

**ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DES ÉMISSIONS  
DE PLOMB PROVENANT DES ACTIVITÉS DE  
L'AÉROPORT DE SAINT-HUBERT SUR LA SANTÉ DE LA  
POPULATION VIVANT À PROXIMITÉ**

**Sous la direction de Jocelyne Sauvé, M.D., M. Sc., FRCPC  
Directrice de santé publique**

**8 mars 2013**

**Document présenté à la Table de coordination nationale de santé publique  
le 13 mars 2013**

**Agence de la santé  
et des services sociaux  
de la Montérégie**

**Québec** 

Direction de santé publique

## **Analyse produite par :**

Nabila Kadaoui, MD, M.Sc., FRCPC, DSP de la Montérégie  
Louise Lajoie, MD, M.Sc., DSP de la Montérégie  
Nolwenn Noisel, M. Sc., DSP de la Montérégie

## **Soutien technique**

Annie Leduc et Nicole Carron, agentes administratives

## **Remerciements**

Michel Beaudoin, directeur administratif, Développement Aéroport Saint-Hubert de Longueuil (DASH-L)

Daniel Favron, professeur, école de pilotage Air Richelieu, Saint-Hubert

Marion Hoyer, Environmental scientist, Office of Transportation and Air Quality, US Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI

Meredith Pedde, Environmental scientist, Office of Transportation and Air Quality, US Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI

Michel Villeneuve, directeur, NAV Canada Transportation Statistics/Statistiques des transports, NAV Canada

Jacinthe Larochelle, coordonnatrice technique du laboratoire, Centre de toxicologie du Québec

Mathieu Valcke, Ph. D., toxicologue, conseiller scientifique et responsable de l'équipe scientifique sur les risques toxicologiques, INSPQ

Élisabeth Lajoie, MD, M.Sc., FRCPC, médecin-conseil, équipe de santé au travail, DSP de la Montérégie

## **Liste des sigles et acronymes**

CDC	Center for Disease Control, États-Unis
DSP	Direction de santé publique de la Montérégie
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
US EPA	US Environmental Protection Agency
Pb	Plomb
QI	Quotient intellectuel

Le genre masculin utilisé dans ce document désigne aussi bien les femmes que les hommes.  
Toute reproduction, partielle ou intégrale, de ce document est autorisée et conditionnelle à la mention de la source.

## Résumé

En juin 2012, deux publications ont attiré l'attention de la Directrice de santé publique de la Montérégie. Un rapport de Santé Canada indiquait que les activités d'aviation contribuaient à l'émission d'une quantité non négligeable de plomb atmosphérique et des chercheurs américains mettaient en évidence la contribution du plomb contenu dans l'essence d'aviation (avgas) sur les concentrations sanguines de plomb chez les enfants. Ces résultats ainsi que des demandes provenant des citoyens de Neuville et de la mairesse de Longueuil ont incité la Direction de santé publique (DSP) à réaliser une analyse de risque pour évaluer la pertinence de procéder à des plombémies chez les personnes (plus particulièrement les enfants) vivant à proximité de l'aéroport de Saint-Hubert.

Les données de la littérature récente semblent indiquer que le plomb peut causer des effets sur la santé même à de faibles doses d'exposition. Les scientifiques questionnent actuellement l'existence d'un seuil sans danger, particulièrement en ce qui concerne la neurotoxicité pour le développement. Les enfants en bas âge constituent le groupe le plus vulnérable.

Au Québec, il existe peu de données sur les concentrations sanguines de plomb chez les enfants et à notre connaissance, il n'existe pas de données sur les niveaux environnementaux de plomb à proximité d'un aéroport, à l'exception d'une mesure dans l'air prise sur le site de l'aéroport de Saint-Hubert.

En absence de portrait environnemental exhaustif et de données biologiques en lien avec l'aéroport de Saint-Hubert, l'exposition a été estimée essentiellement à partir de données disponibles dans la littérature. Les résultats de deux études menées sur les sites et dans les voisinages de deux aéroports montrent que les concentrations environnementales moyennes de plomb se situent en dessous des normes américaines et québécoises. Étant donné que le niveau d'activité d'aviation dans ces deux aéroports est du même ordre de grandeur que celui rapporté à l'aéroport de Saint-Hubert, il est donc vraisemblable qu'à proximité de ce dernier, les concentrations de plomb dans les différents milieux (air, sol et poussières) soient également très faibles. Concernant l'analyse des données biologiques, il est raisonnable de penser que la contribution du plomb issu des activités d'aviation soit limitée. Lorsque la variation de plombémie attendue est rapportée à l'effet critique retenu (diminution du quotient intellectuel (QI) chez les enfants), l'augmentation du plomb sanguin imputable aux activités aéroportuaires serait comprise entre 0,04 et 0,06 µg/dl et se refléterait par une baisse de QI de 0,04 à 0,06 point chez les enfants vivant à proximité de l'aéroport. Cette amplitude de baisse du QI serait difficile à mettre en évidence tant au niveau individuel que populationnel et ne serait probablement pas reliée à des effets cliniquement observables.

À la lumière de cette analyse, les données ne semblent pas militer pas en faveur de mesures biologiques de plomb chez les enfants résidant à proximité de l'aéroport de Saint-Hubert.

## Table des matières

Résumé.....	3
Introduction .....	5
1 Identification du danger lié à l'exposition au plomb et caractérisation toxicologique de ce contaminant .....	6
2 Estimation de l'exposition .....	8
2.1 Démarche .....	8
2.1.1 Analyse des données environnementales.....	9
2.1.2 Analyse des données biologiques.....	10
2.1.3 Lien entre les concentrations atmosphériques et sanguines .....	11
3 Estimation du risque pour la santé.....	12
4 Discussion .....	13
Conclusion .....	13
Recommandations de la santé publique .....	14
Annexes .....	17

## Introduction

### Contexte

En juin 2012, deux publications ont attiré l'attention de la Directrice de santé publique de la Montérégie sur les risques d'exposition au plomb pour une population vivant à proximité d'un aéroport. D'une part, la proposition de Stratégie de gestion des risques pour le plomb de Santé Canada (2011a) indique qu'une quantité non négligeable de plomb atmosphérique est émise annuellement par les activités d'aviation (~17 %). D'autre part, l'étude sur les impacts de l'essence d'aviation (avgas) conduite par Miranda et ses collaborateurs (2011) a révélé des résultats de plombémie en moyenne plus élevés de 4,4 % pour des enfants demeurant à moins de 500 m d'un aéroport comparativement à ceux qui habitent plus loin. Par la suite, deux demandes en lien avec la problématique du plomb provenant d'activités aéroportuaires ont été reçues par deux directions de santé publique. Les citoyens de Neuville ont interpellé la direction régionale de santé publique de la Capitale-Nationale tandis que les citoyens de Saint-Hubert et la mairesse de Longueuil ont sollicité la DSP de la Montérégie. Dans les deux cas, les craintes exprimées concernaient les risques pour la santé de la population résidant près d'un aéroport en lien avec l'exposition au plomb.

Au Québec, à l'exception de quelques études (INSPQ, 2004; St-Laurent, Levallois, Gauvin, Courteau, & Fontaine-Séguin, 2012), il existe peu de données sur les concentrations sanguines de plomb (plombémie), particulièrement chez les enfants. Concernant les mesures environnementales, il semble que les seules données disponibles de plomb en lien avec les aéroports québécois proviennent de l'étude sur la qualité de l'air ambiant près de l'aéroport de Saint-Hubert (Dessau, 2009).

C'est dans ce contexte que la DSP de la Montérégie propose la présente analyse de risque pour évaluer la pertinence de procéder à des plombémies chez les personnes (plus particulièrement les enfants) vivant à proximité d'un aéroport. L'exercice est effectué dans le contexte particulier de l'aéroport de Saint-Hubert.

### Démarche

En s'inspirant des lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec (INSPQ, 2012), les étapes de cette analyse sont les suivantes :

1. Identification du danger et caractérisation toxicologique du plomb
2. Estimation de l'exposition
3. Estimation du risque
4. Recommandations

## 1 Identification du danger lié à l'exposition au plomb et caractérisation toxicologique de ce contaminant

Au Canada, la diminution des émissions de plomb d'environ 99 % entre 1970 et 2009 a été accompagnée d'une baisse importante des plombémies au sein de la population. Malgré ces efforts de réduction de l'exposition, en 2010-2011, le transport aérien était responsable de près de 17 % des émissions atmosphériques de plomb au Canada et de 9 % au Québec (Environnement Canada, 2012). Dans la province de Québec, ce pourcentage correspond approximativement à 8 200 kg de plomb émis annuellement. Le plomb atmosphérique provient en partie des avions à moteurs à piston (qu'ils soient monomoteur ou bimoteur) qui fonctionnent avec du carburant nommé avgas (pour aviation gasoline) contenant du tétraéthyle de plomb (Santé Canada, 2011a, 2011b) qui n'est pas soumis à l'interdiction du plomb dans l'essence (Canada, 1999). La combustion de ce carburant libère de fines particules de plomb dans l'atmosphère. Il existe plusieurs types d'avgas dont la concentration en plomb varie de 0,14 à 1,12 g Pb/l. À l'aéroport de Saint-Hubert, l'avgas 100LL (LL pour low lead), carburant à faible teneur en plomb, est principalement utilisé. La concentration en plomb mesurée dans l'avgas 100LL atteint au maximum 0,56 g Pb/l.

