91.

En utilisant les résultats présentés dans le tableau 3, on peut calculer la contribution de l'incinérateur aux concentrations en air ambiant des différents contaminants. En effet, puisque les concentrations en air ambiant sont directement proportionnelles aux taux d'émission, on obtient les concentrations de chaque substance en multipliant la concentration modélisée pour un taux d'émission unitaire par le taux d'émission réel de cette substance. Ces valeurs représentent les concentrations calculées par le modèle, à l'extérieur de la zone industrielle, au point de calculs le plus touché par les émissions de l'incinérateur, c'est-à-dire au point de calculs qui a connu la concentration la plus élevée pour chaque période considérée.

**Tableau 3 : Concentrations maximales modélisées à l'extérieur de la zone industrielle pour un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur**

Période	Concentration maximale (µg/m <sup>3</sup> )
4 minutes	7,81
1 heure	4,09
24 heures	1,36
1 an	0,15

De plus, les concentrations maximales modélisées à chaque récepteur ponctuel, pour un taux d'émission unitaire et pour chaque période, sont présentées dans le tableau 4.

**Tableau 4 : Concentrations maximales modélisées aux récepteurs ponctuels pour un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur**

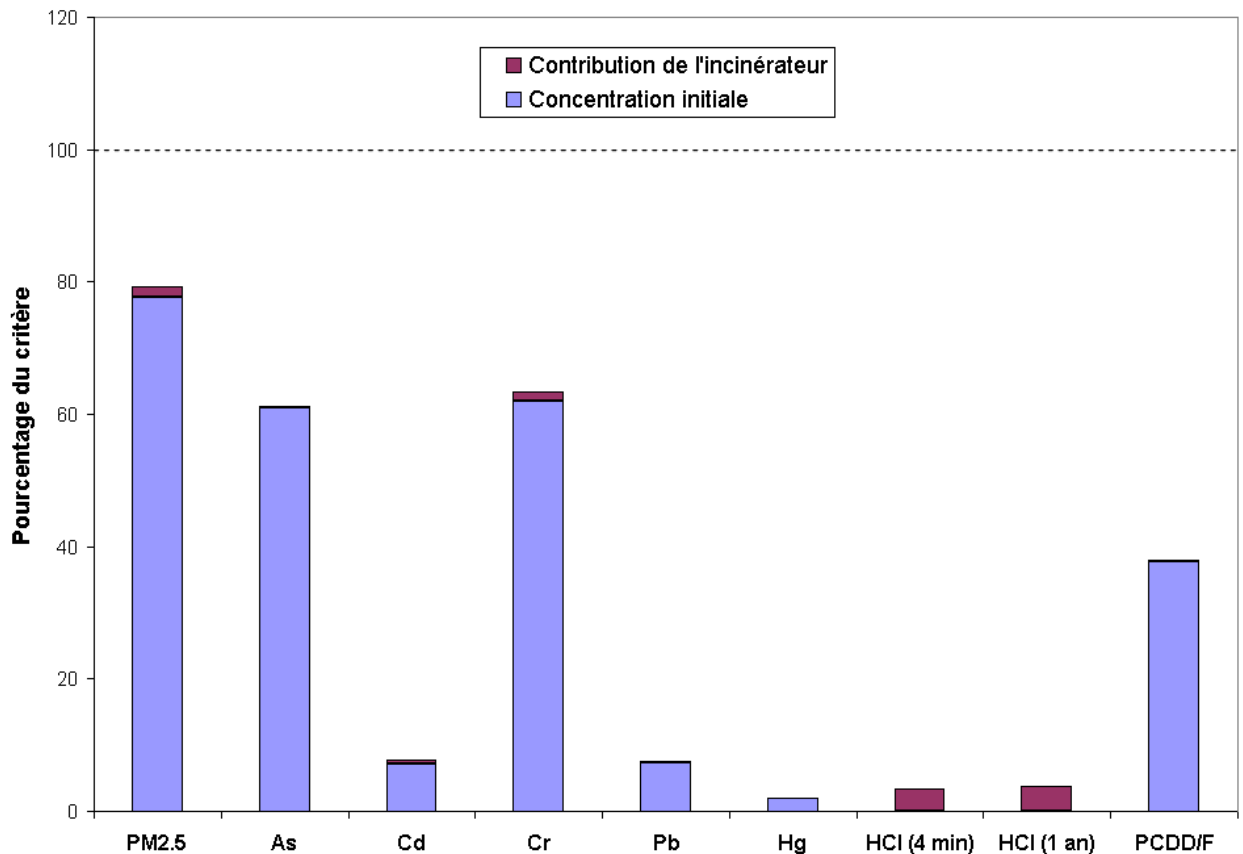
Récepteurs ponctuels	Concentration maximale (µg/m <sup>3</sup> )			
	4 minutes	1 heure	24 heures	1 an
A	7,62	3,99	0,78	0,06
B	4,18	2,19	0,47	0,03
C	5,56	2,91	0,65	0,03
D	4,74	2,48	0,51	0,04
E	4,07	2,13	0,52	0,06
F	4,26	2,23	0,51	0,08
G	4,13	2,16	0,30	0,03
H	7,11	3,72	0,74	0,03
I	4,64	2,43	0,48	0,03
J	5,39	2,82	0,57	0,07
1	7,28	3,81	0,93	0,12
2	4,99	2,61	0,61	0,06
3	5,08	2,66	0,46	0,03

