



Jardin communautaire de Lorimier

Évaluation des impacts à la santé associés à la présence de contaminants dans les sols

Karine Price

Monique Beausoleil

Décembre 2006

**LA PRÉVENTION
EN ACTIONS**

***Garder notre
monde en santé***

Jardin communautaire de Lorimier

Évaluation des impacts à la santé associés à la présence
de contaminants dans les sols

Karine Price, M.Sc., toxicologue

Monique Beausoleil, M.Sc., toxicologue

Décembre 2006

Une réalisation du secteur Vigie et protection

Auteurs :

Karine Price, M.Sc., toxicologue
Monique Beausoleil, M.Sc., toxicologue
Santé environnementale
Secteur Vigie et Protection

Direction de santé publique de Montréal
1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H2L 1M3

Tél. : (514) 528-2400
<http://www.santepub-mtl.qc.ca>

© Direction de santé publique
Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (2006)
Tous droits réservés

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2006
ISBN : 2-89494-550-7 (version imprimée)
ISBN : 2-89494-551-5 (version pdf)

Prix : 5 \$

Sommaire

Au printemps 2006, la Ville de Montréal a fait caractériser les sols du jardin communautaire de Lorimier situé dans l'arrondissement Plateau Mont-Royal, au coin des rues Bordeaux, Gilford et de Lorimier. Cette initiative faisait partie du Programme d'analyse de l'état de la contamination des sols des jardins communautaires de l'île de Montréal, piloté par la Ville de Montréal, en collaboration avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et la Direction de santé publique de Montréal (DSP). Le rôle de la DSP dans ce Programme consiste principalement à évaluer les risques à la santé pour les jardiniers qui consomment les légumes de leur potager.

La principale problématique associée aux sols du jardin de Lorimier est celle d'une contamination en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), puisque les concentrations de métaux et d'hydrocarbures pétroliers sont toutes inférieures aux critères B de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* du MDDEP, critères considérés comme non problématiques au niveau de la santé.

La contamination en HAP du jardin de Lorimier ne constitue pas un risque lors des activités de jardinage (semer, désherber, sarcler) puisque les concentrations de HAP dans les sols de surface (30 premiers cm) sont également inférieures aux critères B. Cependant, l'accumulation des HAP des sols profonds dans les légumes a fait l'objet d'une évaluation des risques à la santé des jardiniers à partir 1) des concentrations de HAP mesurées directement dans des légumes cultivés dans le jardin de Lorimier et 2) des concentrations de HAP estimées dans ces légumes à l'aide d'équations mathématiques.

Afin d'évaluer les impacts des HAP sur la santé des jardiniers, les concentrations de HAP ont été mesurées directement dans des légumes cultivés dans des potagers situés près des sols les plus contaminés à une profondeur accessible aux racines des plantes. Même si tous les résultats obtenus étaient inférieurs aux limites de détection de la méthode d'analyse (on ne connaît donc pas les valeurs exactes), les niveaux de la majorité des HAP étaient plus faibles ou du même ordre de grandeur que les concentrations normalement retrouvées dans des aliments disponibles sur le marché. Cependant, une telle comparaison n'a pas pu être faite pour les autres HAP car leurs limites de détection étaient trop élevées. De plus, on retrouve ailleurs dans le jardin de Lorimier des niveaux de contamination des sols supérieurs à ceux des sols où ont été cultivés ces légumes.

C'est pourquoi les concentrations de HAP ont également été estimées dans quatre types de légumes cultivés dans les sols présentant les niveaux de contamination les plus élevés à une profondeur facilement accessible aux racines nourricières des plantes. Les résultats démontrent que toutes les concentrations de HAP estimées dans ces légumes sont inférieures ou du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les aliments des marchés d'alimentation (sauf pour le phénanthrène où une surestimation importante a probablement été introduite lors de l'utilisation d'un facteur de bioconcentration sol-plantes-feuilles très élevé).

C'est pourquoi, nous croyons qu'il n'y a pas de risques pour la santé des jardiniers à consommer les légumes cultivés dans le jardin de Lorimier. Toutefois, compte tenu de la présence de concentrations de HAP supérieures aux critères B et aux critères C (à plus de 1,40 m de profondeur dans un forage), nous croyons que les différents organismes impliqués dans le Programme d'analyse de l'état de la contamination des sols des jardins communautaires de l'île de

Jardin communautaire de Lorimier

Évaluation des impacts à la santé associés à la présence de contaminants dans les sols

Montréal (soit la Ville de Montréal, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ainsi que la DSP) devront voir, en collaboration avec l'Arrondissement du Plateau-Mont-Royal, si des interventions sont souhaitables pour certaines sections du jardin de Lorimier ayant démontré une contamination importante en HAP.

Table des matières

1.	MISE EN CONTEXTE.....	1
2.	POLITIQUE ET RÈGLEMENTS EN MATIÈRE DE SOLS CONTAMINÉS AU QUÉBEC..	1
3.	CONTAMINATION DES SOLS DU JARDIN COMMUNAUTAIRE DE LORIMIER.....	3
3.1	DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONNAGES DE SOL	3
3.2	RÉSULTATS DE LA CONTAMINATION DES SOLS	3
4.	CONCENTRATIONS DE HAP DANS LES LÉGUMES DU JARDIN COMMUNAUTAIRE DE LORIMIER ET LEUR IMPACT SUR LA SANTÉ.....	11
4.1	CONCENTRATIONS DE HAP MESURÉES DANS LES LÉGUMES DU JARDIN DE LORIMIER	11
4.2	CONCENTRATIONS DE HAP ESTIMÉES DANS LES LÉGUMES DU JARDIN DE LORIMIER	15
4.2.1	<i>Choix des facteurs de bioconcentration sol-plantes</i>	<i>15</i>
4.2.2	<i>Choix des concentrations de HAP dans les sols</i>	<i>17</i>
4.2.3	<i>Estimation des concentrations de HAP dans les légumes du jardin de Lorimier</i>	<i>18</i>
5.	CONCLUSION.....	25
6.	RÉFÉRENCES.....	26
ANNEXE 1:	CONCENTRATIONS DE MÉTAUX, HP ET HAP MESURÉES DANS LES SOLS DU JARDIN DE LORIMIER	29