Au cours des dernières années, le trafic des petits avions à piston qui survolent la région de l'aéroport de Saint-Hubert, surtout en période estivale, s'est fortement intensifié<sup>1</sup>. NAV CANADA<sup>2</sup> y a enregistré un nombre total de 165 353 mouvements en 2011. Les trois années précédentes, le nombre total de mouvements annuels dépassait 185 000.

Le questionnement concernant les effets du plomb sur la santé est pertinent étant donné que les données de la littérature récente semblent mettre en doute, contrairement à ce qui était généralement admis, l'existence d'un seuil pour l'apparition des effets à la santé (Betts, 2012; Santé Canada, 2013). Les scientifiques questionnent actuellement l'existence d'un seuil sans danger, particulièrement en ce qui concerne la neurotoxicité pour le développement (Casarett, Doull, & Klaassen, 2008; Lauwerys, 2007; Santé Canada, 2011a, 2011b).

### Les effets chroniques de l'exposition au plomb

Plusieurs études sur les effets chroniques du plomb sur la santé ont été réalisées ces dernières années amenant des organismes internationaux (ATSDR, 2007; Betts, 2012; Santé Canada, 2011b, 2013; US EPA, 2012) à publier et à mettre à jour des documents présentant des analyses détaillées sur le sujet.

Les effets de l'exposition au plomb sur le développement neurologique des nourrissons et des enfants constituent l'effet critique sur la santé identifié dans ces études. Des effets sur la fonction neuromotrice, la baisse de rendement scolaire, le comportement délinquant et antisocial, l'atteinte de l'attention et des fonctions exécutives, comme des problèmes d'adaptation à des situations nouvelles, sont les plus fréquemment rapportés (Betts, 2012; Santé Canada, 2011b). Quelques études montrent également que certains de ces effets semblent être persistants dans le temps, au moins jusqu'à la fin de l'adolescence (Fergusson, Malecky, & Simpson, 1997). D'après Santé Canada (2011b), plusieurs études tendent vers une

---

1. En moyenne, un avion est recensé toutes les trois minutes, entre 7 h et 23 h la semaine et entre 7 h et 18 h la fin de semaine ce qui se traduit par 800 à 1 200 mouvements aériens quotidiens en période d'achalandage.

2. Société du secteur privé qui possède et exploite le système de navigation aérienne civile au Canada (<http://www.navcanada.ca/>).

forte probabilité d'apparition d'effets neurotoxiques sur le développement liés à l'exposition au plomb à des concentrations inférieures à 10 µg/dl (soit 0,48 µmol/l). La baisse des résultats au test de QI semble le paramètre le plus sensible, le plus étudié et pour lequel la relation causale est la plus solide (Santé Canada 2011b). La méta-analyse de Lanphear et ses collaborateurs (2005) est l'étude qui caractérise le mieux la relation entre les plombémies <10 µg/dl (0,48 µmol/l) et la baisse du QI. Cette analyse combine les données de sept études longitudinales et porte sur 1 333 enfants suivis depuis la naissance ou la petite enfance jusqu'à l'âge de 5 à 10 ans.

Outre les effets sur le développement neurologique cités plus haut, l'exposition au plomb peut avoir d'autres conséquences sur la santé, dont les plus importantes sont résumées au tableau 1.

**Tableau 1 : Effets du plomb sur la santé selon le niveau de plombémie**

Système/Fonction	Effet à la santé	Plombémie
Neurologique	encéphalopathie	100-120 µg/dl (adultes) 70 à 100 µg/dl (enfants)
	effets neurocomportementaux et neuropsychologiques	40-80 µg/dl (adulte)
	neuropathie périphérique	40 µg/dl
	effet cognitif et neurocomportemental	<10 µg/dl (enfants)
Gastro-intestinales	coliques chez les enfants	60-100 µg/dl
Reproducteur	réduction de la fertilité	>40 µg/dl
Rénal	diminution de la filtration glomérulaire	<20 µg/dl
Cardiovasculaire	tension artérielle élevée	<10 µg/dl
Hématologique	diminution de l'activité de plusieurs enzymes de biosynthèse de l'hème	<10 µg/dl

Adapté de l'ADTSDR 2007.

Rappel : Seuil MADO actuel au Québec = 10 µg/dl, soit 0,48 µmol/l.

### Les enfants en bas âge : le groupe le plus vulnérable

La susceptibilité plus grande des enfants à des menaces environnementales est liée à leur développement rapide, impliquant les aspects physiologiques, métaboliques et comportementaux. Les nourrissons et les enfants en développement sont plus susceptibles que les adultes de subir les effets toxiques du plomb à cause d'une absorption gastro-intestinale plus élevée et d'une excrétion rénale moins efficace. L'exposition des enfants peut également être augmentée à cause de leurs besoins physiologiques plus importants en alimentation, en eau et en air inspiré, ce qui se traduit par un taux de contact par unité de poids corporel plus important que les adultes. Ils sont également plus à risque en raison de leurs comportements différents de ceux des adultes. En effet, une part importante de l'exposition peut résulter des comportements « main-bouche » et de l'ingestion de terre ou de poussières par les enfants tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du domicile<sup>3</sup>. Pour toutes ces raisons, les enfants semblent être un groupe de population vulnérable au plomb.

---

3. Les mouvements de migration ont pour conséquence de transférer une partie du plomb environnemental (présent à l'extérieur dans le sol et les poussières) à l'intérieur des résidences. Les habitudes tabagiques à l'intérieur du domicile peuvent également constituer une source d'exposition au plomb).

## Caractérisation des propriétés toxicologiques du plomb

Le plomb est omniprésent dans l'environnement et est issu en grande partie des activités humaines. Les principales sources de l'exposition humaine sont la poussière, la terre ainsi que les aliments et l'eau consommés. D'autres facteurs peuvent également contribuer à l'exposition au plomb, tels que l'utilisation de divers produits domestiques et commerciaux contenant du plomb (ex. : bijoux de fantaisie, jouets, cristal au plomb, vitrail, munitions au plomb, plombs de pêche, etc.), d'anciens bâtiments contenant de la peinture à base de plomb et le tabagisme (Santé Canada, 2011a).

L'exposition au plomb inorganique se fait principalement par voies respiratoires et digestives, alors que l'absorption cutanée est négligeable. L'absorption par les voies digestives est plus élevée chez les enfants que chez les adultes. En effet, les adultes absorbent 3 à 10 % du plomb présent dans les aliments qu'ils ingèrent, alors que cette proportion peut atteindre jusqu'à 50 % chez les enfants (Santé Canada, 2011a). À l'état d'équilibre, le plomb est majoritairement stocké dans les os, alors que le plomb sanguin ne représente que 1 % à 2 % de la charge corporelle totale. Le plomb stocké dans les os ne produit pas d'effet toxique direct. Cependant, il est relargué dans le sang avec une demi-vie comprise entre 10 et 30 ans. Certaines conditions physiologiques ou pathologiques peuvent accentuer le transfert du plomb vers le sang et ainsi constituer une source d'exposition endogène. Enfin, l'excrétion du plomb est principalement urinaire et fécale (ATSDR, 2007). En référence aux nouvelles connaissances sur les effets du plomb à faible concentration, plusieurs normes et valeurs toxicologiques de référence ont été changées ou sont en révision. Les valeurs de référence des différents organismes nationaux et internationaux (Santé Canada, OMS, US EPA, CDC, etc.) sont résumées en annexe (Annexe 1).

## 2 Estimation de l'exposition

### 2.1 Démarche

En absence d'un portrait exhaustif des concentrations de plomb dans l'air, le sol et les poussières près de l'aéroport de Saint-Hubert, deux méthodes ont été utilisées afin d'estimer l'exposition à partir de données disponibles dans la littérature. La première méthode repose sur l'estimation de l'exposition à partir des données environnementales. En effet, en plus des données sur la qualité de l'air à proximité de l'aéroport de Saint-Hubert, cette approche consiste à comparer le niveau d'activités aéroportuaires de l'aéroport de Saint-Hubert avec celui de deux autres aéroports pour lesquels les concentrations de plomb mesurées dans l'air, le sol et les poussières sont publiées. La deuxième méthode vise à estimer la contribution théorique des activités aéroportuaires sur les plombémies des enfants vivant à proximité de l'aéroport de Saint-Hubert par comparaison avec les résultats de l'étude réalisée en Caroline du Nord (Miranda et al., 2011).



