

notre monde

Direction de santé publique

Agence de la santé et des services sociaux de Montréal

**Concentrations de plomb et de HAP
mesurées dans les légumes de
certains jardins communautaires de
Montréal**

GARDER
notre monde
ENSANTÉ

Québec 

notre monde

Direction de santé publique

Agence de la santé et des services sociaux de Montréal

**Concentrations de plomb et de HAP
mesurées dans les légumes de
certains jardins communautaires de
Montréal**

Monique Beausoleil, toxicologue

Karine Price, toxicologue

2010

GARDER
notre monde
ENSANTÉ

Agence de la santé
et des services sociaux
de Montréal

Québec 

Une réalisation du secteur Environnement urbain et santé
Direction de santé publique
Agence de la santé et des services sociaux de Montréal
1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H2L 1M3
Téléphone : 514 528-2400
www.santepub-mtl.qc.ca

Cette étude a été possible grâce à la collaboration de plusieurs partenaires :

La Ville de Montréal :

- Monsieur Pierre Faucher, Direction de l'environnement
- Monsieur André Pedneault, Arrondissements Ville-Marie et Le Plateau-Mont-Royal
- Monsieur Serge Barbeau, Direction de l'environnement

Le ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) :

- Madame Renée Gauthier, Service des lieux contaminés
- Monsieur Louis Martel, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)
- Monsieur Yves Valiquette, Direction régionale de Montréal
- Monsieur Bruno Vanier, Direction régionale de Montréal

Plusieurs organismes ont contribué financièrement à cette étude :

- L'arrondissement Ville-Marie a défrayé les coûts d'échantillonnage de sols des jardins communautaires ainsi que les coûts d'analyse des HAP des légumes;
- Le MDDEP et le CEAEQ ont analysé gracieusement la contamination des sols;
- La Direction de santé publique de l'Agence de santé et des services sociaux de Montréal a défrayé les coûts d'analyse du plomb des légumes;
- Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation a analysé gracieusement la contamination en HAP des légumes du jardin témoin.

© Direction de santé publique
Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (2010)
Tous droits réservés

ISBN 978-2-89494-975-7 (version imprimée)
ISBN 978-2-89494-976-4 (version PDF)
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2010
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2010

Prix : 5 \$

TABLE DES MATIÈRES

MOT DU DIRECTEUR.....	1
RÉSUMÉ	3
ABRÉVIATIONS.....	5
1. INTRODUCTION.....	7
2. REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	9
2.1 LE PLOMB.....	9
2.1.1 Comportement des éléments-traces dans les végétaux.....	9
2.1.2 Facteurs de bioconcentration sol-plante (FBCsp) pour le plomb.....	11
2.1.3 Concentrations de plomb mesurées dans des légumes cultivés dans des sols contaminés.....	11
2.2 LES HAP.....	12
2.2.1 Comportement des HAP dans les sols et dans les végétaux.....	12
2.2.2 Facteurs de bioconcentration sol-plante (FBCsp) pour les HAP.....	13
2.2.3 Concentrations de HAP mesurées dans des légumes cultivés dans des sols contaminés.....	13
3. MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR ÉVALUER LA CONTAMINATION DES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	15
3.1 CHOIX DES JARDINETS ET DES LÉGUMES CULTIVÉS.....	15
3.2 MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT ET D'ANALYSE DES CONTAMINANTS DES SOLS DES JARDINS.....	16
3.3 MÉTHODES DE PRÉPARATION ET D'ANALYSE DES CONTAMINANTS DANS LES LÉGUMES DES JARDINS.....	17
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION POUR LE PLOMB.....	19
4.1 CONCENTRATIONS DE PLOMB MESURÉES DANS LES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	19
4.2 CONCENTRATIONS DE PLOMB MESURÉES DANS LES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	22
4.3 RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE PLOMB DES LÉGUMES ET CELLES DES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	23
4.4 FACTEURS DE BIOCONCENTRATION SOL-PLANTE POUR LE PLOMB.....	24
4.5 EXPOSITION DES JARDINIERS AU PLOMB DES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	25
5. RÉSULTATS ET DISCUSSION POUR LES HAP.....	27
5.1 CONCENTRATIONS DE HAP MESURÉES DANS LES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	27
5.2 CONCENTRATIONS DE HAP MESURÉES DANS LES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	30
5.3 RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE HAP DES LÉGUMES ET CELLES DES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	33
5.4 FACTEURS DE BIOCONCENTRATION SOL-PLANTE POUR LES HAP.....	35
5.5 EXPOSITION DES JARDINIERS AUX HAP DES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	35
6. CONCLUSION.....	37
LISTE DES RÉFÉRENCES.....	39
ANNEXE 1. LOCALISATION DES SONDAGES EFFECTUÉS DANS LES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES (1 ^{ÈRE} ET 2 ^E ÉVALUATION)	43

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1. CONTAMINATION EN PLOMB DE VÉGÉTAUX CULTIVÉS DANS DES SOLS CONTAMINÉS À CHICAGO	12
TABEAU 2. VALEURS DES FBCSP DES HAP RETENUS PAR L'INSPQ ET UTILISÉS PAR LA DSP	13
TABEAU 3. DESCRIPTION DES JARDINETS ET DES LÉGUMES CULTIVÉS AU COURS DES ÉTÉS 2007 ET 2008 DANS LES JARDINS COMMUNAUTAIRES RETENUS	15
TABEAU 4. PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DE PLUSIEURS LÉGUMES	16
TABEAU 5. PÉRIODE DE PRÉLÈVEMENT DES SOLS ET DES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES	16
TABEAU 6. POURCENTAGE ET TYPE DE DÉCHETS OBSERVÉS DANS LES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES	21
TABEAU 7. VALEURS DE CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT) ET DE PH DES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	21
TABEAU 8. COMPARAISON ENTRE LES CONCENTRATIONS DE PLOMB MESURÉES DANS LES LÉGUMES DES DIFFÉRENTS JARDINS ET CELLES NORMALEMENT MESURÉES DANS LES ALIMENTS DISPONIBLES AU MARCHÉ AINSI QU'AVEC LES RECOMMANDATIONS GOUVERNEMENTALES.....	23
TABEAU 9. CONCENTRATIONS DE PLOMB DES LÉGUMES ET DES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	24
TABEAU 10. COMPARAISON ENTRE LES FBCSP CALCULÉS À PARTIR DES CONCENTRATIONS DE PLOMB MESURÉES DANS LA PRÉSENTE ÉTUDE ET CEUX UTILISÉS PAR LA DSP.....	24
TABEAU 11. CONTRIBUTION DE L'INGESTION DE LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES SUR L'EXPOSITION AU PLOMB DES JARDINIERS	25
TABEAU 12. POURCENTAGE ET TYPE DE DÉCHETS OBSERVÉS DANS LES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES	29
TABEAU 13. VALEURS DE CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT) ET DE PH DES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	29
TABEAU 14. CONCENTRATIONS DES 16 HAP MESURÉES DANS LES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES CONTAMINÉS, DU JARDIN TÉMOIN ET DU SUPERMARCHÉ QUÉBÉCOIS.....	31
TABEAU 15. CONCENTRATIONS DE HAP MESURÉES DANS LES LÉGUMES ET AUTRES ALIMENTS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ	32
TABEAU 16. CONCENTRATIONS DE LA $\Sigma 16$ HAP DES LÉGUMES ET DES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES	34
TABEAU 17. COMPARAISON DE LA CONTAMINATION EN HAP DES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES AVEC CELLE DE LÉGUMES CULTIVÉS DANS DES SOLS CONTAMINÉS SELON FISMES ET COLL., 2004	34
TABEAU 18. PRÉSENCE DES TROIS HAP LES PLUS IMPORTANTS DANS LES SOLS ET LES LÉGUMES DES JARDINS COMMUNAUTAIRES ET DU MARCHÉ	35

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. CONCENTRATIONS DE PLOMB DANS DIFFÉRENTES PARTIES DE VÉGÉTAUX COMESTIBLES AINSI QUE DANS LES SOLS OÙ SONT CULTIVÉES CES PLANTES.....	10
FIGURE 2. CONCENTRATIONS DE LA $\Sigma 16$ HAP DU USEPA MESURÉES DANS DIFFÉRENTES SECTIONS (FEUILLES, RACINES) DE LÉGUMES CULTIVÉS DANS DES SOLS CONTAMINÉS	14
FIGURE 3. CONCENTRATIONS DE PLOMB MESURÉES DANS LES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES CONTAMINÉS ET DU JARDIN TÉMOIN LORS DE LA 1 ^{ÈRE} ÉVALUATION	20
FIGURE 4. CONCENTRATIONS DE PLOMB MESURÉES DANS LES SOLS DES JARDINETS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES CONTAMINÉS ET DU JARDIN TÉMOIN LORS DE LA 2 ^E ÉVALUATION	20
FIGURE 5. CONCENTRATIONS DE LA $\Sigma 16$ HAP MESURÉES DANS LES SOLS DES JARDINS LORS DE LA 1 ^{ÈRE} ÉVALUATION	27
FIGURE 6. CONCENTRATIONS DE LA $\Sigma 16$ HAP MESURÉES DANS LES SOLS DES JARDINS LORS DE LA 2 ^E ÉVALUATION.....	27
FIGURE 7. PROPORTION DES PRINCIPAUX HAP MESURÉS DANS LES SOLS DES JARDINS COMMUNAUTAIRES.....	28
FIGURE 8. PROPORTION DES PRINCIPAUX HAP MESURÉS DANS LES LÉGUMES DES JARDINS ET DU MARCHÉ QUÉBÉCOIS	33

Mot du directeur

Entre 2006 et 2009, la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal recommandait que la culture de légumes soit interrompue dans certains jardins communautaires de la Ville de Montréal à cause de la contamination de leurs sols.

Ce rapport va plus loin. Il permet de connaître un peu mieux le transfert des contaminants des sols vers les légumes dans le contexte spécifique des jardins communautaires montréalais. Les résultats apportent un éclairage rassurant sur la teneur en plomb et en HAP des légumes cultivés dans les jardins les plus contaminés ainsi que sur leur impact sur la santé des jardiniers.

Plusieurs des jardins très contaminés ont aujourd'hui retrouvé leur plein usage grâce aux initiatives des jardiniers et des arrondissements concernés telles que la décontamination des sols, la culture de légumes en bacs ou la culture de fleurs. La DSP se réjouit que ces jardins aient pu conserver leur vocation compte tenu des nombreux avantages qu'ils présentent du point de vue de la santé publique, notamment la pratique d'une activité en plein air et la socialisation avec les autres citoyens du quartier.

Bonne lecture,

Le directeur de santé publique,



Richard Lessard, M.D.

Résumé

Pour faire suite à l'étude réalisée sur la contamination des sols des jardins communautaires en 2006-2009, la Ville de Montréal et l'arrondissement Ville-Marie, la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, le ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs ainsi que le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec ont mis sur pied un projet visant à mesurer la contamination en plomb et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) de quelques légumes cultivés dans ces jardins. De la laitue, des carottes et des tomates ont donc été cultivées au cours des étés 2007 et 2008 dans un ou deux jardinets de cinq jardins communautaires dont les sols étaient alors contaminés (jardins Parc Baldwin, Rivard, Centre-Sud, Georges-Vanier, Habitations Jeanne-Mance) et dans un jardin témoin non contaminé (jardin Sainte-Marie).

Les résultats de cette étude indiquent que plus les sols des jardins communautaires sont contaminés, plus les légumes cultivés peuvent être contaminés, mais cette relation n'est pas très forte et pas toujours constante. Les mesures effectuées pour les trois types de légumes montrent que les concentrations de plomb de la laitue de tous les jardins contaminés et celles des carottes de certains jardins contaminés sont plus importantes que les concentrations de plomb des mêmes types de légumes disponibles sur le marché. Les concentrations de HAP de la laitue et des carottes de tous les jardins contaminés ainsi que celles des tomates d'un jardin contaminé sont aussi plus élevées que les concentrations de HAP des mêmes types de légumes disponibles sur le marché (bien que la différence soit très minime pour les carottes).

Les concentrations de plomb et de HAP (en termes de benzo(a)pyrène) des légumes cultivés dans tous les jardins communautaires sont cependant toutes inférieures aux recommandations canadienne et européenne établies en vue de protéger la santé des consommateurs. L'exposition des jardiniers à ces contaminants a donc pu être, dans le passé, un peu plus élevée que celle de la population en général mais on ne craint aucune intoxication ni maladie reliées à la consommation de ces légumes étant donné que la consommation de légumes de jardin représente une faible proportion de la diète totale des jardiniers.

Les résultats de cette étude doivent cependant être considérés avec prudence. En effet, le nombre de légumes analysés est très restreint comparativement à l'ensemble des légumes qui étaient cultivés dans ces jardins. De plus, malgré les efforts déployés, les légumes n'ont pas toujours pu être cultivés exactement aux endroits les plus contaminés des jardins choisis.

Aussi, en considérant les résultats partiels de contamination des légumes ainsi que les résultats de contamination des sols de certains jardins communautaires, la DSP maintient sa recommandation de ne pas cultiver de légumes directement dans les sols très fortement contaminés et de mettre en place des mesures de mitigation. Tous les jardins communautaires de la Ville de Montréal sont maintenant évalués et grâce aux solutions mises en place par les arrondissements et des groupes de jardiniers (décontamination, ajout de sols propres, culture en bac, etc), plusieurs jardins très contaminés ont aujourd'hui retrouvé leur plein usage.

Abréviations

HAP **hydrocarbures aromatiques polycycliques**

ACE : acénaphène
ACETY : acénaphthylène
ANT : antracène
BaA : benzo(a)antracène
BaP : benzo(a)pyrène
BbkF : benzo(b,k)fluorène
BghiP benzo(g,h,i)pérylène
CHR : chrysène
DahA : dibenzo(a,h)antracène
FLUOR : fluoranthène
FL : fluorène
IND : Indéno(1,2,3-cd)pyrène
NA : naphtalène
PHE : phénanthrène
PYR : pyrène

Autres abréviations

COT : carbone organique total
G-V : jardin communautaire Georges-Vanier
HJM : jardin communautaire Habitations Jeanne-Mance
m.f. : matière fraîche
m.s. : matière sèche
p.c. : poids corporel
RPRT : Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains
RESC : Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés
U.S.EPA : United States Environmental Protection Agency
Σ16 HAP : Somme des 16 HAP du U.S.EPA

1. Introduction

La Ville de Montréal compte une centaine de jardins communautaires répartis sur l'ensemble de son territoire. Plusieurs de ces jardins ont été aménagés avant la mise en application des politiques et règlements du ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) concernant les sols contaminés. C'est ce qui explique qu'on constate, des années plus tard, une contamination des sols de certains jardins communautaires qui est supérieure aux niveaux recommandés pour la culture des fruits et des légumes.