### 3. Évaluation des effets sur la qualité de l'air

Les concentrations résultantes, pour chaque contaminant, sont présentées dans le tableau 5 (annexe 1) et sont comparées aux seuils de référence de la qualité de l'air ambiant du MDDEP et aux concentrations initiales représentatives du secteur de l'incinérateur. Les concentrations initiales (qu'on appelle aussi niveaux ambiants) ont été établies à partir de mesures effectuées à la station Des Sables (03006), située à 800 mètres au sud de l'incinérateur. Dans le cadre de la présente étude, la concentration initiale d'un contaminant représente l'apport moyen du milieu pour ce contaminant sans tenir compte de la contribution des émissions de l'incinérateur. Les sources contribuant aux concentrations initiales peuvent être nombreuses et très variées. Parmi les sources potentielles, on trouve l'industrie, le secteur résidentiel et le transport.

Tel qu'il a été mentionné précédemment, la station de suivi de la qualité de l'air est très peu influencée par les émissions de l'incinérateur (figure 3). Ainsi, les concentrations mesurées à cette station représentent bien la qualité de l'air dans les secteurs avoisinants l'incinérateur, sans l'influence des émissions de ce dernier.

La figure 4 présente les concentrations initiales et les concentrations ajoutées par l'incinérateur, sous forme d'histogramme, pour chaque contaminant retenu ayant un taux d'émission détectable. Les sections suivantes présentent aussi une analyse plus détaillée de ces résultats et des différentes comparaisons consignées dans le tableau 5.



**Figure 4 : Histogramme des concentrations initiales et des concentrations modélisées pour chaque contaminant retenu ayant un taux d'émission détectable**

### **3.1 Dioxines et furanes (PCDD/F)**

La norme de qualité de l'air ambiant pour les PCDD/F du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère est de  $60 \text{ fg/m}^3$ , ou encore de  $6,0 \times 10^{-8} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , sur une période annuelle. Pour ce qui est du niveau ambiant, une concentration moyenne de  $22,7 \text{ fg/m}^3$  a été mesurée à Québec en 2004 et 2005. Le niveau ambiant est donc établi à partir de cette valeur qui correspond à  $2,27 \times 10^{-8} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . La concentration annuelle maximale ajoutée par l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, atteint  $1,35 \times 10^{-10} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Cette concentration correspond à 0,2 % de la norme et à 0,6 % de la concentration initiale.

De plus, la concentration annuelle de PCDD/F provenant de l'incinérateur et qui pourrait contribuer à se déposer sur les terres agricoles de l'île d'Orléans est de  $5,42 \times 10^{-11} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Cette concentration correspond à seulement 0,5 % de la concentration initiale de l'île d'Orléans évaluée à  $1,0 \times 10^{-8} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Comme le taux de déposition est proportionnel à la concentration en air ambiant, l'incinérateur contribue de façon négligeable à la déposition de PCDD/F sur les terres agricoles de l'île d'Orléans.