### 2.1.1 Analyse des données environnementales

À la demande de la ville de Longueuil, Dessau inc. a réalisé en 2009, parallèlement à une analyse de bruit, une étude sur la qualité de l'air ambiant près de l'aéroport de Saint-Hubert. Dans cette étude, l'échantillonnage des polluants a été réalisé par la firme EXOVA pendant 24 heures du 27 au 28 août 2009 (de 18 h à 18 h) à deux postes de mesure : l'un représente le secteur le plus affecté par les activités de l'aéroport et l'autre est situé dans une zone de référence (loin de l'aéroport). Les conditions météorologiques (vents faibles et temps ensoleillé) ne favorisaient pas la dispersion du plomb dans l'atmosphère et les activités de l'aéroport étaient représentatives d'une journée normale (841 mouvements le 27 août et 1 105 mouvements le 28 août). Dans cette étude, les concentrations de plomb dans l'air étaient inférieures aux limites de détection de la méthode d'analyse de laboratoire ( $<0,00024 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Pour compléter l'estimation de l'exposition, les données environnementales de plomb émis sur les sites et dans les environs résidentiels de deux aéroports, soit l'aéroport de Santa Monica aux États-Unis et l'aéroport de Toronto-Buttonville au Canada (voir Annexe 2 pour les détails de ces deux études) ont également été considérées. Dans ces deux aéroports, les avions à piston qui carburent à l'avgas sont très nombreux. Le nombre de mouvements totaux et locaux de chacun des aéroports, respectivement 153 268 et 75 531 mouvements pour Toronto-Buttonville en 2000, 111 688 et 95 830 mouvements pour Santa Monica en 2009<sup>4</sup> et 165 353 et 88 184 mouvements pour Saint-Hubert en 2011, permet d'assurer la comparabilité de ces installations aéroportuaires ainsi que des estimations de plomb imputables aux activités d'avions à piston, sur lesquelles s'appuie l'analyse. L'ensemble des détails méthodologiques reliés à cette comparaison est décrit en annexe (voir les annexes 3 et 4).

L'aéroport de Santa Monica, situé dans le comté de Los Angeles, est l'aéroport à une seule piste le plus achalandé des États-Unis, et 6 500 personnes vivent à l'intérieur d'un rayon de 500 m de cet aéroport. L'étude de surveillance et de modélisation du plomb provenant de la combustion de l'avgas a été réalisée par l'US EPA pour Santa Monica (US EPA, 2010). Seules les mesures de plomb dans l'air, le sol et les poussières échantillonnées en 2009 (et non celles modélisées) ont été retenues dans l'analyse.

Quant à Toronto-Buttonville, il s'agit d'un aéroport canadien comparable à celui de Saint-Hubert. L'étude de Buttonville, réalisée pour Environnement Canada en 2000, visait à échantillonner le sol ainsi que les particules atmosphériques ( $\text{PM}_{2,5}$  et  $\text{PM}_{10}$ ) à l'extrémité de quatre pistes et aux alentours de l'aéroport (sites exposés), ces échantillons étaient comparés avec ceux d'un site témoin au centre-ville de Toronto (10 km plus loin).

Les résultats des deux études, résumés au tableau 2, montrent que les concentrations moyennes de plomb dans l'air et dans le sol mesurées à Toronto-Buttonville et à Santa Monica se situaient en dessous des normes américaines et québécoises de qualité de l'air et de sol résidentiel. Toutefois, à Toronto-Buttonville, les concentrations mesurées dans l'air des sites exposés à l'aéroport se sont avérées environ 4 fois plus élevées que dans le site témoin. À Santa Monica, parmi les 18 échantillons de poussières, une seule mesure se situait au-delà de la norme de l'US EPA pour le plomb dans les poussières sur les rebords intérieurs des fenêtres.

---

4. Ces années de référence pour Toronto-Buttonville et Santa Monica correspondent aux années pour lesquelles les données environnementales sont disponibles.

**Tableau 2 : Résumé des résultats des mesures environnementales de plomb des aéroports de Toronto-Buttonville, Santa Monica et Saint-Hubert**

Aéroport	Concentrations environnementales de plomb				
	Air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Moyenne arithmétique Min – Max (n)		Sol ( $\mu\text{g}/\text{g}$ ) Moyenne arithmétique Min – Max (n)		Poussières ( $\mu\text{g}/\text{pi}^2$ ) Min – Max (n)
Toronto-Buttonville (2000)*	Sites exposés : PM <sub>2,5</sub> : 0,0283 0,000 – 0,309 (40)  PM <sub>10</sub> : 0,0295 0,000 – 0,302 (40)	Site témoin : PM <sub>2,5</sub> : 0,0073 0,001 – 0,018 (10)  PM <sub>10</sub> : 0,0067 0,000 – 0,012 (10)	Sites exposés : 33,28 20,7 – 60,9 (8)**	Site témoin : 30,33 28,7 – 32,5 (2)	Non mesuré
Santa Monica (2009)***	Hiver : 0,043 <LD – 0,099 (43)  Été : 0,036 <LD – 0,079 (28)		55,88 9,4 – 150 (14)		<1,0 – 684 (18)
Saint-Hubert (2009)	Site exposé <0,00024****	Site témoin : <0,00023****	Non mesuré		Non mesuré
Norme	US EPA : 0,15 Québec : 0,1 (annuel)		US EPA : 400 (aires de jeu) et 1200 (hors aires de jeu) Canada : 140 Québec : 500 (critère B)		US EPA : 250 (rebords de fenêtre)

\*Les concentrations de plomb dans l'air correspondent au plomb associé aux particules fines de 2,5 et 10  $\mu\text{m}$  de diamètre (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>).

\*\* Les prélèvements de sol ont été réalisés en triplicata dans quatre sites exposés et un site témoin.

\*\*\* L'étude de Santa Monica ne présente pas les moyennes arithmétiques, elles ont été recalculées à partir des données brutes.

\*\*\*\* À Saint-Hubert, la concentration de plomb dans l'air est inférieure à la limite de détection de la méthode d'analyse de laboratoire.

**Note** : LD : limite de détection; pi<sup>2</sup> : pieds carrés.

### 2.1.2 Analyse des données biologiques

Outre les mesures environnementales, l'exposition au plomb peut être estimée à partir d'une mesure biologique, c'est-à-dire la plombémie. Selon l'étude américaine de Miranda et ses collaborateurs (2011), les plombémies moyennes des enfants (âgés de 9 mois à 7 ans) demeurant à moins de 500 m d'un aéroport où l'avgas est utilisé sont 4,4 % plus élevées que ceux des enfants résidant plus loin. Par ailleurs, la plombémie moyenne mesurée dans cette étude étant de 3,88  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , l'augmentation de 4,4 % représenterait au maximum une différence 0,17  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomb dans le sang chez les enfants vivant à proximité d'un aéroport. Même si cette augmentation est significative sur le plan statistique, la signification clinique semble plus difficile à interpréter.

Bien que la surveillance biologique au plomb ne soit pas réalisée de façon systématique au Québec, les données disponibles semblent montrer que l'imprégnation populationnelle au plomb est plus faible au Québec et au Canada qu'aux États-Unis, et ce pour les adultes et les enfants. En effet, l'étude canadienne sur les mesures de santé (ECMS, de 2007 à 2009) rapporte une plombémie moyenne (moyenne géométrique (MG)) de 1,34  $\mu\text{g}/\text{dl}$  chez les Canadiens âgés 6 à 79 ans et de 0,90  $\mu\text{g}/\text{dl}$  dans le groupe d'âge de 6 à 11 ans (Bushnik et al., 2010). Au Québec, les données les plus récentes de plombémie chez des enfants âgés entre 1 et 5 ans proviennent d'une étude réalisée en 2009-2010 à Montréal (St-Laurent et al., 2012).

Malgré le fait que cette étude vise des enfants particulièrement à risque d'être exposés au plomb (habitant des résidences anciennes et consommant de l'eau du robinet), la plombémie moyenne (MG) s'élève à 1,35 µg/dl, ce qui est près de 3 fois inférieur à la plombémie moyenne rapportée par Miranda et collaborateurs (2011), plus de 7 fois inférieur au niveau d'intervention actuellement en vigueur au Québec (seuil MADDO de 10 µg/dl) et près de 4 fois inférieur à la valeur de référence du CDC la plus récente de 5 µg/dl basée sur le 97,5<sup>e</sup> percentile de la distribution des données de population (Betts, 2012). Dans le contexte de Saint-Hubert, selon le laboratoire du Centre de toxicologie du Québec, hormis un adulte exposé au plomb dans son milieu de travail, toutes les analyses de plombémie reçues pour la Montérégie se sont avérées bien en dessous du seuil MADDO (Jacinthe Larochelle, Centre de toxicologie du Québec, communication personnelle, 20 février 2013).

### **2.1.3 Lien entre les concentrations atmosphériques et sanguines**

Plusieurs études ont documenté la relation entre les concentrations de plomb atmosphériques et sanguines mesurées à l'équilibre (EFSA, 2010; OEHHA, 2001; US EPA, 1989, 2008a).

En 2008, l'US EPA propose une évaluation quantitative de risque lié au plomb dans l'air qui utilise plusieurs ratios air-sang, soit les valeurs de 1:3, 1:5 et 1:7 (US EPA, 2008a). En d'autres termes, ce ratio signifie que des concentrations atmosphériques de plomb de 0,1 µg/m<sup>3</sup> de plomb se traduiraient par des concentrations sanguines comprises entre 0,3 et 0,7 µg/dl.

De façon similaire, l'*Office of Environmental Health Hazard Assessment* de l'agence californienne de protection de l'environnement (Cal EPA) a déterminé des ratios air-sang pour le plomb correspondant à 1,8 µg/dl et 4,2 µg/dl pour 1µg/m<sup>3</sup>, respectivement pour les adultes et pour les enfants (OEHHA, 2001).