En 2006, la Direction de l'environnement de la Ville de Montréal, en collaboration avec la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (DSP) et le MDDEP, avait mis sur pied un programme afin d'évaluer les impacts de la contamination des sols de tous les jardins communautaires de Montréal. Ce programme s'est échelonné jusqu'en 2009 et s'est déroulé ainsi :

1. La Ville de Montréal a d'abord fait mesurer la contamination des sols de ses jardins communautaires en commençant par ceux dont le potentiel de contamination était le plus élevé;
2. En se basant sur les résultats de ces caractérisations, la DSP a estimé, à l'aide d'équations mathématiques, la contamination des légumes cultivés dans les jardins dont les sols étaient contaminés au-delà des critères du MDDEP¹. En se basant sur les résultats de ces calculs, la DSP a ensuite émis un avis quant à la pertinence de poursuivre ou non la culture de plantes comestibles directement dans les sols de ces jardins²;
3. Dans tous les cas où un avis défavorable était émis pour un jardin, l'arrondissement concerné et la DSP ont rencontré les jardiniers afin de leur présenter *i)* les résultats de la caractérisation des sols de leur jardin, *ii)* les raisons qui ont amené la DSP à émettre un tel avis et *iii)* la décision de l'arrondissement quant à l'avenir du jardin communautaire;
4. La Ville de Montréal a ensuite présenté au MDDEP une série de solutions visant à réhabiliter les sols des jardins communautaires ayant reçu un avis défavorable (Ville de Montréal, 2008) et ces solutions ont été ou seront éventuellement utilisées par les arrondissements afin de retrouver le plein usage de ces jardins communautaires.

A deux reprises au cours de cette démarche, des légumes ont été cueillis dans quelques jardins communautaires et leur contenu en métaux (principalement le plomb) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) a été analysé.

¹ Au Québec, les sols contaminés sont gérés à l'aide de critères ou de normes établis en fonction de l'usage prévu pour le terrain (MDDEP, 1998; Ministère de l'Environnement du Québec, 2003). Ainsi, les **critères A** représentent les faibles concentrations de métaux et d'autres paramètres inorganiques qu'on retrouve naturellement dans les sols non contaminés au Québec (niveau bruit de fond). Les **critères B** ou **valeurs de l'annexe 1** du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* (RPRT) représentent les concentrations maximales acceptables pour la construction résidentielle, particulièrement pour les édifices où les résidents ont accès à des lots privés (ex. : maison unifamiliale, duplex, triplex, etc) ainsi que pour certains usages récréatifs et institutionnels. Les **critères C** ou **valeurs de l'annexe II du RPRT** représentent les concentrations maximales permises pour des terrains à vocation commerciale ou industrielle. Enfin, les **critères RESC**, tirés du *Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés* (RESC), représentent les concentrations maximales permises pour enfouir, sans traitement préalable, des sols contaminés dans un lieu d'enfouissement autorisé (MDDEP, 2001). A titre d'exemple, le critère A du plomb est de 50 ppm, le critère B de 500 ppm, le critère C de 1 000 ppm et le critère RESC est de 10 000 ppm. Il n'existe cependant pas de critères concernant spécifiquement la culture de légumes dans un jardin. Souvent, les concentrations de contaminants dans les sols de terres agricoles sont inférieures aux critères A. La DSP considère que le respect des critères A est un objectif souhaitable pour un jardin potager et que tout nouveau jardin communautaire devrait être aménagé dans des sols propres, c'est-à-dire dont la contamination est inférieure aux critères A. La DSP estime toutefois que des concentrations de contaminants allant jusqu'aux critères B seraient acceptables dans le cas des jardins déjà établis car les critères B protègent adéquatement la santé des consommateurs.

² Le détail de la contamination des sols et de l'évaluation de la DSP pour chacun des 80 jardins communautaires évalués est présenté à l'adresse www.santepub-mtl.qc.ca/Environnement/sols/jardins.html.

Une première série de légumes a été cueillie en 2006 au jardin Parc Baldwin et au jardin de Lorimier, et leur contamination a été analysée afin d'évaluer les risques à la santé pour les jardiniers. En 2007 et en 2008, une deuxième série de légumes a été cultivée dans certains jardins communautaires (jardin Parc Baldwin, jardin Rivard, jardin Centre-Sud, jardin Georges-Vanier, jardin Habitations Jeanne-Mance³) afin d'obtenir plus de données sur leur contamination en plomb et en HAP.

Le présent document a pour objectif de présenter les concentrations de plomb et de HAP mesurées dans ces légumes, de les comparer avec les concentrations normalement mesurées dans des légumes disponibles sur le marché et de déterminer les impacts de cette contamination sur l'exposition des jardiniers. Le lecteur trouvera dans ces pages une courte revue de la littérature scientifique en rapport avec la contamination de légumes cultivés dans des sols contaminés, les choix méthodologiques retenus au cours de cette étude, les résultats de la contamination en plomb et en HAP des légumes ainsi qu'une discussion concernant la représentativité de ces données et l'importance de l'exposition des jardiniers à ces substances.

³ Depuis le début de cette étude, plusieurs solutions ont été mises en place par les arrondissements et des groupes de jardiniers afin de retrouver le plein usage de leurs jardins communautaires. C'est le cas du jardin Rivard où des bacs de sols propres (<critères A) ont été spécialement aménagés par les jardiniers pour permettre la culture de plantes comestibles. Dans les jardins Centre-Sud et Habitations Jeanne-Mance, les sols ont été entièrement décontaminés par l'arrondissement Ville-Marie. Dans le jardin Georges-Vanier, une certaine épaisseur de sols propres a été ajoutée au-dessus des jardinets très contaminés en profondeur par les HAP (>RESC) afin de s'assurer que les racines des légumes cultivés à ces endroits ne puissent atteindre la contamination. Dans le jardin Parc Baldwin, les jardiniers cultivent maintenant des fleurs directement dans les sols en place et des légumes dans des contenants de sols propres.

2. Revue de la littérature

Deux contaminants ont été évalués dans cette étude : le plomb et les HAP. Le plomb est un élément-trace⁴ présent sous différentes formes chimiques et qui persiste longtemps dans les sols. Les HAP forment une famille d'hydrocarbures aromatiques, c'est-à-dire des molécules constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène, comprenant au moins deux cycles benzéniques. Selon le nombre de cycles, ils sont classés en HAP légers (jusqu'à trois cycles) ou lourds (au-delà de trois cycles). Ces substances sont généralement formées lors de la combustion de produits contenant du carbone (charbon, pétrole, bois, etc.). Elles se présentent sous forme gazeuse et sous forme de particules. À l'exception du naphthalène, les HAP sont très hydrophobes et leur solubilité dans l'eau est faible. Leur coefficient de partage octanol/eau est relativement élevé, ce qui explique leur important potentiel d'adsorption sur les matières organiques particulaires en suspension dans l'air ou dans l'eau, ainsi que leur fort potentiel de bioconcentration dans les organismes. Les HAP sont également des substances qui persistent longtemps dans les sols quoiqu'elles se dégradent lentement avec le temps. Comme le plomb et les HAP font partie de deux catégories différentes de substances, ils sont discutés séparément tout au long du présent document.

2.1 Le plomb

2.1.1 Comportement des éléments-traces dans les végétaux

Les éléments-traces se présentent sous différentes formes chimiques dans les sols. Ainsi, le plomb se retrouve principalement sous forme de Pb^{+2} dans la solution du sol, sous forme de sulfates, de carbonates et d'oxydes dans les formes précipitées et sous forme de silicates dans les structures cristallines du sol (Santé Canada, 1996). Les formes solubles des éléments-traces sont minoritaires dans le sol, mais elles jouent un rôle plus important que les formes solides car les racines des plantes ne prélèvent ces éléments qu'à partir de la solution du sol. Plus la concentration d'un élément (sous une forme absorbable par la plante) est importante dans la solution du sol, plus la plante peut prélever cet élément. Lorsque l'élément est naturel, il se trouve en grande majorité sous une forme solide peu assimilable par les plantes, car il est très fortement fixé au sol. Au contraire, lorsqu'il provient d'une source anthropique (par exemple, un sel provenant de la fertilisation des sols ou d'activités industrielles), une partie importante de cet élément peut être assimilée par les plantes (Tremel-Schaub et Feix, 2005).

Les plantes peuvent être exposées aux éléments-traces de deux façons : via leurs parties aériennes et via leurs racines. Ainsi, les éléments peuvent se déposer sur la surface de la plante (feuilles, tiges, fruits) à partir de particules en suspension dans l'air, de composés gazeux (le mercure métallique par exemple) ou de composés dissous dans l'eau de pluie ou d'irrigation. Les éléments peuvent également pénétrer dans la plante par les racines. Une fois prélevés par la plante, les éléments-traces peuvent être piégés au site d'entrée et ne pas circuler dans la plante, ou être transportés vers un autre organe végétal (Tremel-Schaub et Feix, 2005).

Lorsque les retombées de pollution atmosphérique sont importantes, la contamination aérienne des feuilles, des tiges et des fruits est élevée. Une partie de cette contamination peut être enlevée par un simple lavage à l'eau, une autre partie est piégée (dans les feuilles par exemple) et une troisième partie pourrait être transportée dans la plante, quoique l'importance de cette dernière soit controversée. Dans les zones de faible pollution atmosphérique, la contamination des parties aériennes est généralement faible (Tremel-Schaub et Feix, 2005).

⁴ Les éléments-traces sont définis comme des éléments dont la teneur dans la croûte terrestre est inférieure à 0,1% (1 000 ppm).

Les éléments-traces de la solution du sol sont, quant à eux, transportés vers la rhizosphère (zone de sol proche des racines) où ils sont prélevés par les racines de la plante. Une fois entrée dans la racine de la plante, une partie des éléments-traces est immobilisée dans les parois des cellules racinaires et une autre partie entre dans les cellules racinaires et s'y trouve piégée. Enfin, une dernière partie est transportée par les parois cellulaires, puis entre dans les cellules et circule de cellule en cellule jusqu'aux vaisseaux conducteurs de la sève brute qui les emmènent vers les parties aériennes (Tremel-Schaub et Feix, 2005).

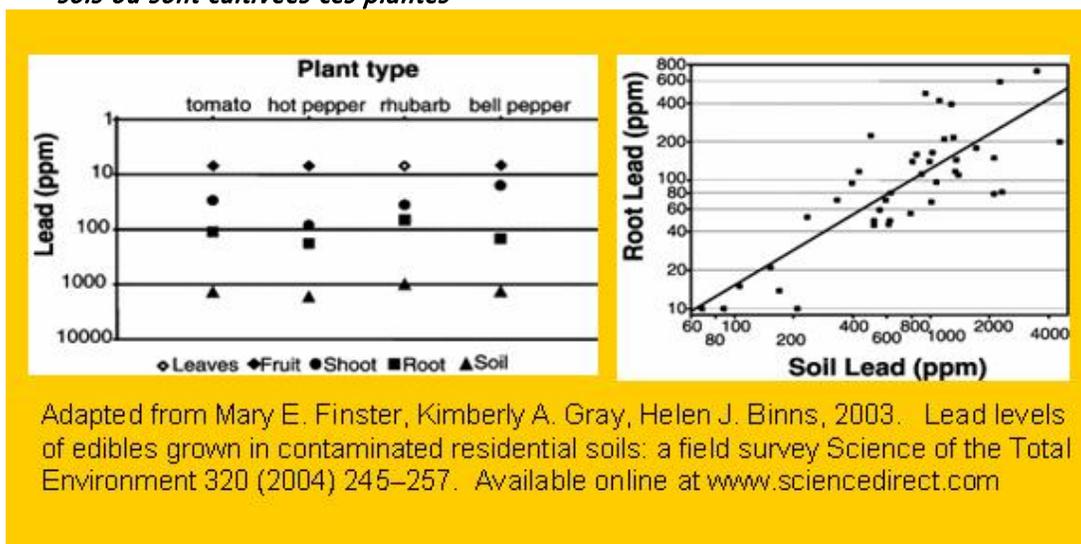
De façon plus spécifique, le plomb est peu prélevé par les racines des plantes où il s'accumule. Il a tendance à rester dans les racines et serait peu transporté vers les autres parties de la plante, et encore moins vers les fruits (Jarrell, 2005). Le transfert sol-plante du plomb est négligeable par rapport au dépôt direct de poussières contenant du plomb sur les parties aériennes, surtout dans les zones urbaines ou industrielles (Tremel-Schaub et Feix, 2005).

Le prélèvement des éléments-traces par les racines est influencé par des facteurs liés :

- i) au sol : pH, potentiel d'oxydo-réduction, capacité d'échange cationique, contenu en matière organique, etc.;
- ii) à la plante : durée d'exposition d'une plante au plomb du sol; certaines plantes accumulent plus de plomb que d'autres : généralement les légumes-feuilles (laitue, épinard) accumulent plus que les grains des graminées et les légumes-racines, qui eux-mêmes accumulent plus que les fruits et les légumes-fruits; etc.;
- iii) au climat : température, humidité, etc.;
- iv) et aux interactions entre les éléments eux-mêmes (Tremel-Schaub et Feix, 2005; CEAEQ, 2006).

Finster et coll. (2003) ont analysé les concentrations de plomb des différentes parties de plantes comestibles en fonction des concentrations de plomb dans les sols où étaient cultivées ces végétaux (figure 1). Ils ont constaté que les concentrations de plomb d'une même plante étaient plus importantes dans les racines que dans les tiges qui, elles-mêmes, présentaient des concentrations plus élevées que les fruits. Ils ont également observé que les concentrations de plomb des racines augmentaient au fur et à mesure que les concentrations de plomb dans les sols augmentaient.

Figure 1. Concentrations de plomb dans différentes parties de végétaux comestibles ainsi que dans les sols où sont cultivées ces plantes



Source : Wander, 2009

2.1.2 Facteurs de bioconcentration sol-plante (FBCsp) pour le plomb

À partir des résultats d'expérimentation, des chercheurs ont proposé des facteurs de bioconcentration sol-plante (FBCsp) permettant d'estimer le niveau de contamination d'une plante (racines, feuilles, fruits) à partir du taux de contamination du sol, sans avoir à analyser le plomb dans les légumes. Il s'agit cependant d'une approche très approximative qui ne tient pas compte des nombreux facteurs qui influencent l'absorption des contaminants du sol par les végétaux.

Lors des évaluations des impacts de la contamination des sols des jardins communautaires de la Ville de Montréal qui se sont déroulées de 2006 à 2009, la DSP a utilisé des FBCsp afin d'estimer la contamination potentielle des légumes de ces jardins. Les FBCsp retenus provenaient d'une revue critique de la littérature scientifique réalisée en 2005 par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ)⁵. La valeur des FBCsp utilisés par la DSP pour le plomb était de 0,045 quelque soit le type de légumes évalués (légumes-feuilles, légumes-racines et légumes-fruit).