### **3.2 Biphényles polychlorés (BPC)**

Le seuil de référence établi par le MDDEP pour les BPC totaux, dans le cadre de cette étude, est de  $350 \text{ pg/m}^3$  sur une période annuelle, correspondant à une concentration de  $3,5 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . De plus, une concentration moyenne de  $322 \text{ pg/m}^3$ , ou  $3,22 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , a été mesurée par le MDDEP à Québec en 2004 et 2005.

La modélisation de la dispersion des émissions de BPC totaux provenant de l'incinérateur n'a pas été possible dans le cadre de la présente étude puisque toutes les valeurs échantillonnées à la source étaient inférieures à la limite de détection. Ainsi, aucun taux d'émission représentatif n'a pu être établi. Toutefois, afin d'obtenir une idée de l'effet maximal possible de l'incinérateur, un taux d'émission correspondant à la limite de détection a été utilisé. La concentration annuelle maximale provenant de l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, atteint alors  $1,55 \times 10^{-5} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Cette valeur maximale correspond à 4,4 % du seuil de référence et à 4,8 % de la concentration initiale. Évidemment, la contribution réelle de l'incinérateur aux concentrations de BPC totaux est inférieure à ces valeurs. Toutefois, ces résultats permettent de mettre en lumière que, même dans le pire des cas, les émissions de l'incinérateur respectent le seuil de référence de la qualité de l'air ambiant.

### **3.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**

Le MDDEP n'a pas établi de norme de qualité de l'air ambiant pour les HAP totaux. Toutefois, il existe une norme pour le benzo(a)pyrène (BaP) dans le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, qui est de  $0,9 \text{ ng/m}^3$  sur une période annuelle. Cette valeur correspond à une concentration de  $9,0 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Le BaP est un HAP cancérigène généralement utilisé comme point de référence de toxicité pour l'ensemble des HAP parce qu'il constitue l'un des HAP les plus toxiques.

La caractérisation des émissions effectuée à la source portait sur 25 HAP et, pour la plupart, les valeurs obtenues étaient sous les limites de détection. Ainsi, aucun taux d'émission représentatif des émissions de l'incinérateur n'a pu être obtenu pour les HAP totaux. D'ailleurs, le même problème a été observé pour le BaP puisque la grande majorité des mesures étaient inférieures au seuil de détection. Il est donc impossible de modéliser la contribution réelle des émissions de l'incinérateur. Cependant, afin d'obtenir une idée de l'effet maximal possible de l'incinérateur sur la qualité de l'air ambiant, la limite de détection des HAP totaux et du BaP a été utilisée afin de définir un taux d'émission maximal. Pour le BaP, la concentration annuelle maximale ajoutée par l'incinérateur, à l'extérieur de la zone industrielle, atteint  $1,64 \times 10^{-6} \text{ } \mu\text{g/m}^3$  alors que la concentration annuelle maximale pour les HAP totaux, toujours à l'extérieur de la zone industrielle, s'élève à  $4,01 \times 10^{-5} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

La concentration annuelle moyenne de BaP mesurée à Québec, en 2004 et 2005, est de  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ou  $3,6 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ainsi, la concentration maximale provenant de l'incinérateur représente 0,2 % de la norme de qualité de l'air ambiant et 0,5 % de la concentration initiale. Évidemment, la concentration réelle ajoutée par l'incinérateur est moindre.

En ce qui concerne les HAP totaux, il est très difficile d'établir un niveau ambiant représentatif puisque les composés échantillonnés à la source et ceux mesurés en air ambiant peuvent différer. Il n'est donc pas possible de comparer la contribution de l'incinérateur à un seuil de référence de qualité de l'air ambiant ni à une concentration initiale représentative. D'ailleurs, même en appliquant la norme du BaP à l'ensemble des HAP modélisés, on obtient une contribution de l'incinérateur qui atteint 4,5 % de la norme. Encore une fois, cette valeur surestime l'effet réel des émissions de l'incinérateur. Cependant, même en étant très conservateur, les émissions de HAP totaux de l'incinérateur respectent les seuils de référence.