Ces données sont en accord avec celles de plusieurs autres organisations qui sont présentées et retenues dans le rapport de l'EFSA (2010). Celui-ci rapporte que l'augmentation de 1 µg/m<sup>3</sup> de plomb dans l'air ambiant augmenterait les plombémies de 1,64 µg/dl chez les adultes et 1,9 µg/dl chez les enfants (à l'état d'équilibre). Concernant le sol ou la poussière, des concentrations de 1000 mg Pb/kg augmenteraient les plombémies de 2 µg/dl. Finalement, l'ingestion additionnelle de 1 µg/j de plomb par la nourriture ou l'eau aurait un impact de 0,16 µg/dl et 0,04 µg/dl respectivement sur les plombémies des adultes et des enfants.

L'ensemble de ces données permet d'estimer une augmentation du plomb sanguin chez les enfants comprises entre 0,2 à 0,7 µg/dl lors d'une exposition à 0,1 µg/m<sup>3</sup> de plomb dans l'air. Lorsque ces ratios sont appliqués aux concentrations environnementales de plomb mesurées à proximité des aéroports (tableau 2), les augmentations de plombémies seraient alors comprises entre 0,0086 et 0,0301 µg/dl pour Santa Monica et 0,0056 et 0,0196 µg/dl pour Toronto-Buttonville.

### 3 Estimation du risque pour la santé

Habituellement, cette étape permet d'estimer le niveau de risque en mettant en relation les informations sur les caractéristiques toxicologiques du plomb avec les doses d'exposition. En l'absence de données exhaustives, la présente analyse de risque repose principalement sur une estimation du risque extrapolée à partir de la comparaison de données disponibles pour d'autres aéroports ayant des caractéristiques similaires à celui de Saint-Hubert ainsi que sur des données de plombémies connues chez les enfants. Les résultats des deux études environnementales réalisées à Santa Monica et à Toronto-Buttonville indiquent que les niveaux de plomb retrouvés dans l'air, le sol et les poussières des deux aéroports et dans le voisinage se situent en dessous des normes actuelles. Étant donné que le niveau d'activité d'aviation dans ces deux aéroports est du même ordre de grandeur que celui rapporté à l'aéroport de Saint-Hubert, il est donc vraisemblable qu'à proximité de ce dernier, les concentrations de plomb dans les différents milieux (air, sol et poussières) soient également très faibles. D'ailleurs, les résultats de l'étude de Dessau réalisée en 2009 concernant le plomb dans l'air semblent en accord avec ces constats.

Par ailleurs, il est également raisonnable de penser que la contribution du plomb issu des activités d'aviation serait très limitée, voire négligeable, sur les plombémies des enfants vivant à proximité. Si le facteur d'augmentation de plombémie de 4,4 % rapporté par Miranda et collaborateurs (2011) était appliqué aux niveaux de base mesurés chez les enfants québécois, l'augmentation du plomb sanguin imputable aux activités aéroportuaires serait alors comprise entre 0,04 et 0,06 µg/dl (4,4 % de 0,90 et 1,35 µg/dl). L'estimation de l'augmentation de la plombémie à partir des mesures environnementales et des ratios air-sang donne des résultats se situant dans le même ordre de grandeur (cf. section 2.1.3).

En termes d'effets à la santé, selon la méta-analyse de Lanphear et collaborateurs (2005), une augmentation de concentration sanguine de plomb de 7,6 µg/dl (de 2,4 à 10 µg/dl) est associée à une baisse approximative de 3,9 points de QI. Cela se traduit par une diminution moyenne de 0,5 point de QI pour chaque 1 µg/dl. Selon les travaux de l'EFSA (2010)<sup>5</sup>, l'effet sur le QI pourrait être plus limité (diminution d'un point de QI pour 12 µg/dl, soit 0,08 point de QI pour 1 µg/dl).

À partir de ces différentes estimations, le choix d'un scénario conservateur pour la santé montrerait qu'une augmentation de concentration sanguine de plomb de 1 µg/dl serait associée à une diminution de 1 point de QI. Lorsque cette relation est appliquée à l'aéroport de Saint-Hubert, l'effet potentiel attendu serait une baisse comprise entre 0,04 et 0,06 point de QI chez les enfants vivant à proximité de l'aéroport.

Cette amplitude de baisse du QI serait difficile à mettre en évidence tant au niveau individuel que populationnel et ne serait probablement pas reliée à des effets cliniquement observables.

---

5. L'EFSA a déterminé la concentration sanguine correspondant à un effet de diminution de 1 point de QI sur une échelle de 100.

#### 4 Discussion

Comme dans toute évaluation de risque, plusieurs limites et incertitudes persistent dans la présente analyse. La première incertitude concerne la comparabilité de l'aéroport de Saint-Hubert avec ceux de Santa Monica et de Toronto-Buttonville. En effet, outre le nombre de vols, la quantité d'avgas utilisée, le nombre et le type de petits avions à piston, plusieurs autres paramètres peuvent influencer les concentrations de plomb dans les divers compartiments environnementaux (ex. : le type d'activité, la variation saisonnière, la trajectoire, l'altitude, la fréquence de décollages, d'atterrissages, et le temps investi en démarrage et taxi au sol, la météo, la configuration des pistes, etc.).

La deuxième incertitude est en lien avec les concentrations de plomb réellement attribuables à l'aviation. Effectivement, dans les études de Santa Monica et de Toronto-Buttonville, plusieurs sources, dont la peinture, pourraient avoir contribué à l'accumulation de plomb particulièrement dans le sol et dans les poussières à proximité des aéroports.

Enfin, concernant la relation entre les plombémies et les résultats aux tests de QI, le degré d'association entre ces deux paramètres est différent d'une étude à l'autre témoignant de l'incertitude dans la quantification des effets retenus.

#### Conclusion

À la lumière des constats rapportés dans la section de l'estimation de risque, même si les scientifiques questionnent actuellement l'existence d'un seuil sans danger pour le plomb et même s'il est probable que la population habitant près d'un aéroport est plus exposée au plomb que celle qui réside plus loin, les données en notre possession ne semblent pas militer pas en faveur de mesure de plombémies.

En plus de l'absence de pertinence de telles mesures dans l'immédiat, des problèmes de faisabilité et d'éthique doivent également être considérés. En effet, une enquête par des plombémies nécessiterait une prise de sang auprès des enfants sélectionnés et pourrait générer une inquiétude des parents, alors que les résultats de plombémies ne justifieraient pas d'intervention.

Par ailleurs, le nombre d'enfants demeurant (ou fréquentant des garderies) à proximité de l'aéroport de Saint-Hubert et le faible taux de réponse attendu des parents pourraient affecter la puissance statistique de l'enquête et par le fait même, affecter les principes éthiques de bienfaisance et de non-malfaisance s'il devient impossible d'interpréter les résultats ou de démontrer la contribution de l'aéroport si elle existe. En effet, selon les données de 2007 et 2009, seulement 24 logements et une garderie sont répertoriés dans un rayon de 500 m de l'aéroport de Saint-Hubert (rayon dans lequel la population semble la plus exposée), (voir annexe 5).

Enfin, les plombémies ne reflètent pas la part de plomb strictement attribuable à l'aviation et plusieurs sources d'exposition et facteurs confondants peuvent coexister (plomb présent dans les canalisations, la peinture ou provenant d'autres activités).

## Recommandations de la santé publique

Dans l'état actuel des connaissances, la DSP de la Montérégie ne recommande pas à court terme de mesures biologiques de plomb chez les enfants demeurant à proximité de l'aéroport de Saint-Hubert.

Cependant, au fur et à mesure de l'évolution des connaissances, de la publication de données ou lors d'apparition d'éléments nouveaux ou préoccupants, la DSP pourra être amenée à réviser sa position. En particulier, en ce qui concerne les mesures environnementales, l'US EPA estime pouvoir se prononcer sur les dangers des émissions de plomb de moteurs d'avions à piston en 2015, lorsque des résultats supplémentaires de modélisation et de surveillance de plusieurs aéroports seront disponibles.

Par ailleurs, il est important d'encourager les bonnes pratiques de pilotage permettant de diminuer les émissions de plomb liées aux activités aéroportuaires (ex. : choix de trajectoire unique ou variée, gestion de la fréquence de posé-décollé et du temps nécessaire au démarrage, attente et taxi au sol, etc.).

Enfin, puisqu'au Québec, près de 90 % des émissions de plomb sont attribuables à d'autres sources que l'aviation, toute mesure préventive pouvant contribuer à la diminution d'exposition au plomb, quelle que soit sa source, est à encourager. Des gestes simples, appliqués au quotidien, peuvent amener à diminuer l'exposition des enfants.