2.1.3 Concentrations de plomb mesurées dans des légumes cultivés dans des sols contaminés

Même si les légumes du marché proviennent habituellement de sols agricoles non contaminés par le plomb (concentrations de plomb des sols inférieures au critère A de 50 ppm du MDDEP), ces légumes présentent des concentrations qui peuvent varier de 2 à 33 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. (Villeneuve et Dewailly, 1993; Dabeka et McKenzie, 1995; Santé Canada, 2003; U.S. Food and Drug Administration, 2005; ATSDR, 2007). En Hongrie, des concentrations de 4 et 14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. ont été mesurées dans des tomates et des carottes cultivées dans des sols dont le niveau moyen de plomb était de 25 ppm à 0-20 cm de profondeur (Sipter et coll., 2008). Plus près de nous, des concentrations de plomb variant de 17 à 133 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. ont été mesurées dans des légumes cultivés dans des jardinets montréalais dont les sols contenaient de 12 à 142 ppm de plomb (mesuré à environ 20 cm de profondeur) (Hendershot et Turmel, 2007).

Toutefois, des concentrations très élevées de plomb ont été mesurées dans des légumes cultivés dans des sols très contaminés à Chicago (Finster et coll., 2003). Les auteurs de cette étude ont mesuré des concentrations de plomb variant de 1 000 à 4 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. dans des légumes et de 11 000 à 60 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.s. dans des fines herbes séchées cultivées dans des jardinets résidentiels où la contamination des sols de surface (0 à 3 pouces de profondeur) variait de 175 à 7 953 ppm (Tableau 1).

⁵ Le document de Fouchécourt et coll., 2005 explique les raisons qui ont motivé le choix des FBCsp pour les différents contaminants évalués.

Tableau 1. Contamination en plomb de végétaux cultivés dans des sols contaminés à Chicago

Type de plantes	Concentration de plomb dans les sols (ppm)	Contamination en plomb des végétaux		
		Concentration	Unité	Note ¹
concombre	1 280	4 000	µg/kg m.f.	5% m.s.
carotte	1 890	1 000	µg/kg m.f.	10% m.s.
oignon	616	2 100	µg/kg m.f.	10% m.s.
radis	533	1 200	µg/kg m.f.	10% m.s.
coriandre	2 110	49 000	µg/kg m.s.	-
menthe	847	11 000	µg/kg m.s.	-
menthe	2 270	60 000	µg/kg m.s.	-

Source: Finster et coll., 2003

m.s.: matière sèche

¹ L'article de Finster et coll., 2003 présente les résultats de plomb dans les légumes sous forme de µg/kg m.s.

Les taux de matière sèche présentés ici ont été utilisés pour transformer ces résultats en µg/kg m.f. afin de pouvoir ainsi les comparer aux résultats de la présente étude

2.2 Les HAP

2.2.1 Comportement des HAP dans les sols et dans les végétaux

Les HAP en provenance des sols peuvent également contaminer les plantes via leurs parties aériennes (HAP particulaires et gazeux) et via leurs racines.

La littérature indique que les HAP particulaires qui se déposent sur les feuilles peuvent passer à travers la cuticule cireuse de la feuille en raison de leur caractère lipophile, bien que ces molécules soient également fortement retenues par les liens covalents et de Van der Waals. C'est ce qui explique que les HAP de faible poids moléculaire peuvent plus facilement pénétrer à travers la cuticule de la feuille que ceux de plus haut poids moléculaire. Les HAP gazeux peuvent, quant à eux, pénétrer à travers les stomates de la feuille (Fismes et coll., 2002).

Les HAP de faible poids moléculaire (soit ceux ayant deux ou trois cycles comme le NA, l'ACE, le FL, etc.) peuvent être absorbés par les racines et transportés à l'intérieur de la plante, mais ils ne semblent pas s'y accumuler de façon très importante. Les HAP de haut poids moléculaire (soit cinq cycles et plus comme le DBahA, le BghiP, l'IND, etc.) peuvent s'adsorber aux racines des plantes, mais n'ont pas tendance à se déplacer et s'accumuler dans les plantes (Fismes et coll., 2002; CCME, 2008).

La capacité des contaminants organiques, tels les HAP, à pénétrer dans les racines de la plante à partir du sol dépend de leur solubilité dans l'eau, de leur constante de Henry (reliée à la pression partielle du composé et à sa concentration gazeuse dans la solution) et de leur caractère lipophile. Le contenu du sol en matière organique (qui a tendance à lier les contaminants organiques), le pH, la température, l'humidité, le type de contaminants chimiques ainsi que les caractéristiques des végétaux (incluant la surface de racines disponible, le stade de croissance de la plante et son contenu en lipides) sont également d'autres facteurs qui influencent l'absorption des HAP (Kipopoulou et coll., 1999; CCME, 2008).

2.2.2 Facteurs de bioconcentration sol-plante (FBCsp) pour les HAP

Il existe également des FBCsp pour les HAP qui permettent d'estimer les concentrations de HAP dans les différentes parties des végétaux à partir des concentrations de HAP présentes dans les sols où sont cultivées ces plantes. Pour émettre ses avis concernant les impacts de la contamination des sols des jardins communautaires, la DSP a utilisé les FBCsp retenus par l'INSPQ (Tableau 2). Le détail du choix de ces FBCsp est présenté dans le document de Fouchécourt et coll., 2005.

Tableau 2. Valeurs des FBCsp des HAP retenus par l'INSPQ et utilisés par la DSP

	Poids moléculaire	Nb de cycles	LogKow	Légumes-racines	Légumes-feuilles		Légumes-fruits
				FBCsp, rac	FBCsp, feuil	BVA ¹	FBCsp, fruit
Unité	g/mol	-	-	mg/kg m.s. mg/kg sol	mg/kg m.s. mg/kg sol	mg/kg m.s. mg/kg air sec	mg/kg m.s. mg/kg sol
NA	128	2	3,36	0,0043	0,6100	25	0,0610
ACE	154	3	3,92	0,0027	0,2890	536	0,0289
FL	166	3	4,21	0,0028	0,1960	5 240	0,0196
ANT	178	3	4,55	0,0017	0,1240	5 000	0,0124
PHE	178	3	4,55	0,0006	0,1240	2 380	0,0124
FLUO	202	4	5,12	0,0022	0,0581	8 090	0,0058
PYR	202	4	5,11	0,0016	0,0589	9 520	0,0059
BaA	228	4	5,70	0,0009	0,0268	36 900	0,0027
CHRY	228	4	5,70	0,0008	0,0268	27 400	0,0027
BaP	252	5	6,11	0,0006	0,0155	61 900	0,0016
BbF	252	5	6,76	0,0006	0,0155	35 700	0,0016
BkF	252	5	6,20	0,0006	0,0137	44 000	0,0014
BghiPER	276	5	6,50	0,0010	0,0092	41 700	0,0009
IND	276	5	6,65	0,0005	0,0075	44 000	0,0008
DBaA	278	5	6,69	0,0010	0,0071	8 330	0,0007

Source: Fouchécourt et coll., 2005

¹ BVA : facteur de bioconcentration air-feuille pour évaluer l'absorption des vapeurs de HAP

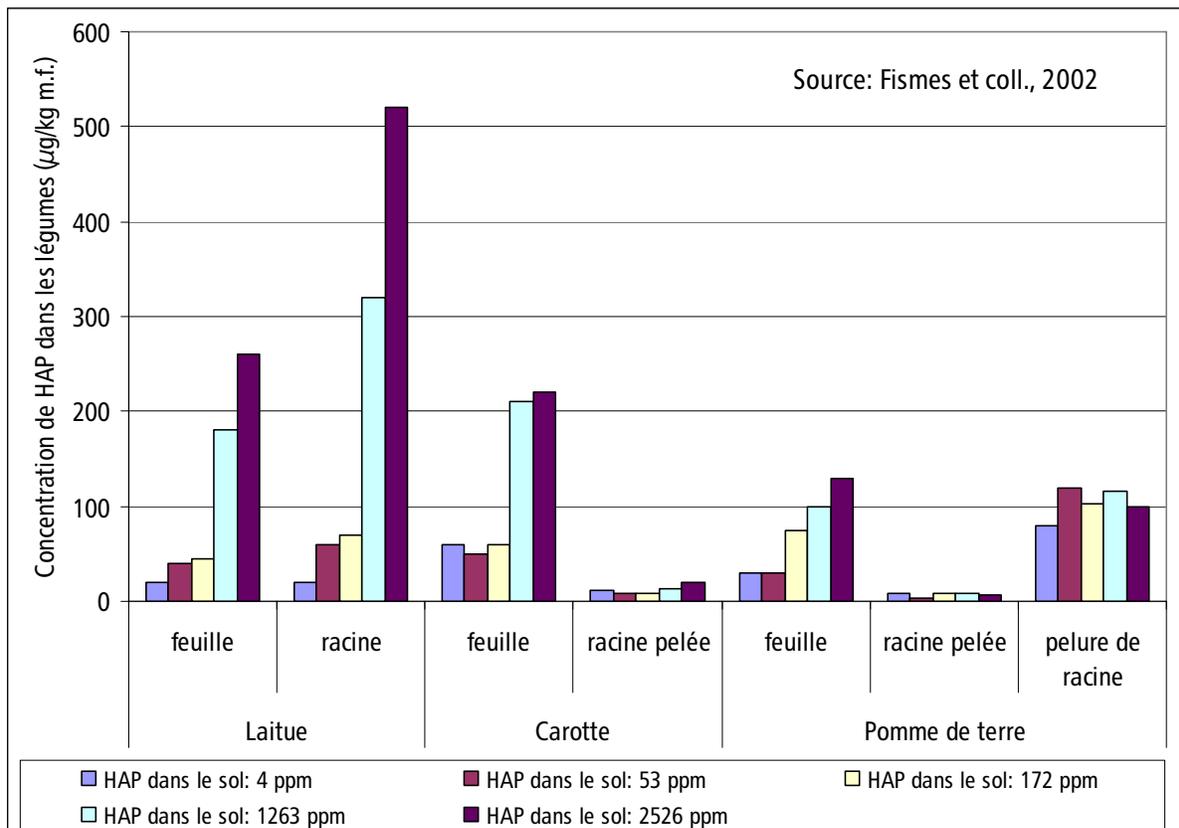
2.2.3 Concentrations de HAP mesurées dans des légumes cultivés dans des sols contaminés

Les concentrations de la somme des 16 HAP du U.S. EPA ($\Sigma 16$ HAP⁶) d'un sol agricole non contaminé se situent généralement entre 1,6 (critère A) et 76 ppm (critère B) tandis que celles des légumes du marché telle la laitue peuvent varier de 4,5 à 13,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. (Camargo et Toledo, 2003; MAPAQ, 2007).

Plusieurs études scientifiques rapportent des concentrations de HAP mesurées dans des légumes cultivés dans des sols contaminés. Ainsi, des concentrations de la $\Sigma 16$ HAP variant entre 40 et 260 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. ont été mesurées dans les feuilles de laitues cultivées dans des sols contaminés par 53 à 2 526 ppm de HAP (Figure 2) (Fimes et coll., 2002). Les concentrations de HAP des feuilles de laitue étaient plus importantes lorsque la contamination des sols augmentait tandis que les concentrations de HAP des carottes pelées demeuraient semblables (10 à 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) même si la contamination des sols augmentait. Dans les légumes-racines, il semble que la majeure partie des HAP se concentre dans la pelure plutôt que dans la pulpe, tel que démontré pour les pommes de terre (Figure 2).

⁶ Cette série de 16 HAP comprend les HAP les plus représentatifs des contaminations environnementales le plus souvent rencontrées.

Figure 2. Concentrations de la $\Sigma 16$ HAP du USEPA mesurées dans différentes sections (feuilles, racines) de légumes cultivés dans des sols contaminés



3. Méthodologie utilisée pour évaluer la contamination des légumes des jardins communautaires

3.1 Choix des jardinets et des légumes cultivés

Au cours des étés 2007 et 2008⁷, des légumes ont été cultivés dans cinq jardins communautaires dont les sols étaient alors contaminés (jardins Parc Baldwin, Rivard, Centre-Sud, Georges-Vanier, Habitations Jeanne-Mance) et dans un jardin communautaire témoin dont les sols étaient décontaminés (jardin Sainte-Marie). Les légumes des jardins contaminés ont été cultivés dans des jardinets situés à proximité de sondages⁸ déjà connus et ayant démontré un niveau élevé de contamination des sols en plomb et/ou en HAP. Les légumes du jardin témoin, quant à eux, ont été cueillis dans différents jardinets du jardin Sainte-Marie. Trois types de légumes ont été choisis afin de représenter chacune des trois grandes familles de légumes : la laitue pour les légumes-feuilles, la carotte pour les légumes-racines et la tomate pour les légumes-fruits (Tableau 3).

Tableau 3. Description des jardinets et des légumes cultivés au cours des étés 2007 et 2008 dans les jardins communautaires retenus

Type de jardins	Nom du jardin	Date des cultures	Nombre de jardinets (no de sondage)	Contaminant	Nombre d'échantillons de légumes ²
Contaminés	Parc Baldwin	été 2008	1 potager (06F040-0004) ¹	plomb	3
	Rivard	été 2007	2 jardinets (à l'ouest et à l'est de 06F164-0002)	plomb	6
	Centre-Sud	été 2007	1 jardinet (06F038-0002)	plomb	3
				HAP	3
	Georges-Vanier	été 2007	1 jardinet (06F057-0002)	HAP	3
		été 2007	1 jardinet (06F057-0004)	HAP	3
	Habitations Jeanne-Mance	été 2007	1 jardinet (06F056-0003)	plomb	3
été 2007		1 jardinet (06F056-0004)	HAP	3	
Décontaminé	Sainte-Marie	été 2006	plusieurs jardinets (04F068-0001)	plomb	3
				HAP	3

¹ L'annexe 1 présente la localisation approximative de ces sondages

² Légumes: laitue, carottes et tomates

Les trois types de légumes retenus ont été choisis en fonction de la profondeur à laquelle leurs racines peuvent atteindre les contaminants présents dans les sols : 30 cm pour la laitue et 30 à 60 cm pour les carottes et les tomates (Verhallen et Roddy, 2002) (Tableau 4). Aucun légume ayant de très longues racines n'a été considéré, car il s'agit surtout de végétaux rarement cultivés dans les jardins communautaires en raison de la grande surface qu'ils occupent ou de leur haute taille qui fait de l'ombre aux autres légumes du jardinet (Tableau 4).

⁷ L'étude de 2007 visait à mesurer la contamination des légumes de quelques jardins communautaires afin de mieux connaître la relation qui existe entre la contamination des sols et celle des légumes cultivés dans ces sols. L'étude de 2008 a, quant à elle, permis de mesurer à nouveau les concentrations de plomb dans des légumes cultivés au jardin Baldwin et de les comparer avec les mesures réalisées sensiblement au même endroit en 2006 (Beausoleil et Côté, 2006).

⁸ Un sondage est une technique d'échantillonnage des sols qui consiste à creuser et à recueillir des échantillons de sols en fonction de la profondeur, et à en analyser la contamination. Ces sondages peuvent être des forages (réalisés à l'aide d'une foreuse) ou des tranchées (réalisées à l'aide d'une rétrocaveuse).