### **3.4 Particules fines ( $PM_{2.5}$ )**

Le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère comporte une norme pour les particules fines dont le diamètre est plus petit que 2,5 microns, qui est de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une période de 24 heures. De plus, des mesures quotidiennes de particules fines effectuées à Québec entre 2005 et 2008 indiquent un niveau ambiant de  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La concentration quotidienne maximale ajoutée par l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, s'élève à  $0,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En fait, cette concentration est obtenue en employant comme taux d'émission pour les particules fines le taux d'émission des particules totales (PST). Les PST comprennent une vaste étendue de taille de particules, soit l'ensemble des particules de moins de 100 microns. Ainsi, on suppose que toutes les particules émises par l'incinérateur sont en fait des particules fines. Même en utilisant cette approche conservatrice, la concentration quotidienne maximale ajoutée par l'incinérateur représente 1,6 % de la norme de qualité de l'air et 2,1 % de la concentration initiale.

### **3.5 Chlorure d'hydrogène (HCl)**

Le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère comporte deux normes pour le chlorure d'hydrogène, soit une norme de  $1\ 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une période de 4 minutes et une norme de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une période annuelle. La concentration initiale de HCl n'est pas connue à Québec étant donné l'absence de résultats d'échantillonnage. La valeur retenue provient donc du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère qui propose une concentration initiale nulle pour ce contaminant.

La concentration maximale ajoutée par l'incinérateur sur une période de 4 minutes, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, atteint  $38,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui correspond à 3,4 % de la norme de qualité de l'air ambiant. En ce qui concerne la période annuelle, la concentration la plus élevée ajoutée par l'incinérateur, toujours au point d'impact maximal à l'extérieur de la zone industrielle, s'élève à  $0,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui représente 3,7 % de la norme annuelle. Aucune comparaison à la concentration initiale ne peut être effectuée puisque le niveau ambiant pour le chlorure d'hydrogène est nul.

### **3.6 Arsenic (As)**

La norme de qualité de l'air ambiant pour l'arsenic du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère est de  $3,0 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une base annuelle. À Québec, la concentration initiale pour ce contaminant, mesuré entre 1995 et 2000, est de  $1,83 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentration annuelle maximale d'arsenic ajoutée par l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, atteint  $4,85 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur correspond à 0,2 % de la norme et à 0,3 % de la concentration initiale.

### **3.7 Mercure (Hg)**

Le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère comporte une norme pour le mercure dans l'air ambiant de  $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une période annuelle. En ce qui concerne la concentration initiale, les données recueillies dans des milieux comparables à celui de Québec indiquent une concentration initiale correspondant à  $3,0 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentration annuelle maximale de mercure ajoutée par l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, est de  $5,67 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur représente 0,04 % de la norme de qualité de l'air et 1,9 % de la concentration initiale.

### **3.8 Plomb (Pb)**

La norme de qualité de l'air ambiant pour le plomb du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère est de  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une base annuelle. À Québec, la concentration initiale pour ce contaminant a été mesurée entre 1995 et 2000 et s'élève à  $7,43 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentration annuelle maximale de plomb ajoutée par l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, atteint  $9,69 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur correspond à 0,1 % de la norme et à 1,3 % de la concentration initiale.

### **3.9 Chrome (Cr)**

Le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère comporte une norme pour le chrome dans l'air ambiant de  $4,0 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$  annuellement. La concentration initiale pour Québec atteint  $2,48 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour des mesures effectuées entre 1995 et 2000. La concentration annuelle maximale d'arsenic ajoutée par l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, est de  $5,15 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur représente 1,3 % de la norme de qualité de l'air et 2,1 % de la concentration initiale.

### **3.10 Cadmium (Cd)**

La norme de qualité de l'air ambiant pour le cadmium du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère est de  $3,6 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une base annuelle. À Québec, le niveau ambiant pour ce contaminant est évalué à  $2,60 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentration annuelle maximale de cadmium ajoutée par l'incinérateur, au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, atteint  $2,19 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui correspond à 0,6 % de la norme et à 8,4 % de la concentration initiale.

## **Conclusion**

La modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions de contaminants de l'incinérateur de la ville de Québec a été réalisée en se basant sur des données d'opération de 2008 et 2009 afin de reproduire le plus fidèlement possible la situation en cours au début des années 2010. Les périodes de démarrage des fours ont aussi été considérées lors de la modélisation dans le but d'obtenir les concentrations les plus réalistes possible. Ce faisant, l'étude de dispersion a permis d'établir les concentrations maximales ajoutées par l'incinérateur dans l'air ambiant. Ces concentrations ont par la suite pu être comparées aux seuils de référence de la qualité de l'air ainsi qu'aux concentrations initiales déjà présentes dans l'air ambiant de la ville de Québec.