## Bibliographie

- ATSDR. (2007). Toxicological profile for lead (update). Dans U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service & Agency for Toxic Substances and Disease Registry (dir.), (p. 582). Atlanta: ATSDR.
- Betts, K. S. (2012). CDC updates guidelines for children's lead exposure. *Environmental Health Perspectives*, 120(7), a268. doi: 10.1289/ehp.120-a268
- Bushnik, T., Haines, D., Levallois, P., Levesque, J., Oostdam, J. V., & Viau, C. (2010). Concentrations de plomb et de bisphenol A pour la population canadienne. *Rapports sur la santé*, 21(3), 1-14.
- Canada. (1999). Règlement sur l'essence DORS/90-247. Loi canadienne sur la protection de l'environnement.
- Casarett, L. J., Doull, J., & Klaassen, C. D. (2008). *Casarett and Doull's toxicology : the basic science of poisons*. (7th<sup>e</sup> éd.). New York ; Toronto: McGraw-Hill.
- Dessau. (2009). Étude sur la qualité de l'air ambiant près de l'aéroport de Saint-Hubert. Dans Rapport final préparé par Wafa Sakr (dir.).
- EFSA. (2010). Scientific Opinion on Lead in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA Journal*, 8(4), 1570.
- Environnement Canada. (2000). Airborne Particulate Matter, Lead and Manganese at Toronto-Buttonville Airport.
- Environnement Canada. (2012). Inventaire national des rejets de polluants (INRP)
- Fergusson, J. A., Malecky, G., & Simpson, E. (1997). Lead foreign body ingestion in children. *Journal of paediatrics and children health*, 33(6), 542-544.
- INSPQ. (2004). Étude sur l'établissement des valeurs de références d'éléments traces et de métaux dans le sang, le sérum et l'urine de la population de la grande région de Québec. Dans Direction toxicologie humaine (dir.), *Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels*.
- INSPQ. (2012). Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec. Dans Direction de la santé environnementale et de la toxicologie (dir.).
- Lanphear, B. P., Hornung, R., Khoury, J., Yolton, K., Baghurst, P., Bellinger, D. C., . . . Roberts, R. (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives*, 113(7), 894-899.
- Lauwerys, R. R. (2007). *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*. (5<sup>e</sup> éd.). Paris: Elsevier Masson.
- Miranda, M. L., Anthopolos, R., & Hastings, D. (2011). A geospatial analysis of the effects of aviation gasoline on childhood blood lead levels. *Environmental Health Perspectives*, 119(10), 1513-1516. doi: 10.1289/ehp.1003231
- OEHHA. (2001). Lead and Compounds. Dans Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). California Environmental Protection Agency (dir.), *Prioritization of Toxic Air Contaminants - Children's Environmental Health Protection Act*.

- Santé Canada. (2011a). Proposition de stratégie de gestion des risques pour le plomb (p. 60).
- Santé Canada. (2011b). Rapport provisoire sur l'état des connaissances scientifiques concernant les effets du plomb sur la santé humaine (p. 93).
- Santé Canada. (2013). Stratégie de gestion des risques pour le plomb.
- St-Laurent, J., Levallois, P., Gauvin, D., Courteau, M., & Fontaine-Séguin, N. (2012). La présence de plomb dans l'environnement résidentiel et son impact sur la plombémie de jeunes enfants à Montréal. *Bulletin d'information en santé environnementale*, 13.
- US EPA. (1989). Review of the National Ambient Air Quality Standards for Lead: Exposure Analysis Methodology and Validation. *OAQPS Staff Report, EPA-450/2-89-011*: Office of Air Quality, Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina.
- US EPA. (2008a). Chapter 5 - Benefits Analysis Approach and Results. *Regulatory Impact Analysis of the Proposed Revisions to the National Ambient Air Quality Standards*: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Health and Environmental Impact Division, Air Benefit-Cost Group, Research Triangle Park, North Carolina.
- US EPA. (2008b). Lead emissions from the use of leaded aviation gasoline in the United States. Technical Support Document.
- US EPA. (2010). Development and Evaluation of an Air Quality Modeling Approach for Lead Emissions from Piston-Engine Aircraft Operating on Leaded Aviation Gasoline.
- US EPA. (2012). Response to the 2006 Petition from Friends of the Earth Regarding Lead Emissions from Piston-Engine Aircraft (Vol. EPA-420-F-12-050, p. 2).



# Annexes

## ANNEXE 1

### Principales normes et valeurs toxicologiques de référence du plomb

Organisme	Compartment ou matrice biologique						Valeur toxicologique de référence
	Sang	Air	Sol	Poussières	Eau potable	Aliment	
Canada	Seuil d'intervention relatif à la concentration sanguine de plomb (10 µg/dl)	0,15 µg/m <sup>3</sup>	140 mg/kg				Dose journalière tolérable à l'étude (anciennement 0,29 µg/kg/j)
Québec	Seuil de déclaration MADQ de 10 µg/dl	0,1 µg/m <sup>3</sup>	A : 50 mg/kg B : 500 mg/kg C : 1000 mg/kg				
OMS		0,5 µg/m <sup>3*</sup>			0,01 mg/l**		Dose hebdomadaire tolérable de 25 µg/kg, soit 3,6 µg/kg/j (1995)
US EPA		1,5 µg/m <sup>3***</sup> abaissée à 0,15 µg/m <sup>3</sup> depuis 2008	<u>Aires de jeux</u> 400 mg/kg**** <u>Hors aires de jeux</u> 1 200 mg/kg****	Planchers résidentiels : 40 µg/pi <sup>2†</sup> Rebords intérieurs de fenêtres : 250 µg/pi <sup>2†</sup>			Dose de référence non déterminée (en discussion)
CDC (2012)	Pas de seuil sans effet						Aucun niveau sécuritaire d'exposition n'a été retenu. Il est recommandé d'utiliser une valeur de référence basée sur le 97,5 <sup>e</sup> percentile de la distribution des données de population générale (actuellement de 5 µg/dl soit 0,24 µmol/L) (2012)
OEHHA (2001)							Coefficient de cancérogénicité (inhalation) = 1,2 x 10 <sup>-5</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>
ATSDR (2007)	10 µg/dl						Le niveau de risque minimal (MRL) n'a pas été développé pour le plomb par absence de seuil identifié pour certains effets chez l'humain.
California PHG					0,0002 mg/l††		

Analyse des impacts potentiels des émissions de plomb  
provenant des activités de l'aéroport de Saint-Hubert sur la santé de la population vivant à proximité

Organisme	Compartiment ou matrice biologique						Valeur toxicologique de référence
	Sang	Air	Sol	Poussières	Eau potable	Aliment	
FDA (1996)							Dose journalière tolérable de plomb alimentaire de 6 µg pour les enfants de moins de 6 ans. Un apport quotidien de 6 µg devrait augmenter la plombémie d'environ 1 µg/dl.
IARC (2006)							Classification 2B pour le plomb (cancérogène possible pour l'humain (1987)) et 2A pour les composés de plomb inorganique (cancérogène probable pour l'humain (2006)) .

<sup>1</sup> Les valeurs A, B, C correspondent aux critères génériques pour les sols et pour les eaux souterraines, Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du ministère de l'Environnement du Québec ([http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/annexe\\_2\\_tableau\\_2.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/annexe_2_tableau_2.htm)) (consulté le 13 février 2013).

\*OMS 2000 cité dans ATSDR 2007 (Contrat No 200-2004-09793).

\*\*OMS 2004 cité dans ATSDR 2007 (Contrat No 200-2004-09793).

\*\*\*EPA 2005 b cité dans ATSDR 2007 (Contrat No 200-2004-09793).

†EPA 2001 cité dans EPA-420-R-10-007 (2010) et ATSDR 2007 (Contrat No 200-2004-09793).

††California Public Health Goals dans site web Office of Environmental Health Hazard Assessment. National Ambient Air Quality Standard (NAAQS).

## ANNEXE 2

### Surveillance des émissions de plomb atmosphériques aux États-Unis

En 1970, le Congrès américain adoptait le *Clean Air Act* et créait, peu après, l'*Environmental Protection Agency* (US EPA) qui s'est vu confier le mandat de réglementation pour réduire les émissions de polluants à l'échelle nationale. En 1978, l'Agence établissait le *National Ambient Air Quality Standard for lead* (norme de qualité de l'air pour le plomb révisée en novembre 2008), et en 1996, elle promulguait son bannissement d'essence au plomb pour les véhicules routiers motorisés. Une fois cette source éliminée, l'avgas apparaissait comme la plus importante source d'émissions de plomb atmosphérique aux États-Unis, contribuant à la moitié de l'inventaire national américain.

À la suite de la révision des plus récentes données scientifiques du « *Air Quality Criteria Document for Lead* » et de celles du CDC pour le plomb, l'organisation s'est souciée des effets potentiels pour la santé et l'environnement de l'exposition au plomb issu des émissions des moteurs d'aéronefs nécessitant l'avgas. En 2006, l'US EPA constatait le peu de données de surveillance et d'études de modélisation portant sur les quantités de plomb pouvant être générées par les aéroports desservis par des avions à piston carburant à l'avgas. Ainsi, l'aéroport de Santa Monica situé dans le comté de Los Angeles, fut identifié pour un suivi particulier car il répondait à deux des trois critères de suivi<sup>6</sup> définis pour l'inventaire national des émissions (NEI) établi depuis 2002 visant quelque 20 000 installations aéroportuaires américaines particulièrement ciblées. Le premier objectif de l'US EPA était de développer la méthodologie de modélisation et de monitoring des concentrations de plomb dans l'air (US EPA, 2013), en plus de documenter l'évaluation de l'impact local des émissions de plomb des avions à piston, à l'échelle nationale.