Tableau 4. Profondeur d'enracinement de plusieurs légumes

Profondeur des racines				
0 - 30 cm	30 - 60 cm		plus de 60 cm	
céleri	brocoli	courgette	asperge	maïs sucré
laitue	carotte	haricot	citrouille	melon d'eau
oignon	chou	melon	courge d'hiver	panais
pomme de terre	chou-fleur	poivron		
radis	concombre	tomate		

Tiré de Verhallen et Roddy, 2002

Les légumes indiqués en gras sont ceux retenus pour la présente étude

Au cours des deux saisons estivales, de la laitue (variété *Grand Rapids*) et des carottes (variété *Nantes Touchon*) ont été semées directement dans le sol, et de petits plants de tomates (variété *Celebrity*) ont été plantés à la fin mai ou au début juin dans les jardinets des jardins contaminés. Ils ont été entretenus tout l'été par des jardiniers bénévoles ou par le personnel de la DSP et ont été récoltés en août et en septembre. Les mêmes types de légumes ont été cueillis à la même période dans quelques jardinets du jardin témoin à titre de comparaison.

3.2 Méthodes de prélèvement et d'analyse des contaminants des sols des jardins

La contamination des sols des jardins contaminés a été analysée à deux reprises : une première fois en 2006 lors du programme d'évaluation de la contamination des sols des jardins communautaires de la Ville de Montréal (appelée « 1^{re} évaluation » dans ce document) et une seconde fois suite à la récolte des légumes en 2006 ou en 2007 (appelée « 2^e évaluation »). La contamination des sols du jardin témoin n'a été mesurée qu'une seule fois en 2006 (Tableau 5).

Tableau 5. Période de prélèvement des sols et des légumes des jardins communautaires

Nom du jardin	Période de mesure de la contamination des sols		Période de mesure de la contamination des légumes
	1 ^{ère} évaluation	2 ^e évaluation	
Parc Baldwin	printemps 2006	été 2006	été 2008
Rivard	automne 2006	automne 2007	été 2007
Centre-Sud	automne 2006	automne 2007	été 2007
Georges-Vanier	automne 2006	automne 2007	été 2007
Habitations Jeanne-Mance	automne 2006	automne 2007	été 2007
Sainte-Marie	-	été 2006	été 2007

Lors de la 1^{re} évaluation, les sols de tous les jardins ont été échantillonnés par des firmes spécialisées dans le domaine de la contamination des sols et supervisées par la Ville de Montréal. Les sondages étaient souvent réalisés dans les allées des jardins afin de ne pas abimer les jardinets. La contamination de ces sols a été analysée par des laboratoires privés accrédités dans le domaine des sols. Un résumé de la contamination des sols de ces jardins est présenté dans les différents avis rédigés par la DSP et peut être consulté à l'adresse Internet <http://www.santepub-mtl.qc.ca/Environnement/sols/jardins.html>.

Lors de la 2^e évaluation, de nouveaux échantillons de sols ont été prélevés à la fin de la saison estivale de 2007 aux endroits exacts où avaient été cultivés les légumes dans les jardins Rivard, Centre-Sud, Georges-Vanier et Habitations Jeanne-Mance. En général, trois échantillons de sol ont été prélevés en continu sur 1,1 m de profondeur : entre 0-30 cm, entre 30-70 cm et entre 70 cm-1,1 m de profondeur. La 2^e évaluation des sols des

jardins Parc Baldwin et Ste-Marie avait déjà été réalisée à la fin de la saison de jardinage 2006 et les légumes cultivés dans le jardin Parc Baldwin en 2008 ont été semés ou plantés dans un des jardinets évalués en 2006. Les concentrations de plomb et de HAP de tous les échantillons de sols prélevés lors de la 2^e évaluation ont été mesurées par le laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ).

Tous les échantillons de sols ont été prélevés selon la méthode recommandée par le CEAEQ, 2009. Les concentrations de plomb ont été analysées par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon (méthode MA. 200 – Mét. 1.1 décrite dans le document de CEAEQ, 2008b) et celles de HAP ont été analysées par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (méthode MA. 400 - HAP 1.1 décrite dans le document du CEAEQ, 2008a).

Toutes les mesures de plomb ont été réalisées sous forme de plomb total, sans en faire la spéciation, et elles ont été faites sur les formes solides de plomb dans les sols. Tous les résultats d'analyse de contaminants dans les sols sont rapportés en ppm (mg/kg m.s.).

3.3 Méthodes de préparation et d'analyse des contaminants dans les légumes des jardins

Tous les légumes ont été cueillis à la fin de l'été 2006 ou 2007 par le personnel de la DSP, débarrassés sommairement de la terre et envoyés au laboratoire du MAPAQ le jour même ou le lendemain matin pour en mesurer les concentrations de plomb et/ou de HAP.

Au laboratoire, les échantillons de légumes étaient préparés de manière à représenter la façon dont ils sont consommés dans la vie de tous les jours. Ils ont d'abord été rincés abondamment à l'eau (Millipore) afin d'éliminer toute trace visible de sable ou de terre. Les laitues ont été essorées jusqu'à ce que l'eau d'essorage ne présente plus de terre. Les sections de tomates et de carottes non comestibles (feuilles, parties plus coriaces, etc.) ont été retirées, mais les carottes n'ont pas été épluchées.

Les échantillons de légumes ont été minéralisés en milieu acide (acide nitrique redistillé) et oxydant (peroxyde d'hydrogène 30 % ou 50 % ultra trace). Ils ont ensuite été analysés sous forme humide à l'aide d'un spectromètre de masse à source ionisante au plasma d'argon (ICP-MS).

Tous les résultats d'analyse de contaminants dans les légumes sont rapportés en $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. Les limites de détection de la méthode d'analyse variaient de 7 à 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. pour le plomb et de 0,03 à 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. pour les différents HAP.

4. Résultats et discussion pour le plomb

4.1 Concentrations de plomb mesurées dans les sols des jardins communautaires

La Figure 3 et la Figure 4 présentent les concentrations de plomb mesurées dans le premier mètre de sol des quatre jardins communautaires contaminés et du jardin témoin au cours de la 1^{re} et de la 2^e évaluation, respectivement. La localisation des endroits de prélèvement dans les différents jardins est présentée à l'annexe 1.

En examinant ces deux figures, on constate d'abord que les sols de surface (0-20 cm de profondeur) ne sont pas contaminés par le plomb, et ce, tant pour les jardins contaminés que pour le jardin témoin. En effet, les concentrations de plomb des sols de surface des jardins communautaires sont généralement inférieures au critère A de 50 ppm de plomb puisqu'on a ajouté une certaine quantité de terre végétale propre (< critère A) au-dessus des sols en place au moment de l'aménagement du jardin et que depuis, on ajoute annuellement des amendements propres (compost, fumier) dans les jardinets.

On constate également que les concentrations de plomb mesurées dans les sols lors de la 2^e évaluation sont souvent *i)* plus faibles que celles mesurées au cours de la 1^{re} évaluation ou *ii)* présentes dans des strates de sol plus profondes que celles de la 1^{re} évaluation. Par exemple, les concentrations de plomb mesurées dans le jardin Rivard lors de la 2^e évaluation (150 ppm à 1 700 ppm) sont beaucoup plus faibles que celles mesurées dans l'allée lors de la 1^{re} évaluation (1 400 à 8 300 ppm). De même, les concentrations de plomb mesurées entre 30 et 70 cm de profondeur dans le jardin Centre-Sud lors de la 2^e évaluation (510 et 590 ppm) sont moins importantes que celle mesurée lors de la 1^{re} évaluation (1 260 ppm). Enfin, la très grande variation observée entre les différentes concentrations de plomb mesurées dans les sols du jardin Habitations Jeanne-Mance lors de la 1^{re} évaluation (0,5 à 2 870 ppm de plomb) n'a pas été observée lors de la 2^e évaluation (42 à 53 ppm). Quant à la concentration de 1 900 ppm de plomb mesurée à partir de 20 cm de profondeur au jardin Parc Baldwin lors de la 1^{re} évaluation, elle a été observée un peu plus profondément lors de la 2^e évaluation (entre 40 et 60 cm de profondeur). Toutes ces constatations indiquent que, malgré tous les efforts déployés, les légumes n'ont malheureusement pas été cultivés dans les sols les plus contaminés des jardins étudiés.

Figure 3. Concentrations de plomb mesurées dans les sols des jardins communautaires contaminés et du jardin témoin lors de la 1^{re} évaluation

Jardins	Parc Baldwin	Rivard	Centre-Sud	HJM #0003	Témoin
Profondeur (m)	06F040-0004 (allée)	06F164-0002 (allée)	06F038-0002 (allée)	06F056-0003 (allée)	04F068-0001 (potager)
0 m					Pb < 5 ppm
0,1 m					
0,2 m	Pb = 1 900 ppm	Pb = 24 ppm	Pb = 1 260 ppm	Pb = 22 ppm	
0,3 m					
0,4 m					
0,5 m					
0,6 m	< A	Pb = 8 300 ppm	Pb = 737 ppm	strate de sol semblable à celle sous-jacente	Pb < 6 ppm
0,7 m					
0,8 m					
0,9 m					
1,0 m					
1,1 m	< B	Pb = 1 400 ppm		Pb = variable de 0,5 à 2 870 ppm	
1,2 m					
1,3 m					
1,4 m					
1,5 m					
1,6 m					

Légende : < critère A plage A-B plage B-C plage C-RESC > RESC

Figure 4. Concentrations de plomb mesurées dans les sols des jardinets des jardins communautaires contaminés et du jardin témoin lors de la 2^e évaluation

Jardins	Parc Baldwin	Rivard		Centre-Sud		HJM #0003	Témoin
		06F164-0002		06F038-0002			
Profondeur (m)	06F040-0006	à l'ouest	à l'est	laitues/tomates	carottes	Près de 06F056-0003	04F068-0001
0 m							Pb < 5 ppm
0,1 m	Pb = 9 ppm	Pb=45 ppm	Pb=26 ppm	Pb=60 ppm	Pb=48 ppm	Pb = 16 ppm	
0,2 m							
0,3 m	Pb = 1 700 ppm	Pb=1700 ppm	Pb=220 ppm	Pb=510 ppm	Pb=590 ppm	Pb = 53 ppm Pb = 49 ppm Pb = 42 ppm	
0,4 m							
0,5 m							
0,6 m							
0,7 m	Pb < 5 ppm	Pb=150 ppm	Pb=620 ppm	Pb=620 ppm	Pb=350 ppm		Pb < 6 ppm
0,8 m							
0,9 m							
1,0 m							
1,1 m							

Légende : < critère A plage A-B plage B-C plage C-RESC > RESC

La contamination des sols est souvent associée à la présence de déchets dans les sols. Lors de la 1^{re} évaluation, on n'a observé aucun déchet dans les sols de surface des jardins qui contiennent, par ailleurs, de faibles concentrations de plomb (Tableau 6). Par contre, les sols plus profonds des jardins contaminés présentent des proportions importantes de débris (10 à 90 % de débris de toutes sortes). Ainsi, la présence de radiateurs et autres pièces métalliques dans les sols plus profonds du jardin Rivard pourrait expliquer la concentration de 8 300 ppm de plomb (>RESC) mesurée entre 60 cm et 1,3 m de profondeur.

Tableau 6. Pourcentage et type de déchets observés dans les sols des jardins communautaires

Jardin	Déchets observés dans les sols		
	Sols de surface ¹	Sols plus profonds ²	
		Pourcentage de déchets	Type de déchets métalliques
Parc Baldwin	aucun	non spécifié	Mâchefer
Rivard	aucun	40 - 90 %	Radiateurs, pièces métalliques
Centre-Sud	aucun	50%	Composantes métalliques
HJM	aucun	10 - 50 %	Composantes métalliques
Témoïn	aucun	aucun	

¹ Sols situés entre 0 et 20-30 cm de profondeur

² Sols situés à plus de 20-30 cm de profondeur

La teneur en carbone organique total (COT) et le pH ont été mesurés à un ou deux endroits des jardins communautaires lors de la 1^{re} évaluation (Tableau 7). Le pourcentage de carbone organique varie de 4 à 11 % dans les sols de surface des différents jardins et de 0,25 à 17,4 % dans les sols plus profonds. Le pH mesuré dans les sols de surface est relativement constant (7,6 à 7,9) et varie un peu plus dans les sols plus profonds (6,9 à 8,5). Cependant, il n'apparaissait pas approprié de chercher des liens entre le COT et le pH d'une part et les concentrations de plomb mesurées dans les légumes d'autre part, compte tenu du peu de données disponibles et du fait que ces valeurs ont souvent été mesurées loin des jardinets où ont été cultivés les légumes.

Tableau 7. Valeurs de carbone organique total (COT) et de pH des sols des jardins communautaires

Jardin	Teneur en carbone organique total (COT)		pH	
	Sols de surface ¹	Sols plus profonds ²	Sols de surface ¹	Sols plus profonds ²
Parc Baldwin	4,01 – 4,39 %	0,25 – 26,5 %	7,6 – 7,7	6,9 – 7,7
Rivard	5,3 – 5,9 %	1,1 – 1,9 %	7,8 – 7,9	8,5
Centre-Sud	7,26 – 11,4 %	2,4 – 17,4 %	7,8 – 7,9	7,9 – 8,2
HJM #0003	10,3 – 10,4 %	1,83 – 14,7 %	7,6 – 7,8	7,8 – 8,1
Témoïn	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

n.m. : non-mesuré

¹ Sols situés entre 0 et 20-30 cm de profondeur

² Sols situés à plus de 20-30 cm de profondeur

4.2 Concentrations de plomb mesurées dans les légumes des jardins communautaires

Le Tableau 8 présente les concentrations de plomb mesurées dans les trois types de légumes cultivés dans les quatre jardins contaminés et dans le jardin témoin⁹. Les concentrations de plomb mesurées dans la laitue des jardins communautaires sont plus élevées que celles des carottes et des tomates, ce qui concorde avec les observations des études scientifiques à l'effet que les légumes-feuilles accumulent plus d'éléments-traces que les autres types de légumes. De même, tel qu'indiqué dans les différentes recherches, les concentrations de plomb les plus faibles parmi les différents légumes sont celles des tomates (légumes-fruits) des jardins communautaires (elles sont toutes inférieures aux limites de détection de la méthode d'analyse) (Tremel-Schaub et Feix, 2005).

Plusieurs concentrations de plomb mesurées dans les légumes des jardins communautaires se situent à l'intérieur de la variation des concentrations normalement mesurées dans les légumes des supermarchés canadiens et américains (Villeneuve et Dewailly, 1993; Dabeka et McKenzie, 1995; Santé Canada, 2003; U.S. Food and Drug Administration, 2005; ATSDR, 2007). Cependant, les concentrations de plomb mesurées dans la laitue de tous les jardins (32 à 82 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f., dont 48 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. pour la laitue du jardin témoin) et celles des carottes des jardins Rivard et Centre-Sud (38 et 56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f., respectivement) sont plus élevées que les concentrations maximales mesurées dans les légumes des supermarchés américains (18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. pour la laitue et 33 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f. pour les carottes)¹⁰. La concentration de plomb plus élevée observée pour la laitue du jardin témoin non contaminé pourrait s'expliquer, en partie, par la grande surface de feuilles de laitue exposée à l'air ambiant (les concentrations de plomb dans l'air ambiant de Montréal, bien que très faibles, sont plus élevées que celles des régions rurales) et par le fait qu'il est difficile de nettoyer minutieusement les particules de sol de surface qui adhèrent aux feuilles de laitue.