Les résultats de la modélisation suggèrent que les effets des émissions de l'incinérateur sur la qualité de l'air ambiant sont faibles pour l'ensemble des contaminants considérés. En effet, les concentrations ajoutées varient entre 0,04 % et 3,7 % des seuils de référence pour toutes les substances modélisées ayant un taux d'émission détectable. En ce qui concerne les contaminants pour lesquels aucun taux d'émission n'a pu être établi, une approche conservatrice montre que même en employant la limite de détection comme taux d'émission, les seuils de référence de la qualité de l'air ambiant sont respectés.

Les concentrations ajoutées dans l'air ambiant par l'incinérateur représentent en moyenne 2,4 % des concentrations déjà présentes dans l'air ambiant. Ainsi, les émissions de l'incinérateur n'entraînent pas d'effet significatif sur la qualité de l'air ambiant de la ville de Québec.

Les mesures effectuées dans l'air ambiant lors de la campagne d'échantillonnage mise en place en 2010 par le MDDEP permettront d'appuyer ou de nuancer les résultats de cette étude de modélisation de la dispersion atmosphérique. Ces mesures sont prises en amont et en aval de l'incinérateur, selon la direction des vents dominants, afin de mesurer les effets maximaux des émissions de l'incinérateur.

## **Références**

Consulair, 2009, *Caractérisation des émissions atmosphériques pour l'année 2008 des lignes d'incinération 1 à 4 de l'incinérateur de la ville de Québec*, 172 pages.

Consulair, 2009, *Caractérisation des émissions atmosphériques de janvier 2009 au démarrage de la ligne d'incinération 3 de l'incinérateur de la ville de Québec*, 50 pages.

MDDEP, 2005, *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*, 32 pages.

U.S. EPA, 2004, *AERMOD: Description of model formulation*, Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina, 91 pages.

U.S. EPA, 2008, *AERMOD Implementation Guide*, AERMOD Implementation Workgroup, Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Assessment Division, Research Triangle Park, North Carolina, 17 pages.



## Annexe 1 : Tableau des concentrations maximales modélisées

**Tableau 5 : Concentrations maximales provenant de l'incinérateur et comparaison avec les concentrations initiales et les seuils de référence de la qualité de l'air ambiant**

Contaminants (période)	Concentration maximale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Seuil de référence ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pourcentage seuil de référence	Concentration initiale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pourcentage concentration initiale
PM <sub>2.5</sub> (24 heures) <sup>1</sup>	0,49	30	1,6 %	23	2,1 %
As (1 an) <sup>1</sup>	$4,85 \times 10^{-6}$	$3,0 \times 10^{-3}$	0,2 %	$1,83 \times 10^{-3}$	0,3 %
Cd (1 an) <sup>1</sup>	$2,19 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-3}$	0,6 %	$2,60 \times 10^{-4}$	8,4 %
Cr (1 an) <sup>1</sup>	$5,15 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-3}$	1,3 %	$2,48 \times 10^{-3}$	2,1 %
Pb (1 an) <sup>1</sup>	$9,69 \times 10^{-5}$	0,1	0,1 %	$7,43 \times 10^{-3}$	1,3 %
Hg (1 an) <sup>1</sup>	$5,67 \times 10^{-5}$	0,15	0,04 %	$3,00 \times 10^{-3}$	1,9 %
HCl (4 minutes) <sup>1</sup>	38,89	1 150	3,4 %	0	–
HCl (1 an) <sup>1</sup>	0,74	20	3,7 %	0	–
PCDD/F (1 an) <sup>1</sup>	$1,35 \times 10^{-10}$	$6,0 \times 10^{-8}$	0,2 %	$2,27 \times 10^{-8}$	0,6 %
BaP (1 an) <sup>2</sup>	$1,64 \times 10^{-6}$	$9,0 \times 10^{-4}$	0,2 %	$3,60 \times 10^{-4}$	0,5 %
HAP (1 an) <sup>2</sup>	$4,01 \times 10^{-5}$	–	–	–	–
BPC (1 an) <sup>2</sup>	$1,55 \times 10^{-5}$	$3,5 \times 10^{-4}$	4,4 %	$3,22 \times 10^{-4}$	4,8 %

1. Concentration modélisée la plus élevée au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, à partir des émissions de l'incinérateur.
2. Concentration modélisée la plus élevée au point d'impact maximal situé à l'extérieur de la zone industrielle, à partir de la limite de détection.