### Description de l'étude de Santa Monica

Santa Monica est l'aéroport à une seule piste le plus ancien et le plus achalandé des États-Unis. Il est entouré d'aires destinées au public et de résidences privées. Parmi les 6 500 personnes vivant très près (soit à l'intérieur d'un rayon de 0,5 km), plusieurs se plaignent du bruit, d'odeurs et des émissions de particules et de gaz et demandent si ces nuisances peuvent constituer des risques pour leur santé (US EPA - SCAQMD, 2010). C'est ainsi qu'en 2005, 2006-2007 et 2008-2009, l'US EPA y a mené des études pour quantifier l'exposition de la population au plomb atmosphérique issu des émissions des opérations aéroportuaires (nombre de mouvements moyen d'activités au sol et en vol) de base, et celles imputables aux avions à piston de l'aéroport de Santa Monica. Une caractérisation des diverses sources (avions à piston, anciennes émissions routières, sol, etc.), des mesures de plomb dans l'air, le sol et les poussières, et de la modélisation ont été réalisées pour déterminer la distribution des concentrations de plomb. La zone d'étude des sources de plomb était relativement large (>36 km<sup>2</sup>), alors que les émissions des avions à piston se concentraient à l'intérieur de 0,81 km<sup>2</sup> (US EPA, 2010).

D'abord, le **taux d'émissions de plomb pour les avions à piston** a été estimé à **118,6 kg/an** selon l'approche la plus récente de l'**inventaire national de l'US EPA** (2008 v3) pour la flotte d'aviation de Santa Monica, selon les types de moteurs et les temps réels de LTO.

Par la suite, des concentrations de plomb dans l'air (par spectrométrie de fluorescence) ont été mesurées à l'hiver et à l'été 2009. Au total, 43 données hivernales (concentration de plomb maximale : 99 ng/m<sup>3</sup>) et 28 données estivales (concentration max. de 79 ng/m<sup>3</sup>) ont été retenues. **Toutes les concentrations atmosphériques se trouvaient inférieures aux normes de l'OMS et à celles de l'US EPA** (2008), de 0,5 et 0,15 µg/m<sup>3</sup> (= 500 et 150 ng/m<sup>3</sup>), respectivement.

---

6. Les trois critères de suivi sont : aéroports produisant >0,5 tonne Pb/an; aéroports dont la configuration et la météo favorisaient une grande fréquence d'activités sur 1 ou 2 pistes; aéroports dont le point d'impact maximal d'émissions était situé à 150 m ou moins d'une zone d'air ambiant (respirable par la population de zones urbaines de 500 000 habitants et plus).

Au **site d'impact maximal** de l'aéroport, les concentrations en plomb se trouvaient 25 fois plus élevées que le niveau ambiant de plomb. Les résultats suggéraient que l'activité des avions à piston augmentait les teneurs en plomb dans les zones résidentielles adjacentes exposées aux vents dominants, y amenant des **valeurs 4 à 5 fois plus élevées que le niveau de fond**.

L'impact combiné de la direction du **vent** et la proximité d'une **route à grande circulation** a également été évalué. Les valeurs mesurées se situaient toutes en deçà du niveau ambiant de plomb (moyenne de 0,5 ng/m<sup>3</sup>; 0,004 µg/m<sup>3</sup> au printemps et 0,008 µg/m<sup>3</sup> en hiver). Ces résultats suggéraient une contribution probable d'autres sources de plomb que l'aviation, et contrairement aux différentes hypothèses émises, une faible contribution d'anciennes émissions de véhicules routiers.

Les concentrations de plomb dans le sol et les poussières ont été mesurées par ICP-MS au courant de l'été 2009 dans respectivement 14 et 18 échantillons prélevés sur le site de l'aéroport, près des résidences et des routes. Dans le **sol**, la concentration de plomb la plus élevée fut mesurée sur un terrain résidentiel et atteignait 150 mg/kg, demeurant bien en deçà de la norme de l'US EPA pour le plomb dans les sols résidentiels (400 mg/kg pour les sols des aires de jeu et 1 200 mg/kg pour les sols à autres usages).

Dans la **poussière** prélevée sur les rebords de fenêtres à l'intérieur des bâtiments, seulement 3 échantillons (résidences) sur les 18 présentaient des concentrations de plomb supérieures à la limite de détection : 65, 94, et 684 à µg/pi<sup>2</sup>, la dernière excédant la norme de l'US EPA pour le plomb, établie à 250 µg/pi<sup>2</sup>. Les auteurs conclurent que l'aviation pourrait avoir contribué à ces niveaux élevés, mais les résultats suggéraient que d'autres sources de plomb pouvaient être impliquées.

Le paramètre de **modélisation** qui a entraîné les changements les plus importants fut le temps de démarrage sur place en (impact le plus grand sur l'étendue spatiale de niveaux de concentration de plomb), suivi par la concentration de plomb dans l'essence, et de la proportion d'avions à plus d'un moteur (le temps de taxi au sol a eu peu d'influence). L'US EPA investigate davantage les émissions de plomb pour chaque période du cycle LTO, et pendant les posé-décollés.

Si les conditions météorologiques étaient à leur minimum de stabilité (brassage et turbulence favorisant la dispersion aérienne) **durant l'été, les concentrations de plomb, elles, atteignaient leur pic**. La persistance du **vent** et son orientation auraient un rôle déterminant sur la concentration maximale des particules de plomb. Yin et collaborateurs (2000) ont d'ailleurs corroboré la plus grande concentration de plomb dans le sol et les poussières ainsi que dans le sang durant les mois d'été.

De cette étude, l'US EPA suggéra que les concentrations atmosphériques ambiantes de plomb à des aéroports similaires, où l'activité des avions à piston de plus d'un moteur est supérieure à celle de Santa Monica, pourraient voir leur concentration atmosphérique en plomb atteindre, et même dépasser le seuil établi de 0,15 µg/m<sup>3</sup>. Les résultats de modélisation révélaient d'importants pics de concentrations de plomb horaires, dues à l'activité des avions à piston ou aux conditions météo. Une caractérisation correcte de ces périodes de pointe est aussi critique que la météo et devrait se faire tant sur une base quotidienne que saisonnière.

## Description de l'étude de Toronto-Buttonville

L'étude de l'aéroport de Toronto-Buttonville (Environnement Canada, 2000) a été réalisée par *Conor Pacific Environmental Technologies Inc.* pour Environnement Canada en 2000. Il s'agit d'un aéroport canadien comparable à celui de Saint-Hubert. Ces deux derniers se trouvaient dans le haut du classement en termes d'importance d'activité aéroportuaire, au fil des mois et des ans. L'aéroport de Toronto-Buttonville offre des services de vols récréatifs, accueille des jets, assure les services aériens d'urgence aux communautés avoisinantes et comporte trois écoles de pilotage<sup>7</sup>.

Au moment de l'étude, cet aéroport situé près de Toronto comptait le même nombre de mouvements d'avions (dont un grand nombre de petits avions à piston carburant à l'avgas) que l'aéroport de Saint-Hubert en 2012. L'étude, réalisée sur une période de dix jours, visait à échantillonner le sol ainsi que les particules atmosphériques (PM<sub>2,5</sub> et <sub>10</sub>) à l'extrémité de quatre pistes et à comparer ces échantillons avec ceux d'un site témoin au centre-ville de Toronto (10 km plus loin). Les mesures de plomb des fractions de fines particules atmosphériques et dans le sol ont été réalisées du 24 mars au 3 avril 2000, sur 50 échantillons d'air et 10 échantillons de sol (analysés en triplicata).

Dans le sol, les valeurs de plomb des échantillons furent similaires pour les sites d'aéroport (de 20,7 µg/g à 60,9 µg/g, moyenne arithmétique de 33,28 µg/g), et témoin (de 29±0,7 à 31±1,1 µg/g), quoiqu'un peu élevées que les niveaux de plomb mesurés dans la croûte terrestre, ce qui pourrait s'expliquer par la teneur résiduelle d'une utilisation antérieure d'essence au plomb par les véhicules routiers.

La concentration maximale de plomb associé aux particules atmosphériques PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> mesurée pour 24 h fut de 0,13 µg/m<sup>3</sup> (onze fois supérieure à celle de la ville de Toronto : 0,007µg/m<sup>3</sup>) et la concentration moyenne de 0,03 µg/m<sup>3</sup>. Le contenu en manganèse s'est avéré identique pour toutes les particules fines; celui en plomb, plus variable et davantage concentré aux particules de 10 µm, constituait 0,15 % de leur masse totale (comparativement à 0,04 % à Toronto). Tous les résultats furent en deçà des valeurs de référence et lignes directrices (Ontario, Canada, US EPA et OMS). Les concentrations plus élevées en bout de piste que celles retrouvées dans les zones non exposées suggéraient que l'utilisation de l'avgas à l'aéroport pouvait contribuer à augmenter localement le niveau de plomb atmosphérique.

---

7. 3 000 pilotes internationaux et locaux ont été formés dans cet aéroport au cours des cinq dernières années.