Toutes les concentrations de plomb mesurées dans les légumes des jardins communautaires demeurent cependant plus faibles que les limites de tolérance du FAO/OMS, 1995 (100 et 300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) et celles du Règlement canadien sur les aliments et drogues (100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) (Gouvernement du Canada, 2006).

⁹ Les concentrations de plomb mesurées dans les légumes du jardin Parc Baldwin en 2008 sont significativement plus faibles que celles qui avaient été mesurées en 2006 (données présentées dans le rapport de Beausoleil et Côté, 2006). Les deux laboratoires qui avaient réalisé les analyses ont réévalué les méthodes de nettoyage des légumes, de préparation et d'analyse des échantillons de légumes ainsi que les résultats des tests de contrôle de la qualité effectués lors des analyses; cela n'a cependant pas permis d'identifier les raisons qui expliqueraient les différences observées. Il est possible qu'une partie de ces différences s'explique par des variations entre les niveaux de contamination des sols des deux endroits où ont été cultivés les légumes dans le jardin du jardin Parc Baldwin en 2006 et en 2008 ainsi que par des pratiques culturales différentes au cours de ces deux années (par exemple, une fertilisation importante peut modifier le pH du sol et, par conséquent, l'absorption du plomb par les végétaux). Toutefois, compte tenu des niveaux de contamination particulièrement élevés qui ont été mesurés en 2006 dans les légumes du jardin témoin non contaminé, les concentrations de plomb réelles des légumes du jardin Parc Baldwin se rapprochent probablement plus des valeurs mesurées en 2008 que celles mesurées en 2006.

¹⁰ Les résultats des analyses réalisées dans les légumes des supermarchés américains de 1991 à 2004 ont été retenues comme valeurs de comparaison parce qu'ils présentent les concentrations maximales mesurées récemment dans des légumes. Ce sont également les valeurs de comparaison utilisées par le MAPAQ.

Tableau 8. Comparaison entre les concentrations de plomb mesurées dans les légumes des différents jardins et celles normalement mesurées dans les aliments disponibles au marché ainsi qu'avec les recommandations gouvernementales

Endroit de mesure	Concentration de plomb mesurée ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)			Référence	
	Laitue	Carotte	Tomate		
Jardin Parc Baldwin	32 - 54	20 - 24	< 7		
Jardin Rivard	61	38	< 7		
Jardin Centre-Sud	82	56	< 7		
Jardin HJM #0003	34	< 7	< 7		
Jardin témoin	48	< 25	< 25		
Aliments du supermarché au Canada	moyenne	20	10	4	Dabeka et McKenzie, 1995
	étendue	< 0,2 - 57	< 2 - 24	< 2 - 29	
	moyenne	2	7	8	Santé Canada, 2003
	étendue	2 - 20	2	4 - 10	Villeneuve et Dewailly, 1993
Aliments du supermarché aux Etats-Unis	moyenne	9	8	-	FDA, 2005
	maximum	18	33	9	
	moyenne	13		2	ATSDR, 2007
Recommandation canadienne	100	100	100	Gouvernement du Canada, 2006	
Recommandation européenne	300	100	100	FAO/OMS, 1995	

 : Concentration de plomb supérieure à la teneur maximale mesurée dans les légumes des supermarchés américains

Note : En 2007, des étudiants de l'Université McGill et de l'Université de Montréal avaient également cultivé des légumes aux mêmes endroits dans les jardins communautaires et analysé leur contamination en plomb. Les résultats obtenus étaient du même ordre de grandeur que ceux présentés dans le présent document (William Hendershot de l'Université McGill et François Courchesne de l'Université de Montréal, communication personnelle).

4.3 Relation entre les concentrations de plomb des légumes et celles des sols des jardins communautaires

Au tableau 9, on constate que les concentrations de plomb de la laitue des jardins Centre-Sud et Rivard (82 et 61 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f., respectivement) sont plus importantes que celles des autres jardins (34 à 48 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.). Or, les jardins Centre-Sud et Rivard présentent également les concentrations de plomb les plus élevées au niveau des sols de surface, c'est-à-dire dans la strate de sols où se situent les racines de la laitue.

Les concentrations de plomb mesurées dans les carottes des jardins Centre-Sud, Rivard et Parc Baldwin (56, 38 et 22 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f., respectivement) sont plus importantes que celle du jardin Habitations Jeanne-Mance #0003 et celle du jardin témoin (concentrations inférieures aux limites de détection de la méthode d'analyse). On constate que les sols des jardins Centre-Sud, Rivard et Parc Baldwin présentent également des concentrations de plomb dans la strate potentiellement atteinte par les racines et radicules des carottes (510-590, 960 et 1 700 ppm entre 30 et 70 cm de profondeur, respectivement) qui sont plus importantes que celles du jardin Habitations Jeanne-Mance #0003 et du jardin témoin (<6 à 53 ppm). Les concentrations de plomb mesurées dans les carottes des jardins communautaires montréalais (20 à 56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) demeurent cependant bien inférieures à celle des carottes (1 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) cultivées dans des sols contaminés à des niveaux semblables (1 890 ppm) dans la région de Chicago (Finster et coll., 2003). Il faut souligner que les sols de cette étude américaine étaient fortement contaminés dès la surface alors que la contamination en plomb n'est présente qu'à partir de 30 ou 40 cm de profondeur dans les jardins montréalais.

Tableau 9. Concentrations de plomb des légumes et des sols des jardins communautaires

Jardin	Légumes ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)		Sols (ppm)		
	Laitue	Carotte	0-30 cm	30-70 cm	70 cm - 1,1m
Centre-Sud	82	56	48 ²	510 ²	350 ²
			60 ³	590 ³	620 ³
Rivard	61	38	36 ⁴	960 ⁴	385 ⁴
Témoin	48	n.d.	<5	<6	<6
Parc Baldwin	43 ¹	22 ¹	9	1 700	<5
HJM #0003	34	n.d.	16	50	50
Finster et coll., 2003		1 000	1 890		
Légende :	< critère A	plage A-B	plage B-C	plage C-RESC	> RESC

n.d.: non détecté

¹ Moyenne des deux concentrations de plomb mesurées dans les légumes

² Concentration mesurée près de la laitue et des tomates

³ Concentration mesurée près des carottes

⁴ Moyenne des concentrations mesurées à l'ouest et à l'est du sondage 06F164-0002

4.4 Facteurs de bioconcentration sol-plante pour le plomb

Le Tableau 10 présente les facteurs de bioconcentration sol-plante (FBCsp) calculés à partir des concentrations de plomb mesurées dans la laitue et les carottes des jardins communautaires d'une part, et des concentrations de plomb des trois profondeurs de sols de ces jardins d'autre part. Pour la laitue, on constate que les FBCsp calculés à partir de la contamination des sols de surface (0-30 cm de profondeur) pour trois des cinq jardins sont semblables à celui utilisé par la DSP lors du programme d'évaluation des impacts de la contamination des jardins communautaires (0,045); ce n'est cependant pas le cas des FBCsp calculés à partir de la contamination en plomb des autres profondeurs de sol. Pour les carottes, les FBCsp calculés à partir des concentrations de plomb mesurées dans les différents jardins communautaires qui sont semblables à celui utilisé par la DSP (0,045) ne se retrouvent pas dans la même strate de sol des différents jardins.

Tableau 10. Comparaison entre les FBCsp calculés à partir des concentrations de plomb mesurées dans la présente étude et ceux utilisés par la DSP

FBCsp calculés à partir des données de la présente étude	Laitue			Carotte		
	0-30 cm	30-70 cm	70 cm-1 m	0-30 cm	30-70 cm	70 cm-1 m
Jardin Baldwin	0,109	0,001	0,195	0,024	0,0001	0,044
Jardin Rivard	0,039	0,001	0,004	0,010	0,0004	0,001
Jardin Centre-Sud	0,031	0,004	0,003	0,012	0,001	0,002
Jardin HJM	0,048	0,016	0,016	0,004	0,001	0,001
Jardin témoin	0,218	0,218	0,218	0,050	0,050	0,050
FBCsp utilisés par la DSP	0,045			0,045		

Les FBC sont présentés en (mg/kg m.s. plante)/(mg/kg m.s. sol)

 : FBC semblable à ceux de la littérature scientifique

4.5 Exposition des jardiniers au plomb des légumes des jardins communautaires

Nous avons estimé l'impact que l'ingestion de légumes des jardins communautaires pouvait avoir sur l'exposition au plomb des jardiniers en considérant :

- les concentrations de plomb les plus élevées mesurées dans la laitue et les carottes des jardins communautaires et;
- le fait que les légumes des jardinets constituent au maximum 10 % de l'apport annuel de légumes (MSSS, 2002).

Ainsi, tel que présenté au Tableau 11, on constate que la dose d'exposition au plomb provenant de la consommation de légumes des jardins communautaires (0,002 à 0,020 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.-j) est relativement faible comparativement à la dose d'exposition au plomb des Québécois provenant de l'alimentation (0,400 à 2,200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.-j) et de la valeur toxicologique de référence à ne pas dépasser (3,600 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.-j) proposée par Santé Canada (Santé Canada, 2004) et l'Organisation mondiale de la santé (WHO, 2004).

Tableau 11. Contribution de l'ingestion de légumes des jardins communautaires sur l'exposition au plomb des jardiniers

Types d'aliments		Légumes- racines	Légumes- feuilles	Légumes- fruits	Tous autres aliments
Concentration maximale de plomb dans les légumes du supermarché ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) ¹		33	18	9	variée
Concentration maximale de plomb dans les légumes des jardins communautaires ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)		56	82	<25	variée
Proportion de la consommation annuelle de légumes en provenance	du supermarché	90%	90%	90%	100%
	des potagers ²	10%	10%	10%	0%
Taux d'ingestion de légumes (g/j) ²		20 - 300	2 - 200		100 - 2 200
Dose moyenne d'exposition au plomb en provenance des légumes des jardins communautaires - base annuelle ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.-j) ³		0,002 - 0,020			-
Dose moyenne d'exposition au plomb en provenance de toute la diète Québécois - base annuelle ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.-j) ⁴		0,400 - 2,200			
Dose moyenne d'exposition au plomb en provenance de toutes sources à ne pas dépasser - base annuelle ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.-j) ⁵		3,600			

¹ U.S. Food and Drug Administration, 2005

² Données tirées des *Lignes directrices* du MSSS, 2002

³ Exemple : (20 g laitue/j x 56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ laitue fraîche x 10%) / 70 kg poids corporel = 0,002 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -j

⁴ Santé Canada, 1996

⁵ Santé Canada, 2004

5. Résultats et discussion pour les HAP

5.1 Concentrations de HAP mesurées dans les sols des jardins communautaires

La Figure 5 et la Figure 6 présentent les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP mesurées dans le premier mètre de sol des trois jardins communautaires contaminés en HAP et du jardin témoin au cours de la 1^{re} et de la 2^e évaluation, respectivement. La localisation des sondages effectués dans les différents jardins lors des deux évaluations est présentée à l'annexe 1.

Figure 5. Concentrations de la $\Sigma 16$ HAP mesurées dans les sols des jardins lors de la 1^{re} évaluation

Jardins	Centre-Sud		Georges-Vanier		HJM #0004	Témoin
Profondeur (m)	06F038-0002 (allée)	06F057-0002 (potager)	06F057-0004 (potager)	06F056-0004 (potager)	04F068-0001 (potager)	
0 m						$\Sigma 16$ HAP < 1 ppm
0,1 m						
0,2 m	$\Sigma 16$ HAP = 1034 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 80 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 76 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 401 ppm		
0,3 m						
0,4 m						
0,5 m	$\Sigma 16$ HAP = 750 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 15 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 1696 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 23 ppm		$\Sigma 16$ HAP < 0,5 ppm
0,6 m						
0,7 m						
0,8 m						
0,9 m						
1,0 m						
1,1 m						
1,2 m						
1,3 m						

Légende : < critère A plage A-B plage B-C plage C-RESC > RESC

Figure 6. Concentrations de la $\Sigma 16$ HAP mesurées dans les sols des jardins lors de la 2^e évaluation

Jardins	Centre-Sud		Georges-Vanier		HJM #0004	Témoin
Profondeur (m)	près des laitues/tomates	près des carottes	G-V #0002 06F057-0002 (potager)	G-V #0004 06F057-0004 (potager)	06F056-0004 (potager)	04F068-0001 (potager)
0 m						$\Sigma 16$ HAP < 1 ppm
0,1 m	$\Sigma 16$ HAP = 24 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 15 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 2 ppm	$\Sigma 16$ HAP < 1 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 1 ppm	
0,2 m						
0,3 m	$\Sigma 16$ HAP = 1113 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 386 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 22 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 97 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 3 ppm	
0,4 m						
0,5 m						
0,6 m	$\Sigma 16$ HAP = 346 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 120 ppm		$\Sigma 16$ HAP = 267 ppm	$\Sigma 16$ HAP = 3 ppm	$\Sigma 16$ HAP < 0,5 ppm
0,7 m						
0,8 m						
0,9 m						
1,0 m						
1,1 m						

Légende : < critère A plage A-B plage B-C plage C-RESC > RESC

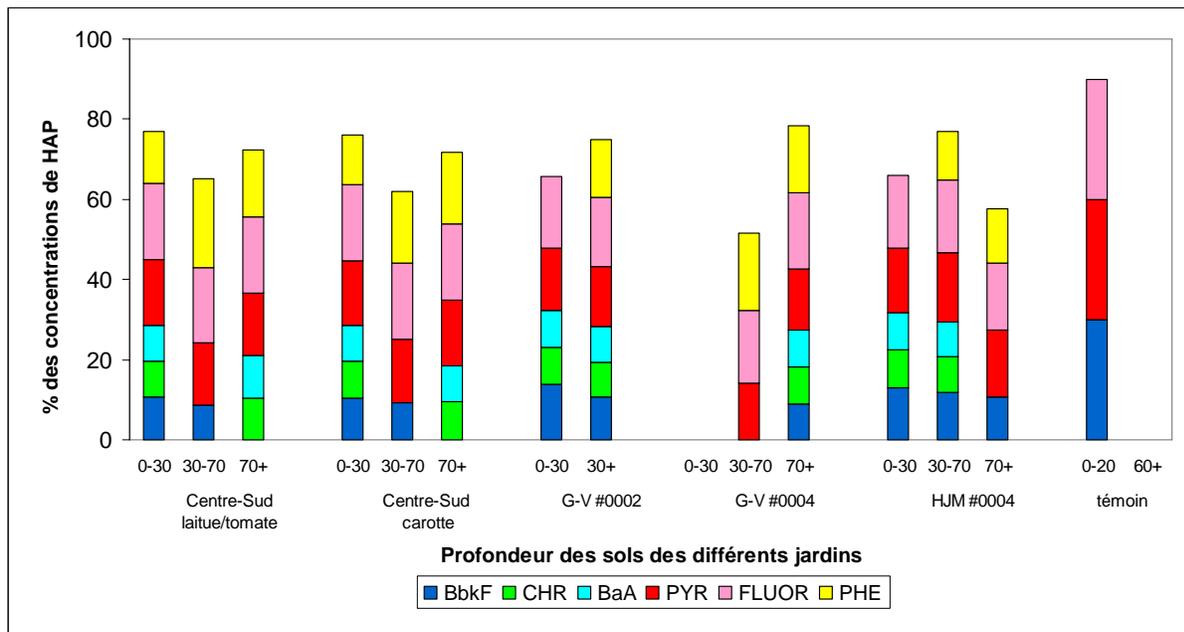
En observant ces deux figures, on constate d'abord que les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP des sols de surface (0 à 30 cm de profondeur) sont faibles dans tous les jardins ($\Sigma 16$ HAP = <1 à 2 ppm), sauf dans le jardin Centre-Sud où elles se situent dans la plage B-C ($\Sigma 16$ HAP = 15 et 24 ppm). Les sols de surface des jardins communautaires ne sont généralement pas contaminés, car lors de leur aménagement, du sol propre a été ajouté au-dessus des sols en place et chaque année, des amendements (compost, fumier) propres sont incorporés aux sols de surface. La contamination des sols de surface du jardin Centre-Sud sera discutée un peu plus loin.