Annexe 2 : Courbes d'iso-concentration

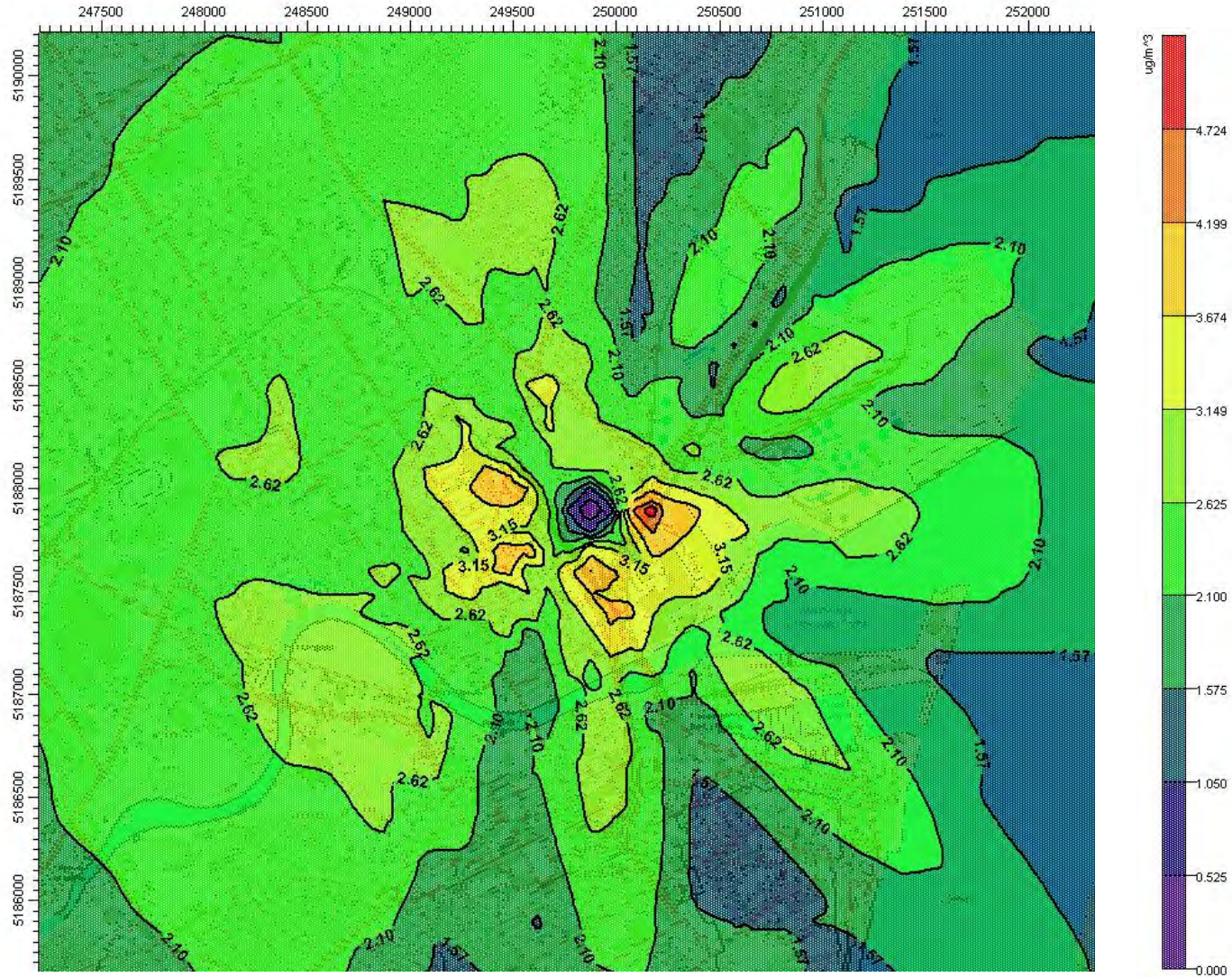
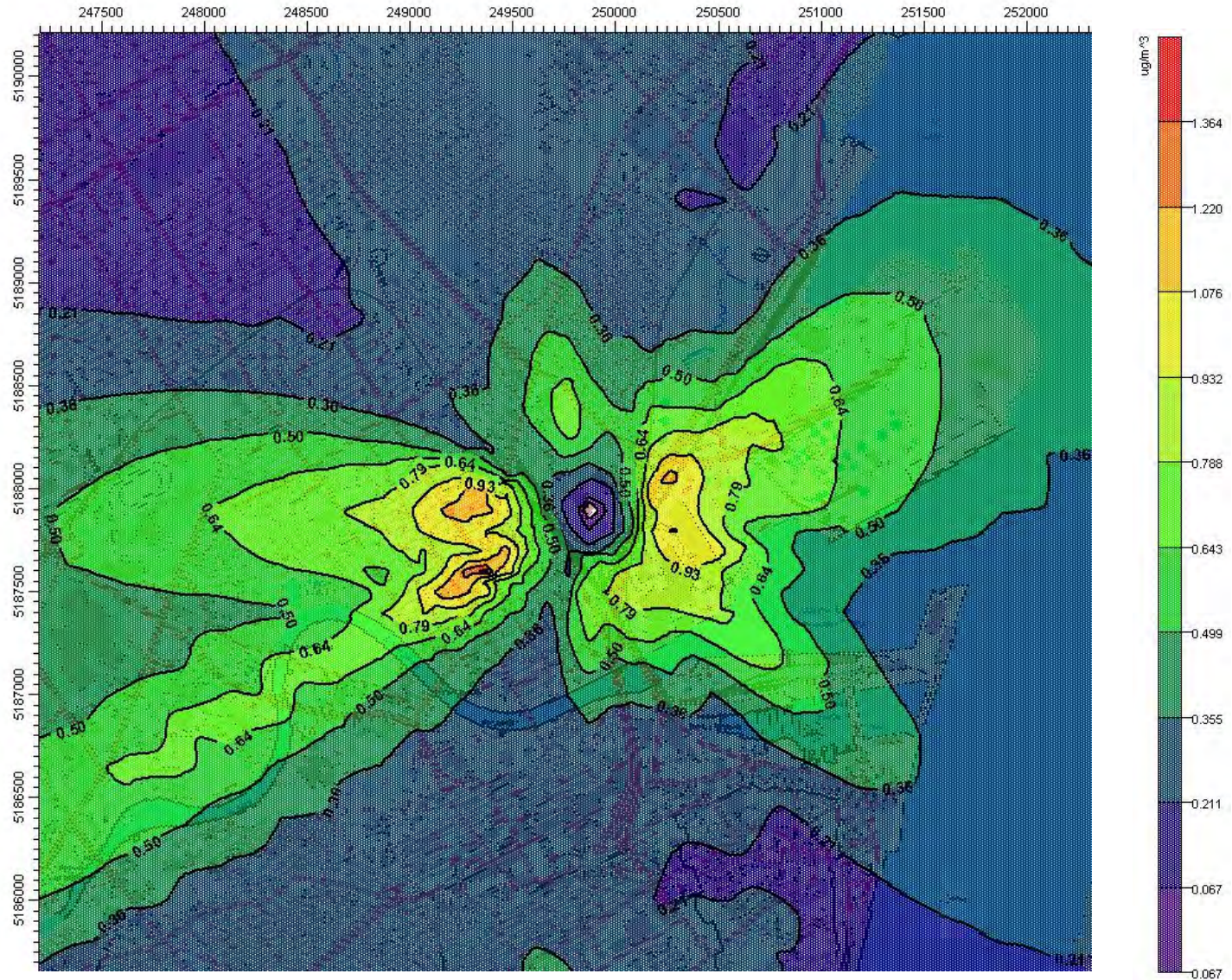


Figure 5 : Concentrations horaires maximales modélisées avec un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur



**Figure 6 : Concentrations quotidiennes maximales modélisées avec un taux d'émission unitaire (1 g/s) de l'incinérateur**