### ANNEXE 3

#### Nombre de mouvements totaux et locaux selon les années de référence et l'aéroport considéré

Aéroport	Type et nombres de mouvements aériens				Annuels
	Type	Juin	Juillet	Août	
Toronto-Buttonville (2000)	mvts totaux	14 898	15 546	14 620	136 575 (2011) 164 976 (2010) 163 994 (2008) <b>153 268 (2000)</b>
	mvts locaux (piston)	7 512	7 974	6 858	75 351 (2011) 98 039 (2010) 83 993 (2008) <b>75 531 (2000)</b>
Santa Monica (2009)	mvts totaux	7 126 (2010) 9 112 (2009)	7 155 (2010) 9 572 (2012)	8 271 (2010) 9 762 (2012)	110 694 (2011) 104 950 (2010) <b>111 688 (2009)</b>
	mvts locaux (piston)	3 806 (2009)	3 372 (2012)	3 323 (2012)	94 719 (2011) 89 779 (2010) <b>95 830 (2009)</b>
Saint-Hubert (2012)	mvts totaux	14 313	15 342	12 960	165 353 (2011)
	mvts locaux (piston)	7 168	7 692	6 288	88 184 (2011)

**Notes :** Les chiffres entre parenthèses représentent les années de référence. Mvts = mouvements. Il s'agit ici de mouvements totaux. Les statistiques annuelles précises de 2012 pas encore disponibles.

Un cycle LTO = *landing - take off* (ou posé-décollé) équivaut à deux mouvements des avions à piston (soit l'atterrissage, soit le décollage), qui sont enregistrés séparément par NAV Canada.

Comme l'étude d'Environnement Canada a été réalisée en 2000 à Buttonville, cette année a été retenue comme année de référence. À titre de comparaison avec Saint-Hubert en 2012, l'aéroport de **Toronto-Buttonville** a enregistré **10 136** mouvements locaux (avions à piston) en **juin 2012** (1<sup>re</sup> place au Canada pour les activités des avions à piston), **9 890 en juillet 2012** (3<sup>e</sup>) et **8 092 en août 2012** (3<sup>e</sup>).

Généralement, le nombre mensuel de mouvements totaux et locaux à l'aéroport de Toronto-Buttonville dépasse celui de Saint-Hubert, en période estivale (juin, juillet et août 2012). Une tendance inverse s'observe en hiver (<http://www.statcan.gc.ca/pub/51-209-x/2012001/t009-fra.pdf>)

#### Prise en compte des hélicoptères dans les mouvements locaux :

Santa Monica: les mouvements d'hélicoptères comptent approximativement pour 2 795, soit 2 % du nombre total des mouvements en 2011,

Toronto-Buttonville : les mouvements d'hélicoptères sont passés d'approximativement 6 300, soit 8 % (années 2007-09) à 3 191, soit 3 % en 2010 et 3 139, soit 4 % en 2011,

Montréal Saint-Hubert : les mouvements d'hélicoptères sont passés d'approximativement 6 300, soit 7,7 % (années 2007-2009) à 3 953 en 2010 (2 %) et 3 077 (1,8 %) en 2011.

#### Comparaison annuelle du nombre de mouvements totaux et locaux (majoritairement des avions à piston) des trois aéroports

Année	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Nb mouvements/an											
Santa Monica, CA	Totaux	151 499	142 859	135 300	133 904	136 949	127 036	123 038	111,688	104,950	110 694
	Piston	132 356	123 611	113 999	112 422	115 207	105 331	104 124	95,830	89,779	94 719
Buttonville, Toronto	Totaux	153 039	143 998	148 965	147 705	146 772	168 258	163 994	154 702	164 976	136 575
	Piston locaux	73 491	67 293	73 228	73 314	71 102	87 027	83 993	74 636	98 039	75 351
Montréal-Saint-Hubert	Totaux	170 185	178 561	167 620	128 878	138 938	149 910	188 369	199 045	188 371	165 353
	Piston locaux	88 257	94 331	84 188	62 099	74 923	81 858	105 951	109 085	103 070	88 184

## ANNEXE 4

### Estimation d'émissions atmosphériques de plomb à l'aéroport de Saint-Hubert

Cette méthode, développée pour estimer l'exposition au plomb émis par les activités aéroportuaires à Saint-Hubert, s'inspire des travaux réalisés par l'US EPA (calculs de l'inventaire national des émissions de plomb (US EPA, 2008b)).

À partir des volumes d'avgas utilisés, du nombre de mouvements de petits avions dans chaque aéroport et de la consommation d'avgas nécessaire pour un mouvement, trois scénarios différents ont été établis pour permettre l'estimation des émissions de plomb : le premier scénario est basé uniquement sur le volume d'avgas vendu par l'aéroport; le second repose sur le nombre annuel de mouvements aériens effectués, alors que le troisième considère le nombre de mouvements et la consommation de carburant par mouvement, tels que documentés par les écoles de pilotage. Les étapes sont décrites ci-dessous et les détails des calculs se trouvent à la suite.

Dans les trois scénarios proposés, le facteur correctif utilisé (0,95) est celui proposé par l'US EPA et tient compte de la quantité de plomb qui est retenu dans le moteur des avions, soit 5 %.

#### Scénario 1 : Estimation des émissions de plomb à partir du volume d'avgas vendu par l'aéroport

La première méthode d'estimation proposée par l'US EPA se base sur les volumes d'avgas vendus dans les aéroports. À l'aéroport Saint-Hubert en 2011 il s'est vendu approximativement 1 272 000 litres d'avgas 100LL, soit 336 027 gallons US ( $1\ 272\ 000 \div 3,785411784 = 336\ 027$  gallons US)<sup>8</sup>. Il s'agit du nombre de litres vendus et non de litres strictement utilisés par les avions stationnés à l'aéroport. Une partie de ce volume est utilisé par les avions itinérants qui ne font que se ravitailler et repartent (donc fractions atterrissage et taxi, puis taxi et décollage du cycle LTO, sans boucler de circuit), ce qui pourrait entraîner une surestimation des émissions de plomb.

Considérant la concentration maximale de plomb dans l'avgas 100LL de 0,56 g/l (ou 2,12 g/gallon US), la quantité de plomb émise par la combustion de l'avgas est donc estimée à **0,677 tonne/an**, ou 0,7 tonne US/an (voir équation ci-dessous). Cette estimation surestime fortement la véritable utilisation d'avgas par les avions à piston de la flotte de l'aéroport de Saint-Hubert, car elle considère le volume d'avgas utilisé par les avions à piston qui n'effectuent pas des vols locaux, mais qui sont seulement en transit.

L'équation utilisée pour l'estimation est celle proposée par l'US EPA (2008b) :



## Scénario 2 : Estimation des émissions de plomb à partir du nombre annuel de mouvements aérien des avions à piston

Le second scénario permet une estimation plus précise en considérant le nombre de mouvements locaux effectués dans chaque aéroport. Ces mouvements locaux correspondent soit à un décollage, soit à un atterrissage du « cycle LTO » ou « Landing-Takeoff » qui correspond aux étapes d'un posé-décollé dans un circuit en boucle. À l'aéroport de Saint-Hubert, en 2011, 88 184 mouvements ont été recensés. Étant donné que le parc aérien de Saint-Hubert est composé à 83,6 % d'avions à piston monomoteurs et à 16,4 % d'avions à piston de bimoteurs, il est donc raisonnable de penser que les mouvements sont attribuables proportionnellement au nombre d'avions monomoteurs et bimoteurs. La consommation de carburant étant fonction de la taille du moteur, les avions monomoteurs consomment en moyenne, d'après le document technique de l'US EPA (2008b), 2,83 gallons US/LTO, et les avions bimoteurs 9,12 gallons US/LTO.

Ce scénario est celui qui est utilisé par l'US EPA pour estimer les émissions de plomb des aéroports qui figurent dans l'inventaire national des émissions. Il a également été utilisé pour estimer les émissions annuelles de plomb des aéroports de Santa Monica, Toronto-Buttonville et des 66 aéroports sélectionnés en Caroline du Nord et inclus dans l'étude de Miranda et collaborateurs (2011). Pour pouvoir estimer les émissions de Pb, il est nécessaire de connaître préalablement la flotte d'avions à piston du parc de l'aéroport de Saint-Hubert<sup>9</sup>.

### Répartition de la flotte aéroportuaire à Saint-Hubert en fonction du type de moteur des aéronefs à piston

Entreprises de l'aéroport de Saint-Hubert	Monomoteurs à piston	Bimoteurs à piston	Nb total d'avions à piston	Autres types d'avion	Flotte totale
Centre Pluridisciplinaire d'Aviation du Québec inc.	5 = 83,3 %	1 = 16,7 %	6		6
École de pilotage Saint-Hubert	11 = 91,7 %	1 = 8,3 %	12		12
Cargair Ltée	29 = 80,6 %	7 = 19,4 %	36		36
Aéroclub de Montréal inc. Air Richelieu	16 = 94,12 %	1 = 5,88 %	18	1 turbopropulseur	19
Pascan Aviation inc.		2 = 100 %	2	23 turbopropulseurs	25
<b>Nb d'aéronefs enregistrés à l'aéroport de Saint-Hubert</b>	<b>61</b>	<b>12</b>	<b>73</b>	<b>24</b>	<b>98</b>

9. Contrairement à toutes les autres sources mobiles, dont les émissions se produisent complètement au niveau du sol, les émissions des moteurs d'aéronefs se divisent en deux régimes de vol. Le premier régime comprend les émissions qui sont libérées dans la couche inférieure de l'atmosphère et affectent directement la qualité de l'air ambiant local et régional. Ces émissions se produisent généralement à une altitude inférieure à 3 000 pieds au-dessus du niveau du sol, c'est-à-dire lors d'atterrissage et de décollage (cycle LTO). Les opérations aériennes qui composent un cycle LTO sont : moteur au ralenti au terminal (et parfois pendant les retards, en demeurant au sol en attente sur la piste); taxi entre le terminal et la piste; décollage; montée initiale, et l'approche de l'aéroport. Le second régime comprend les émissions qui se produisent au-dessus de 3 000 pieds au-dessus du niveau du sol, qui correspondent aux émissions non-LTO. Les émissions associées à toutes les opérations au sol et en vol sont donc les émissions complètes de vol.