Les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP mesurées dans les sols plus profonds sont assez semblables lors des deux évaluations pour certains jardins : dans la section des laitues/tomates du jardin Centre-Sud, les HAP excèdent les critères RESC à partir de 20 ou 30 cm de profondeur et dans les deux jardinets du jardin Georges-Vanier (#0002 et #0004), les HAP se situent dans la plage B-C à partir de 30 cm de profondeur.

Toutefois, la concentration de la $\Sigma 16$ HAP des sols de la section des carottes du jardin Centre-Sud mesurée lors de la 2^e évaluation ($\Sigma 16$ HAP = 386 ppm) est moindre que celle de la première évaluation ($\Sigma 16$ HAP = 1 034 ppm). De même, la concentration de la $\Sigma 16$ HAP mesurée dans les sols du jardin Habitations Jeanne-Mance lors de la 2^e évaluation ($\Sigma 16$ HAP = 3 ppm) est beaucoup plus faible que lors de la 1^{re} évaluation ($\Sigma 16$ HAP = 401 ppm).

La Figure 7 présente la proportion des principaux HAP (c'est-à-dire ceux dont la concentration représente plus de 10 % de la $\Sigma 16$ HAP) mesurés dans les sols des jardins communautaires contaminés et du jardin témoin en fonction de la profondeur. En tout, sept HAP sont principalement représentés : PHE, FLUOR, PYR, BaA, CHR et BbkF¹¹. Selon les échantillons de sols, trois à sept de ces HAP représentent 60 % à 90 % de la $\Sigma 16$ HAP. Le FLUOR et le PYR sont présents dans tous les échantillons de sols; le PHE et les BbkF sont présents dans presque tous les échantillons de sols.

Figure 7. Proportion des principaux HAP mesurés dans les sols des jardins communautaires



¹¹ Le BbkF représente deux HAP, le BbF et le BkF.

Lors de la 1^{re} évaluation, aucun déchet n'a été observé dans la terre de culture des jardins sauf dans le jardin Centre-Sud où des débris associés aux HAP (enrobé bitumineux et cendres) ont été notés (Tableau 12). La présence de ces déchets pourrait expliquer la contamination un peu plus élevée en HAP des sols de surface de ce jardin (plage B-C). Dans les échantillons de sols plus profonds de tous les jardins contaminés, on observe la présence de déchets associés aux HAP (enrobé bitumineux, cendres, charbon). Un horizon composé de cendres et de charbon a même été observé lors de la 1^{re} évaluation entre 70 et 80 cm de profondeur dans le jardin Habitations Jeanne-Mance mais ne semble pas avoir affecté les concentrations de HAP mesurée dans l'échantillon de sol avoisinant lors de la 2^e évaluation puisque la concentration de la $\Sigma 16$ HAP est très faible (3 ppm) (Figure 6).

Tableau 12. Pourcentage et type de déchets observés dans les sols des jardins communautaires

Jardin	Déchets observés dans les sols		
	Sols de surface ¹	Sols plus profonds ²	
		Pourcentage de déchets	Type de déchets associés aux HAP
Centre-Sud	50 % déchets (enrobé bitumineux, cendres)	50 % déchets	Enrobé bitumineux, cendres
Georges-Vanier #0002	aucun	10-20 % déchets	
Georges-Vanier #0004	aucun	5-10 % déchets	Enrobé bitumineux
HJM #0004	aucun	5-10 % déchets	Cendres ³
Témoin	aucun	non observé	

¹ Sols situés entre 0 et 20-30 cm de profondeur

² Sols situés à plus de 20-30 cm de profondeur

³ Un horizon de cendres et de charbon de 10 cm d'épaisseur a été observé à partir de 70 cm de profondeur.

La teneur en carbone organique total (COT) et le pH ont été mesurés dans les sols de certains jardins communautaires lors de la 1^{re} évaluation (Tableau 13). Toutefois, compte tenu du peu de données disponibles et du fait que ces valeurs ont souvent été mesurées loin des jardinets où ont été cultivés les légumes, il ne nous apparaissait pas approprié de faire des liens entre le COT et le pH d'une part, et les concentrations de HAP mesurées dans les légumes d'autre part.

Tableau 13. Valeurs de carbone organique total (COT) et de pH des sols des jardins communautaires

Jardin	Teneur en carbone organique total (COT)		pH	
	Sols de surface ¹	Sols plus profonds ²	Sols de surface ¹	Sols plus profonds ²
Centre-Sud	7,26 - 11,4 %	2,4 %	7,8 - 7,9	8,2
Georges-Vanier #0002	5,73 - 5,8 %	1,43 %	8	8,4
Georges-Vanier #0004	n.m.	6,4 %	n.m.	8,4
HJM #0004	n.m.	14,7 %	n.m.	7,8
Ste-Marie	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

n.m. : non-mesuré

¹ Sols situés entre 0 et 20-30 cm de profondeur

² Sols situés à plus de 20-30 cm de profondeur

5.2 Concentrations de HAP mesurées dans les légumes des jardins communautaires

Le tableau 14 présente les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP ainsi que les concentrations de chacun de ces 16 HAP mesurées dans les légumes des jardins communautaires ainsi que dans des légumes (laitue et carottes) achetés dans des supermarchés québécois et analysés par le MAPAQ. Les HAP sont classés en ordre croissant de poids moléculaire, le NA étant le HAP le plus volatile et le DBahA, le plus lourd. Les HAP dont les concentrations sont supérieures aux limites de détection de la méthode d'analyse sont indiqués en grisé.

On constate que certains HAP sont détectés dans tous les échantillons de légumes (NA et CHR) alors que les concentrations d'autres HAP sont généralement inférieures aux seuils de détection (ACETY, ANT, DBahA). La laitue est le légume où presque tous les 16 HAP ont été détectés dans la majorité des échantillons. Par contre, plusieurs HAP n'ont pas été détectés dans les carottes et les tomates analysées. On observe également que les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP sont beaucoup plus élevées dans la laitue de tous les jardins que celles des carottes et celles des tomates.

Les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP mesurées dans la laitue de tous les jardins communautaires (14,8 à 28,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) sont supérieures aux concentrations mesurées dans la laitue du marché québécois analysée par le MAPAQ (8,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.). Il en est souvent de même pour les concentrations des différents HAP individuels. Cependant, seule la concentration de la $\Sigma 16$ HAP de la laitue du jardin Centre-Sud (28,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) est plus élevée que celle de la laitue du jardin témoin (23,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.). Cette dernière concentration pourrait être reliée, tout comme pour la concentration de plomb observée dans la laitue du jardin témoin, aux concentrations atmosphériques de HAP un peu plus élevées à Montréal qu'en régions rurales et aux particules de sols qui ont pu adhérer aux feuilles de ce légume.

Les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP des carottes de tous les jardins contaminés (5,2 à 6,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) sont supérieures à celle des carottes du jardin témoin (4,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) et à celle des carottes du marché québécois mesurée par le MAPAQ (4,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.), mais ces différences sont très minimes. Les concentrations de quelques HAP (FL, PHE, FLUO et CHR, et dans une moindre mesure, NA et ACE) mesurées dans les carottes des différents jardins communautaires, y compris celles du jardin témoin, sont supérieures à celles mesurées dans les carottes du marché québécois.

Les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP des tomates provenant des jardins communautaires contaminés (4,5 à 4,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) sont du même ordre que celle des tomates du jardin témoin (5,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.), sauf celle des tomates du jardin Habitations Jeanne-Mance qui est environ deux fois plus importante (9,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.).

Tableau 15, on constate que les concentrations de certains HAP mesurées dans les légumes des jardins communautaires sont plus importantes que celles des légumes disponibles sur le marché. Cependant, on remarque qu'il y a généralement des aliments disponibles sur le marché qui contiennent des concentrations de HAP plus importantes que celles des légumes des jardins communautaires; il s'agit souvent de viandes et/ou de poissons cuits, souvent grillés sur charbon de bois ou fumés.

Finalement, les concentrations de BaP de tous les légumes des jardins communautaires (<1,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.) sont inférieures à la valeur maximale de la recommandation européenne pour le poisson séché ou fumé (5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.).

Tableau 14. Concentrations des 16 HAP mesurées dans les légumes des jardins communautaires contaminés, du jardin témoin et du supermarché québécois

Jardin	Laitue						Carotte						Tomate				
	Centre Sud	G-V #0002	G-V #0004	HJM #0004	témoin	Marché du Québec (MAPAQ)	Centre-Sud	G-V #0002	G-V #0004	HJM #0004	témoin	Marché du Québec (MAPAQ)	Centre Sud	G-V #0002	G-V #0004	HJM #0004	témoin
NA	1,685	1,653	1,93	2,036	1,897	1,67	3,863	4,181	4,35	5,132	3,815	4,24	1,915	3,568	3,531	4,255	1,511
ACETY	0,048	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,040	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
ACE	0,121	0,179	0,19	0,142	0,177	0,08	<0,03	0,033	0,045	<0,03	<0,03	<0,030	0,064	<0,03	<0,03	0,091	0,066
FL	0,15	0,071	0,104	0,155	0,227	0,07	0,134	0,155	0,233	0,201	0,127	<0,070	0,09	0,088	0,124	0,22	<0,07
ANT	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,302	<0,30	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,300	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
PHE	3,777	2,724	2,842	2,521	5,49	0,88	0,557	0,664	0,772	0,543	0,461	<0,150	0,506	0,556	0,523	2,636	0,511
FLUOR	6,246	3,587	3,897	3,916	5,941	0,75	0,521	0,302	0,299	0,193	0,119	0,16	<0,10	0,432	0,148	<0,10	<0,10
PYR	3,825	2,141	2,374	2,045	2,943	1,43	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,300	0,326	<0,30	<0,30	0,337	0,736
BaA	1,291	0,171	0,181	0,154	0,439	0,1	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,040	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
CHR	3,231	1,974	2,199	1,707	1,793	0,47	0,159	0,137	0,151	0,11	0,117	0,08	0,144	0,191	0,205	0,149	0,244
BaP	1,888	0,315	0,323	<0,09	0,615	<0,090	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,090	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
BbkF	3,407	0,982	1,1	0,717	1,209	0,49	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,060	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	0,248
BghiP	2,743	1,346	1,53	1,277	1,806	2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,100	1,602	<0,10	<0,10	1,384	1,7
IND	1,27	0,321	0,416	0,386	0,566	0,45	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,070	0,293	<0,07	<0,07	0,238	0,274
DBahA	0,151	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,080	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Σ 16 HAP	28,7	15,1	16,7	14,8	23,0	8,2	5,2	5,5	5,9	6,2	4,6	4,5	4,9	4,8	4,5	9,3	5,2

Les valeurs sont exprimées en µg/kg m.f.

■ : Concentration de HAP supérieure à la limite de détection de la méthode d'analyse

Tableau 15. Concentrations de HAP mesurées dans les légumes et autres aliments disponibles sur le marché

Aliment	Laitue			Carottes			Tomates		Viande			Poisson			Tous les aliments	
	Étude ¹	Étude ²	Étude ³	Étude ¹	Étude ²	Étude ³	Étude ²	Étude ³	Étude ²	Étude ³	Étude ⁵	Étude ²	Étude ³	Étude ⁵	Étude ²	Étude ⁵
	valeur	moy	étendue	valeur	moy	étendue	moy	étendue	étendue	étendue	moyenne min - max	étendue	étendue	moyenne min - max	max	moy (max) min - max
NA	1,67			4,24							0,94 ⁶			2 ¹⁴		0,94 (3,9) ⁶
ACETY	<0,04			<0,04												
ACE	0,08			<0,03							24 - 46 ¹⁰			7 à 8 ¹³		0,63 (1,1) ⁶
FL	0,07		0,23 - 0,55	<0,07	0,41	0,38 - 0,43	0,19	0,06 - 0,32	n.d. - 6	n.d. - 6,6		0,49 - 5	n.d. - 9,7	5,0 ¹¹		0,43 (1,2) ⁶
ANT	<0,30			<0,30							4,5 - 7,1 ¹¹			2,0 ¹¹		0,04 (0,1) ⁶
PHE	0,88			<0,15							3 - 58 ¹²			11,0 ¹⁸		0,82 (1,2) ⁶
FLUOR	0,75	0,39		0,16							3 à 30 ¹¹			3,0 ¹¹	6,2 ¹⁵	0,30 (0,5) ⁶
PYR	1,43			<0,30							25,0 ⁷			5,0 ⁷		0,20 (0,4) ⁶
BaA	0,1	0,14	0,04 - 0,23	<0,04	0,24	0,16 - 0,31	n.d.	n.d.	n.d. - 0,65	n.d. - 1,8	0,2-3 ¹¹	n.d. - 1	n.d. - 1,8	1,0 ¹¹	1,9 ¹⁶	0,17 (0,5) ⁶
CHR	0,47			0,08												0,29 (0,9) ⁶
BaP	<0,09	0,01	0,01	<0,09	0,05	0,06	0,03	0,05	n.d. - 1	n.d. - 1,2	0,01-1,06 ⁷ 1,1 - 2,5 ²⁰	n.d. - 0,70	n.d. - 0,85	0,01 - 0,85 ⁷ 3,0 - 3,9 ²⁰	1,3 ¹⁷	0,04 (0,1) ⁶ 0,01-1,3 ⁸
BbkF	0,49	0,29	0,09 - 0,47	<0,06	0,16	0,10 - 0,23	n.d.	n.d.	n.d. - 0,28	n.d. - 0,5	0,07 ⁶	n.d. - 0,66	n.d. - 0,12	0,07 ⁶	1,9 ¹⁸	0,07 ⁶
BghiP	2			<0,10							0,6 - 6 ¹³			1,0 ¹⁴		0,06 (0,4) ⁶
IND	0,45			<0,07							0,04 ⁶			0,04 ⁶		<0,04 ⁶
DBahA	<0,08	0,02	<0,05 ⁴	<0,08	0,28	0,04 - 0,53	n.d.	n.d.	n.d. - 0,41	n.d. - 0,7	0,20 ¹¹	n.d. - 0,40	n.d. - 0,53	0,04 ⁶	0,53 ¹⁹	<0,04 ⁶ 0,5 - 2,6 ⁹

Les valeurs sont exprimées en µg/kg m.f. (matière fraîche)

n.d.: non détecté

■ : Concentration de HAP dans cet aliment supérieure à toutes les concentrations mesurées dans les jardins communautaires

¹ MAPAQ, 2007

² Aliments de la région d'Ottawa (ORF, 1987 cité par Villeneuve et Dewailly, 1993)

³ Das, 1987 (pour Agriculture Canada)

⁴ Σ16 HAP de 13,5 µg/kg m.f. selon Camargo et Toledo, 2003

⁵ Revue de littérature de Fouchécourt et coll., 2005

⁶ Moyenne des plats d'une garderie américaine selon Wilson et coll., 2001

⁷ Vyskocil et coll., 2000 (estimé)

⁸ Santé Canada, 1996

⁹ ATSDR, 1990 cité par le CEAEQ, 2001

¹⁰ USEPA, 1989 cité par le CEAEQ, 2001

¹¹ USEPA, 1982 cité par le CEAEQ, 2001

¹² Valeur de de Vos et coll, 1990 – valeur du USEPA, 1989 cités par le CEAEQ, 2001

¹³ Valeur de de Vos et coll, 1990 – valeur du USEPA, 1982 cités par le CEAEQ, 2001

¹⁴ ATSDR, 2005

¹⁵ Porc frais

¹⁶ Patates bouillies

¹⁷ Poivrons

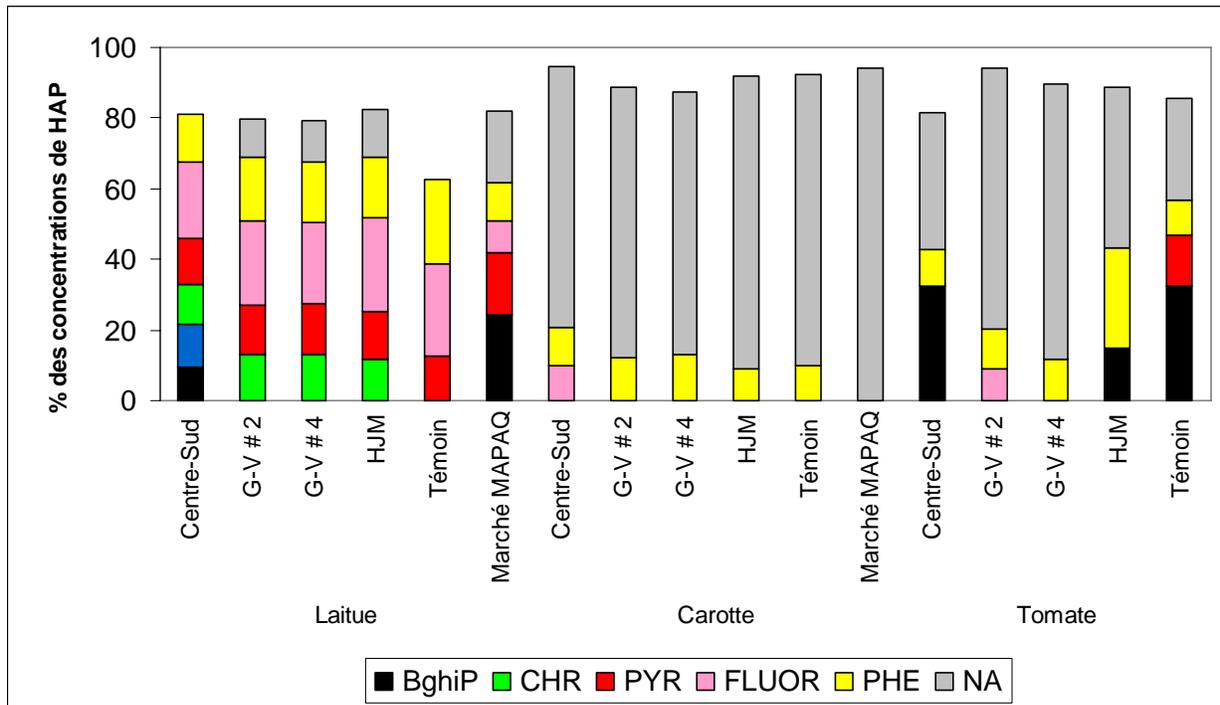
¹⁸ Navet

¹⁹ Haricots

²⁰ ATSDR, 1995

La Figure 8 présente les principaux HAP (c'est-à-dire ceux dont la concentration représente plus de 10 % de la $\Sigma 16$ HAP) mesurés dans les trois types de légumes cultivés dans les jardins communautaires ainsi que ceux de la laitue et des carottes disponibles sur le marché québécois. Ces HAP sont classés en fonction de leur poids moléculaire, le NA étant le plus léger et le BghiP le plus lourd. On constate que les principaux HAP contenus dans la laitue sont présents en proportion assez semblable, que ce soit dans la laitue des jardins communautaires ou dans la laitue du marché. Par contre, le NA est le HAP le plus présent dans les carottes des jardins et du marché; il représente de 70 % à 95 % de tous les HAP. Le NA est également le HAP le plus important des tomates des jardins communautaires, mais à un degré moindre (30 à 80 %) que pour les carottes. La distribution des autres HAP varie selon les échantillons de tomates.

Figure 8. Proportion des principaux HAP mesurés dans les légumes des jardins et du marché québécois



5.3 Relation entre les concentrations de HAP des légumes et celles des sols des jardins communautaires

Le Tableau 16 présente les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP des légumes des jardins communautaires en fonction des concentrations de la $\Sigma 16$ HAP de trois profondeurs de sols (0-30 cm, 30-70 cm et 70 cm - 1 m). On observe une certaine relation directe entre les concentrations de HAP des sols des différentes profondeurs et celles de la laitue : plus les sols sont contaminés, plus les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP de la laitue sont élevées. Toutefois, la concentration de la $\Sigma 16$ HAP de la laitue du jardin témoin peu contaminé ne suit pas cette tendance. Les concentrations de HAP des carottes sont assez semblables et ne semblent pas être influencées par le niveau de contamination des sols. C'est également le cas pour les concentrations de la Σ HAP des tomates qui sont semblables, sauf pour celle des tomates du jardin Habitations Jeanne-Mance qui en contiennent deux fois plus que celles des autres jardins, même si la contamination des sols est faible. Dans le cas du jardin Habitations Jeanne-Mance, il est possible que l'horizon de cendres et de charbon présent à 70-80 cm de profondeur ait pu avoir un impact sur la contamination des tomates cultivées à cet endroit malgré la faible concentration de HAP mesurée lors de la 2^e évaluation ($\Sigma 16$ HAP = 3 ppm).

Tableau 16. Concentrations de la $\Sigma 16$ HAP des légumes et des sols des jardins communautaires

Légume	Jardin	Concentration dans les sols (ppm) ¹			Concentration dans les légumes ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)
		Sol (0-30 cm prof.)	Sol (30-70 cm prof.)	Sol (70cm - 1 m prof.)	
Laitue	Centre-Sud	24	1113	346	28,7
	témoin	<1	<0,5	<0,5	23
	G-V #0004	<1	97	267	16,7
	G-V #0002	2	22	2	15,1
	HJM #0004	1	3	3	14,8
	Marché québécois	inconnue	inconnue	inconnue	8,2
Carotte	HJM #0004	1	3	3	6,2
	G-V # 0004	<1	97	267	5,9
	G-V #0002	2	22	2	5,5
	Centre-Sud	15	386	120	5,2
	témoin	<1	<0,5	<0,5	4,6
	Marché québécois	inconnue	inconnue	inconnue	4,5
Tomate	HJM #0004	1	3	3	9,3
	témoin	<1	<0,5	<0,5	5,2
	Centre-Sud	24	1113	346	4,9
	G-V #0002	2	22	2	4,8
	G-V #0004	<1	97	267	4,5

¹ Concentrations mesurées lors de la 2^e évaluation

Les résultats de plusieurs études scientifiques démontrent une augmentation de la contamination des légumes en fonction de la contamination en HAP des sols où ils sont cultivés (Fismes et coll., 2002; Samsøe-Petersen et coll., 2002; Fismes et coll., 2004; Kulhanek et coll., 2005). Les concentrations de la $\Sigma 16$ HAP de la laitue et des carottes des jardins communautaires sont semblables à celles de l'étude de Fismes et coll., 2004 lorsqu'on considère la contamination des sols potentiellement atteints par les racines (0-30 cm pour la laitue et 30-70 cm pour les carottes sans pelure) (Tableau 17).

Tableau 17. Comparaison de la contamination en HAP des légumes des jardins communautaires avec celle de légumes cultivés dans des sols contaminés selon Fismes et coll., 2004

Concentration de la $\Sigma 16$ HAP									
Données en rapport avec la laitue					Données en rapport avec les carottes				
Étude de Fismes et coll., 2004		Étude des jardins communautaires			Étude de Fismes et coll., 2004		Étude des jardins communautaires		
Sols (ppm)	Laitue ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)	Sols de surface ¹ (ppm)	Sols plus profonds ² (ppm)	Laitue ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)	Sols (ppm)	Carottes ³ ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)	Sols de surface ¹ (ppm)	Sols plus profonds ² (ppm)	Carottes ⁴ ($\mu\text{g}/\text{kg}$ m.f.)
2 526	260				2 526	20			
1 263	180				1 263	14			
172	45				172	8	1 - 24	386 - 97	5,2 - 5,9
53	40	24	1 113	28,7	53	8	2	22	5,5
4	20	<1 - 2	3 - 97	14,8 - 16,7	4	12	1	3	6,2

¹ Sols situés entre 0 et 20-30 cm de profondeur

² Sols situés à plus de 20-30 cm de profondeur

³ Carottes sans pelure

⁴ Carottes avec pelure

■ : Niveau de contamination des sols semblable pour l'étude de Fismes et coll., 2004 et pour l'étude des jardins communautaires

Le Tableau 18 présente les trois HAP mesurés en plus grande proportion dans les sols des jardins ainsi que dans les trois types de légumes des jardins et du marché. Pour la laitue, on retrouve sensiblement les mêmes trois principaux HAP (FLUOR, PHE et PYR) dans les légumes et dans les sols des jardins communautaires. Cependant,

deux des trois principaux HAP mesurés dans la laitue du marché sont différents (BghiP et NA). Pour tous les échantillons de carottes et de tomates, un des principaux HAP des légumes, sinon le principal, est le NA qui est pourtant peu fréquent dans les sols. Les autres principaux HAP de ces légumes sont souvent le PHE et/ou le FLUOR qui sont également deux des principaux HAP des sols.

Tableau 18. Présence des trois HAP les plus importants dans les sols et les légumes des jardins communautaires et du marché

Milieu	HAP	Centre-Sud	Georges-Vanier #0002	Georges-Vanier #0004	HJM #0004	Témoïn	Marché
Sol	1er HAP	FLUOR	FLUOR	FLUOR	FLUOR	FLUOR	inconnu
	2ème HAP	PHE	PYR	PHE	PHE	PYR	inconnu
	3ème HAP	PYR	BbjkF	PYR	PYR	BbjkF	inconnu
Laitue	1er HAP	FLUOR	FLUOR	FLUOR	FLUOR	FLUOR	BghiP
	2ème HAP	PYR	PHE	PHE	PHE	PHE	NA
	3ème HAP	PHE	PYR	PYR	PYR	PYR	PYR
Carotte	1er HAP	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2ème HAP	PHE	PHE	PHE	PHE	PHE	FLUOR
	3ème HAP	FLUOR	FLUOR	FLUOR	FL	FL	CHR
Tomate	1er HAP	NA	NA	NA	NA	BghiP	aucun échantillon
	2ème HAP	BghiP	PHE	PHE	PHE	NA	aucun échantillon
	3ème HAP	PHE	FLUOR	CHR	BghiP	PYR	aucun échantillon

5.4 Facteurs de bioconcentration sol-plante pour les HAP

Le calcul des FBCsp pour les 16 HAP à partir des concentrations de HAP mesurées dans les légumes et dans les sols où ont été cultivés ces légumes a généré un très grand nombre de données. Cependant, si certains FBCsp calculés avec les données des sols de surface (0-30 cm de profondeur) et sous-jacents (30-70 cm de profondeur) sont du même ordre que les FBCsp retenus par Fouchécourt et coll., 2005 et utilisés par la DSP pour évaluer les impacts des sols contaminés des jardins communautaires (Tableau 2), on ne distingue pas de relations claires avec la contamination de l'une ou l'autre profondeur des sols des jardins.

5.5 Exposition des jardiniers aux HAP des légumes des jardins communautaires

Les HAP sont reconnus cancérigènes par les différents organismes de santé internationaux (Santé Canada, Organisation mondiale de la santé, U.S. EPA). Ce sont des substances présentes partout dans notre environnement (air, aliments, etc.) pour lesquelles on cherche à réduire l'exposition au minimum.

Aucun calcul de l'exposition associée à la consommation de légumes des jardins contaminés n'a été réalisé pour les jardiniers compte tenu du grand nombre de substances et du faible échantillon de légumes analysés disponibles. Cependant, étant donné que certains aliments très fréquemment consommés, tels les viandes et les poissons, contiennent des concentrations de HAP beaucoup plus élevées que les concentrations les plus élevées des légumes des jardins communautaires (Tableau 15), l'exposition des jardiniers aux HAP qui proviennent de la consommation de légumes des jardins communautaires apparaît relativement faible comparativement à la dose d'exposition moyenne aux HAP de toute la diète des Québécois.

6. Conclusion

Les résultats de cette étude indiquent que plus les sols des jardins communautaires sont contaminés, plus les légumes cultivés peuvent être contaminés, mais cette relation n'est pas très forte et pas toujours constante. Les mesures effectuées pour les trois types de légumes montrent que les concentrations de plomb de la laitue de tous les jardins contaminés et celles des carottes de certains jardins contaminés sont plus importantes que les concentrations de plomb des mêmes types de légumes disponibles sur le marché. Les concentrations de HAP de la laitue et des carottes de tous les jardins contaminés ainsi que celles des tomates d'un jardin contaminé sont aussi plus élevées que les concentrations de HAP des mêmes types de légumes disponibles sur le marché (bien que la différence soit très minime pour les carottes).

Les concentrations de plomb et de HAP (en termes de benzo(a)pyrène) des légumes cultivés dans tous les jardins communautaires sont cependant toutes inférieures aux recommandations canadienne et européenne établies en vue de protéger la santé des consommateurs. L'exposition des jardiniers à ces contaminants a donc pu être, dans le passé, un peu plus élevée que celle de la population en général, mais on ne craint aucune intoxication ni maladie reliées à la consommation de ces légumes étant donné que la consommation de légumes de jardin représente une faible proportion de la diète totale des jardiniers.