Tel que présenté au tableau précédent, 83,6 % des avions à piston enregistrés dans le parc de Saint-Hubert sont des monomoteurs (soit 61 sur 73), et 16,4 % des avions à piston sont des bimoteurs (12 sur 73). L'US EPA a évalué la consommation d'avgas en fonction du type de moteur :

- pour les avions monomoteurs : 2,83 gallons US/LTO
- pour les avions bimoteurs : 9,12 gallons US/LTO

En 2011, 88 184 mouvements<sup>10</sup> ont été enregistrés à l'aéroport de Saint-Hubert, ce qui représente, en termes d'émission de plomb, **0,343 tonne Pb/an** ou 0,38 tonne US/an:

Les estimations des quantités de plomb émises par les avions à piston selon les différents scénarios sont présentées au tableau suivant. Ainsi, lorsque couplée aux données de plombémie chez les enfants issues de l'étude américaine, la comparaison des aéroports en fonction des émissions de plomb permet de donner une idée de l'imprégnation populationnelle.

Estimations des quantités de plomb émises dans l'atmosphère selon les trois scénarios proposés

Aéroport	Quantité de Plomb émis (tonne/an)		
	Scénario 1 : Estimation basée sur le volume d'avgas vendu	Scénario 2 : Estimation basée sur le nombre de LTO	Scénario 3 : Estimation basée sur les données des écoles de pilotage
Saint-Hubert	2011 0,677 tonne/an	2011 0,343 tonne/an	2011 0,310 tonne/an
66 aéroports de la Caroline du Nord inclus dans l'étude de Miranda	2008 Entre 0,203 et 0,811*		
Aéroport de Santa Monica		2008 0,296**	
Aéroport de Toronto-Buttonville		2008 0,239 à 0,372***	2008 0,254 à 0,317**

\* Ces données réfèrent à l'ensemble des aéroports regroupés par comtés, tel que présenté dans l'article de Miranda et collaborateurs (2011).

\*\* Cette valeur est celle proposée par l'US EPA dans la dernière version du NEI (National Emission Inventory).

\*\*\* Cette étendue de valeurs repose sur différentes hypothèses de proportion d'avions monomoteurs et bimoteurs à Buttonville. Meredith Pedde, US EPA, a grossièrement estimé ces émissions à 0,45 tonne/an

**Note :** Dans le tableau, il s'agit de tonne métrique.

### **Application des scénarios 2 et 3 à l'aéroport de Toronto-Buttonville**

Afin d'établir la concordance des résultats et la comparabilité des aéroports de Toronto-Buttonville et de Saint-Hubert, les calculs d'estimation d'émissions de plomb peuvent être également réalisés pour l'aéroport Toronto-Buttonville avec les données de 2011.

- Avec l'hypothèse que 100 % des avions sont des monomoteurs

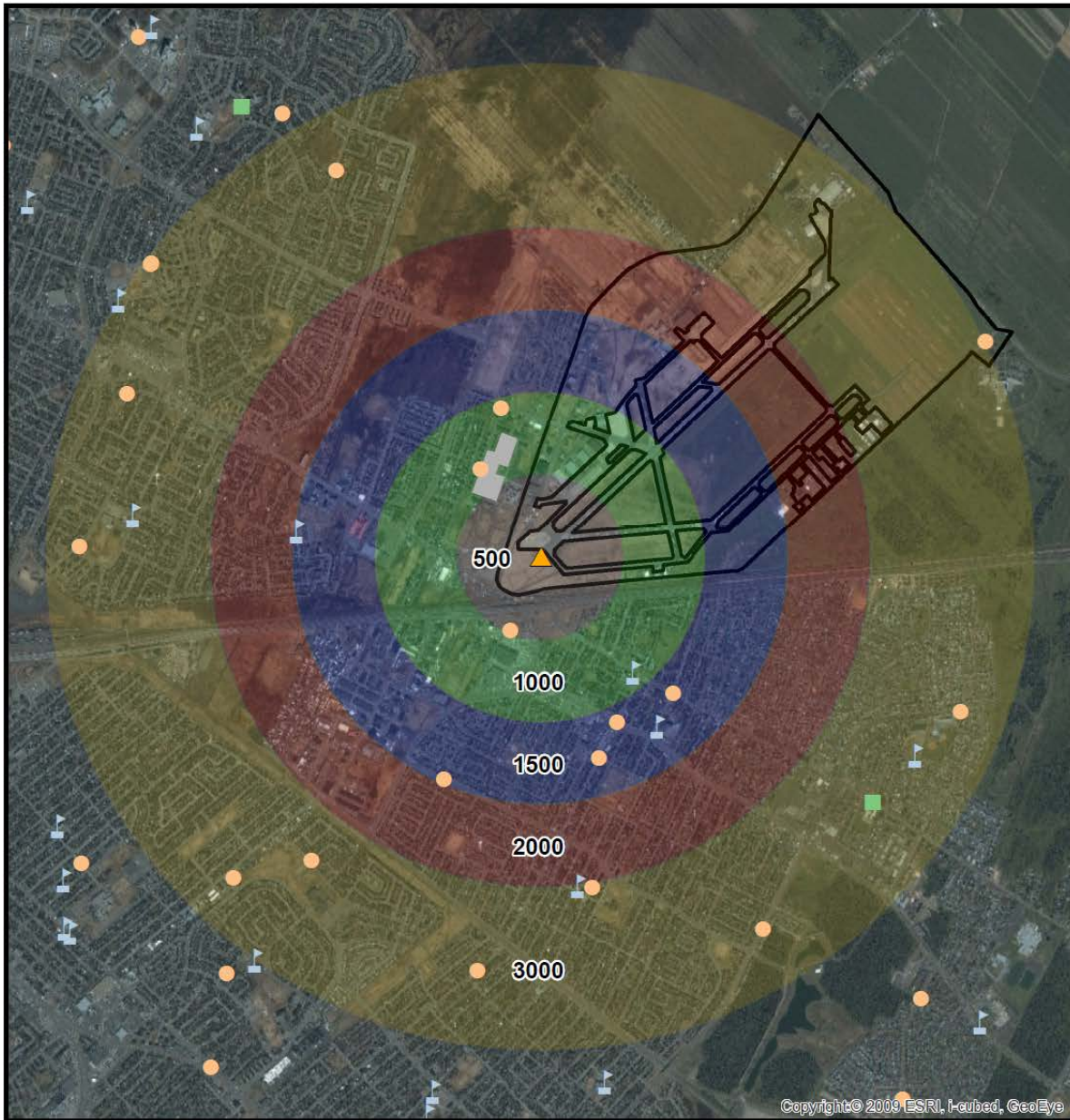
- Scénario 2

- Avec l'hypothèse que 90 % des avions sont des monomoteurs et 10 % sont des bimoteurs

- *Scénario 2*

## ANNEXE 5

### Localisation des zones à usage sensible dans les rayons de 500, 1000, 1500, 2000 et 3000 m de l'aéroport



### Résidences et établissements se situant à proximité de l'aéroport de Saint-Hubert

	Distance de l'aéroport				
	Rayon de 500 m	Rayon de 1 000 m	Rayon de 1 500 m	Rayon de 2 000 m	Rayon de 3 000 m
Nombre de logements*	24	1 183	4 511	9 362	26 729
Population (valeur approximative)	≈ 18 000				
Unités d'habitation additionnelles en construction (en lien avec le projet TOD**)	à déterminer	340 (févr. 2013)	à déterminer	à déterminer	à déterminer
Nombre de services de garde (CPE et garderies)***	1	3	7	7	18
Nombre d'écoles †	0	1	3	3	8
Nombre de CHSLD ‡	0	0	0	0	1

\* Source : Rôle d'évaluation (MAMROT, 2009).

\*\* Source : Le courrier du Sud, 21 novembre 2012. D'autres projets résidentiels sont prévus dans le secteur de l'aéroport de Saint-Hubert.

\*\*\* Source : Banque d'adresses des partenaires du MSSS (2007).

† Inclus les écoles préscolaires, primaires, secondaires, de formation professionnelle et pour adultes.  
Source : Banque d'adresses des partenaires du MSSS (2007).

‡ Inclus les établissements publics, privés conventionnés et non conventionnés.

**Note** : Les nombres qui apparaissent pour un rayon donné sont inclus dans le rayon inférieur.