Les résultats de cette étude doivent cependant être considérés avec prudence. En effet, le nombre de légumes analysés est très restreint comparativement à l'ensemble des légumes qui étaient cultivés dans ces jardins. De plus, malgré les efforts déployés, les légumes n'ont pas toujours pu être cultivés exactement aux endroits les plus contaminés des jardins choisis.

Aussi, en considérant les résultats partiels de contamination des légumes ainsi que les résultats de contamination des sols de certains jardins communautaires, la DSP maintient sa recommandation de ne pas cultiver de légumes directement dans les sols très fortement contaminés et de mettre en place des mesures de mitigation. Tous les jardins communautaires de la Ville de Montréal sont maintenant évalués et grâce aux solutions mises en place par les arrondissements et des groupes de jardiniers (décontamination, ajout de sols propres, culture en bac, etc), plusieurs jardins très contaminés ont aujourd'hui retrouvé leur plein usage.

Liste des références

- ATSDR, 1995. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) (update). U.S. Department of Health and Human Services - Public Health Service - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 458 pages.
- ATSDR, 2005. Toxicological profile for naphthalene, 1-methylnaphthalene and 2-methylnaphthalene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 291 pages, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp67.html>.
- ATSDR, 2007. Toxicological profile for lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 528 pages.
- Beausoleil, M. et Côté, N., 2006. Concentrations des métaux dans les légumes du jardin communautaire Baldwin - Évaluation des impacts à la santé. Direction de la santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal. 17 pages, <http://www.santepub-mtl.qc.ca/Environnement/sols/jardins.html>.
- Camargo, M. C. et Toledo, C. F., 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Brazilian vegetables and fruits. Food control, 14: 49-53.
- CCME, 2008. Canadian soil quality guidelines - Carcinogenic and other polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) (Environmental and Human Health Effects) - Scientific supporting Document. Canadian Council of Ministers of the Environment. 210 pages, www.ccme.ca/assets/pdf/pah_soqg_ssd_1401.pdf.
- CEAEQ, 2001. Revue des concentrations de contaminants dans l'environnement du Québec et d'ailleurs (document non publié).
- CEAEQ, 2006. Facteurs de bioconcentration sol-plante pour le cadmium et le plomb - Version préliminaire. Centre d'expertise en analyse environnement du Québec.
- CEAEQ, 2008a. Méthode d'analyse. Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse. Méthode MA. 400 - HAP 1.1. Centre d'expertise en analyse environnement du Québec. 27 pages, http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/list_sols1.htm#metaux.
- CEAEQ, 2008b. Méthode d'analyse. Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon. MA. 200 - Mét. 1.1. Centre d'expertise en analyse environnement du Québec. 34 pages, http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/list_sols1.htm#metaux.
- CEAEQ, 2009. Guides d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales. Cahier 5: échantillonnage des sols. Centre d'expertise en analyse environnement du Québec. 57 pages, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/index.htm#guides>.
- Dabeka, R. W. et McKenzie, A. D., 1995. Survey of Lead, Cadmium, Fluoride, Nickel and Cobalt in Food Composites and Estimation of Dietary Intakes of These Elements by Canadians in 1986-1988. Journal of AOAC International, 78: 897-909.
- Das, D., 1987. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Canadian foods. Agriculture Canada. 131 pages.
- FAO/OMS, 1995. Norme générale CODEX pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de consommation humaine et animale - CODEX STAN 193-1995 (révisée en 2009). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et Organisation mondiale de la Santé (OMS). 49 pages, http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=fr.

- Finster, M. E., Gray, K. A., et Binns, H. J., 2003. Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: a field survey. *The science of the Total Environment*, in press: 1-13.
- Fismes, J., Perrin-Ganier, C., Empereur-Bissonnet, P., et Morel, J. L., 2002. Soil-to-root transfer and translocation of polycyclic aromatic hydrocarbons by vegetables grown on industrial contaminated soils. *J. Environ. Qual.*, 31: 1649-1656.
- Fismes, J., Schwartz, C., Perrin-Ganier, C., et et coll., 2004. Risk of contamination for edible vegetables growing on soils polluted by polycyclic aromatic hydrocarbons. *Polycycl.*, 24: 827-36.
- Fouchécourt, M. O., Beausoleil, M., Lefebvre, L., Valcke, M., Belles-Isles, J. C., et Trépanier, M., 2005. Validation des critères B et C de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés - Protection de la santé humaine (rapport scientifique et annexes). Institut national de santé publique du Québec.
- Gouvernement du Canada, 2006. Règlement sur les aliments et drogues. Gouvernement du Canada, <http://laws.justice.gc.ca/fr/F-27/C.R.C.-ch.870/index.html>.
- Hendershot, W. et Turmel, P., 2007. Is food grown in urban gardens safe? *Integr. environ. Assess. Management*, 3: 463-4.
- Jarrell, W., 2005. Urban soils, plant growth, and human health. Présentation lors du Mini-symposium on urban contaminated soils pour le Gardening safely in urban soils, February 18 2005. 7 pages, <http://www.greenetchicago.org/safe.htm>.
- Kipopoulou, AM, Manoli, E, and Samara, C. Bioconcentration of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetables grown in an industrial area. *Environmental pollution* 106, 369-380. 1999. <[04] Authors>, <[05] Pub Date>. <[03] Title>. <[11] Journal Name> 106: 369-380
- Kulhanek, A., Trapp, S., Sismilich, M., et et coll., 2005. Crop-specific human exposure assessment for polycyclic aromatic hydrocarbons in Czech soils. *Science of the Total Environment*, 339: 71-80.
- MAPAQ, 2007. Rapport d'analyse de plomb dans de la laitue et des tomates du supermarché (données de laboratoire non publiées). Ministère de l'Agriculture, Pêcheries et Alimentation du Québec. 2 pages.
- MDDEP, 1998. Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 124 pages, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/index.htm>.
- MDDEP, 2001. Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés. Gouvernement du Québec, http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R6_01.htm.
- Ministère de l'Environnement du Québec, 2003. Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains. Loi Q-2 et r.18.1.01.
- MSSS, 2002. Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine dans le cadre de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement et de l'examen des projets de réhabilitation de terrains contaminés. Ministère de la Santé et des Services sociaux. 90 pages, www.msss.gouv.qc.ca.
- Samsoe-Petersen, L., Larsen, E. H., Larsen, P. B., et Bruun, P., 2002. Uptake of trace elements and PAHs by fruit and vegetables from contaminated soils. *Environ. Sci. Technol.*, 36: 3057-63.

- Santé Canada, 1996. Canadian soil quality guidelines for contaminated sites, Human health effects: Inorganic lead (final report). 53 pages.
- Santé Canada, 2003. Canadian total Diet Study 1993-1996. Santé Canada, http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/total-diet/concentration/metal_conc_plomb_93-99-eng.php.
- Santé Canada, 2004. L'évaluation du risque pour les lieux contaminés fédéraux a Canada - Partie II: Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) de Santé Canada. Les services d'évaluation de la santé environnementale, Programme de la sécurité des milieux. 5 pages, http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/partie_ii/index-fra.php.
- Sipter, E. et coll., 2008. Site-specific risk assessment in contaminated vegetable gardens. Chemosphere, 71: 1301-7.
- Tremel-Schaub, A. et Feix, I., 2005. Contamination des sols - Transferts des sols vers les plantes. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. 413 pages.
- U.S. Food and Drug Administration, 2005. Total Diet Study - Market Baskets 1991-3 through 2004-4. Food and Drug Administration.
- Verhallen, M. et Roddy, E., 2002. Irrigation des cultures légumières. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_irrigation.htm.
- Ville de Montréal, 2008. Jardins communautaires - Solutions de réhabilitation et plan d'action. Ville de Montréal. 15 pages.
- Villeneuve, S. et Dewailly, E., 1993. La contamination chimique des aliments au Québec - Document de travail non publié. Centre de santé publique de Québec. 17 pages.
- Vyskocil, A., Fiala, Z., Chénier, V., Krajak, L., Ettlerova, E., Bukac, J., Viau, C., et Emminger, S., 2000. Assessment of multipathway exposure of small children to PAH. Environ. Toxicol. Pharmacol., 8: 111-118.
- Wander, M., 2009. Lead in soil: fact sheet. ASAP: Agroecology and Sustainable Agriculture Program, <http://asap.sustainability.uiuc.edu/groups/Urbansoil/leadfolder/Pbpage/>.
- WHO, 2004. Safety evaluation of certain food additives and contaminants - WHO food additives series 44. World Health Organization, <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec12.htm>.
- Wilson, N. K., Chuang, J. C., et Lyu, C., 2001. Levels of persistent organic pollutants in several child day care centers. J., 11: 449-458.

Annexe 1. Localisation des sondages effectués dans les sols des jardins communautaires (1^{re} et 2^e évaluation)

Figure a.

Jardin Parc Baldwin : forage 06F040-0004 de la 1^{ère} évaluation et forage 06F040-0006 (cercle bleu) de la 2^e évaluation

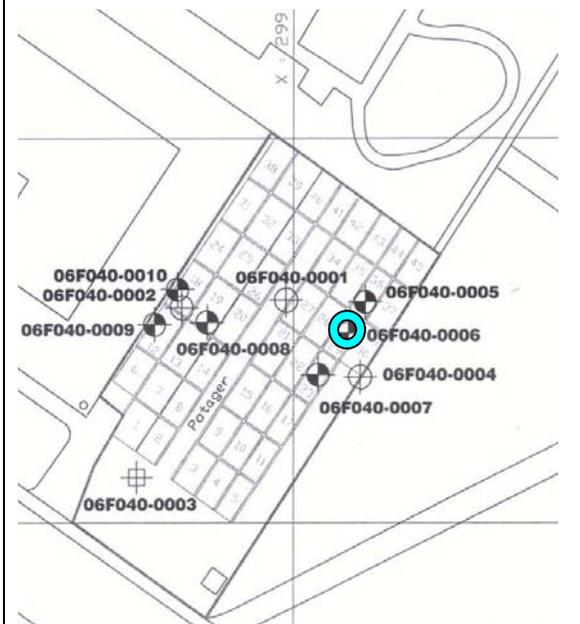


Figure b.

Jardin Rivard : forage 06F164-0002 de la 1^{ère} évaluation; tranchée dans le jardinet près de la clôture et tranchée dans le jardinet du centre (2^e évaluation)

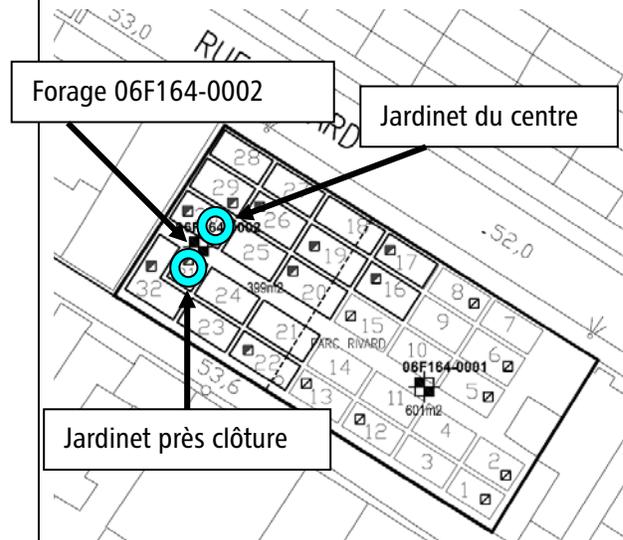


Figure c.

Jardin Centre-Sud : forage 06F038-0002 de la 1^{ère} évaluation; tranchée près des carottes et tranchée près de la laitue et tomate (2^e évaluation)

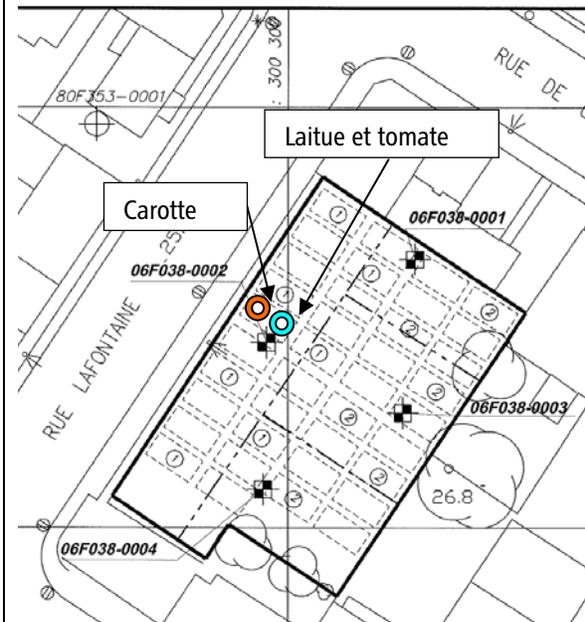


Figure d.

Jardin Habitations Jeanne-Mance : sondages 06F056-0003 et 06F056-0004 effectués lors de la 1^{ère} et de la 2^e évaluation

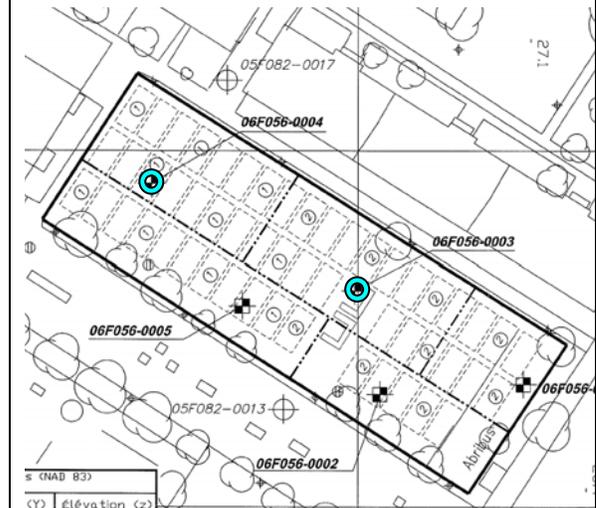


Figure e.

Jardin Georges-Vanier : sondages 06F057-0002 et 06F057-0004 effectués lors de la 1^{ère} et de la 2^e évaluation



Figure f.

Jardin Ste-Marie (jardin témoin) : forage 04F068-0001 de la 1^{ère} évaluation



BON DE COMMANDE

QUANTITÉ	TITRE DE LA PUBLICATION (version imprimée)	PRIX UNITAIRE (tous frais inclus)	TOTAL
	Concentrations de plomb et de HAP mesurées dans les légumes de certains jardins communautaires de Montréal	5 \$	
	NUMÉRO D'ISBN (version imprimée) 978-2-89494-975-7		

Nom _____

Adresse _____

No

Rue

App.

Ville

Code postal

Téléphone _____

Télécopieur _____

Les commandes sont payables à l'avance par chèque ou mandat-poste à l'ordre de la **Direction de santé publique de Montréal**

Veillez retourner votre bon de commande à :

Centre de documentation
Direction de santé publique
Agence de la santé et des services sociaux de Montréal
1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H2L 1M3

Pour information : 514 528-2400 poste 3646

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

Québec 