Liste des tableaux et figures

TABLEAU 1.	DÉFINITION DES CRITÈRES A, B, C ET RESC APPLICABLES AUX SOLS CONTAMINÉS.....	2
TABLEAU 2.	RÉSUMÉ DE LA CONTAMINATION DES SOLS DU JARDIN COMMUNAUTAIRE DE LORIMIER	5
TABLEAU 3.	CONCENTRATIONS DES 17 HAP DANS LES SOLS DU JARDIN DE LORIMIER QUI SONT SUPÉRIEURES AUX CRITÈRES B ET C EN FONCTION DU NUMÉRO DE FORAGE ET DE LA PROFONDEUR DE L'ÉCHANTILLON.....	7
TABLEAU 4.	CONCENTRATIONS DE 25 HAP MESURÉES DANS LES LÉGUMES DU JARDIN DE LORMIER (FORAGES 0005 À 0007) ET DE DEUX JARDINS COMMUNAUTAIRES NON CONTAMINÉS, ET LEUR COMPARAISON AVEC LES CONCENTRATIONS D'ALIMENTS (LÉGUMES ET VIANDES) DES MARCHÉS D'ALIMENTATION.....	13
TABLEAU 5.	FACTEURS DE BIOCONCENTRATION SOL-PLANTE DE 10 HAP.....	17
TABLEAU 6.	PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DE PLUSIEURS LÉGUMES	18
TABLEAU 7.	COMPARAISON ENTRE LES CONCENTRATIONS DE 9 HAP ESTIMÉES DANS LES LÉGUMES CULTIVÉS DANS LES SOLS DU JARDIN DE LORIMIER (CONCENTRATIONS MAXIMALES DANS LES SOLS À 0,40-0,90 M DE PROFONDEUR ET CONCENTRATIONS ÉGALES AUX CRITÈRES B) ET COMPARAISON AVEC LES CONCENTRATIONS NORMALEMENT MESURÉES DANS LES LÉGUMES ET LES VIANDES/POISSONS DES MARCHÉS D'ALIMENTATION.....	21
TABLEAU 8.	CONCENTRATIONS DE 10 HAP ESTIMÉES DANS DES LÉGUMES CULTIVÉS DANS DES SOLS CONTAMINÉS AUX NIVEAUX OBSERVÉS AU SONDAGE 0002 À PLUS DE 1,4 M DE PROFONDEUR, ET COMPARAISON AVEC LES CONCENTRATIONS NORMALEMENT MESURÉES DANS LES LÉGUMES ET LES VIANDES/POISSONS DES MARCHÉS D'ALIMENTATION	24
FIGURE 1.	LOCALISATION DES ÉCHANTILLONNAGES DE SOLS ET RÉSUMÉ DE LA CONTAMINATION EN HAP DES SOLS DE SURFACE ET EN PROFONDEUR	9

1. Mise en contexte

Au printemps 2006, la Ville de Montréal a fait caractériser les sols du jardin communautaire de Lorimier situé dans l'arrondissement Plateau Mont-Royal, au coin des rues Bordeaux, Gilford et de Lorimier. Cette initiative faisait partie du Programme d'analyse de l'état de la contamination des sols des jardins communautaires de l'île de Montréal, piloté par la Ville de Montréal, en collaboration avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et la Direction de santé publique de Montréal (DSP). Le rôle de la DSP dans ce Programme consiste principalement à évaluer les risques à la santé pour les jardiniers qui consomment les légumes de leur potager. Ces informations sont ensuite utilisées afin que les collaborateurs du Programme puissent émettre les recommandations les plus appropriées quant à la nécessité ou non de réhabiliter les sols des jardins évalués¹.

Pour évaluer les risques à la santé des jardiniers du jardin de Lorimier :

- La DSP a étudié les concentrations de métaux, d'hydrocarbures pétroliers (HP) et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) mesurées dans plusieurs échantillons de sol de surface et de sol en profondeur (allant jusqu'à 2,4 m) du jardin de Lorimier.
- Elle a également considéré les concentrations de HAP mesurées et estimées dans quelques légumes du jardin de Lorimier, et les a comparées avec les concentrations mesurées dans les légumes de deux autres jardins communautaires non contaminés et avec celles de différents aliments disponibles dans les marchés d'alimentation.
- Elle a finalement évalué les risques à la santé pour les jardiniers qui consomment les légumes de leur potager.

Ce document présente donc la démarche utilisée ainsi que les résultats de cette évaluation de risques.

2. Politique et règlements en matière de sols contaminés au Québec

Au Québec, les sols contaminés sont gérés à l'aide de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (Ministère de l'Environnement du Québec, 1999). Cette *Politique* présente des critères² pour plusieurs substances chimiques selon différents types d'utilisation des sols (résidentiel, commercial et industriel) (Tableau 1).

Ainsi, les **critères A** représentent les concentrations de métaux et autres paramètres inorganiques qu'on retrouve naturellement dans les sols non contaminés au Québec (niveau bruit de fond) et les limites de détection recommandées pour l'analyse des substances organiques (telles les HAP) en

¹ Bien entendu, si ces risques apparaissent trop élevés, la DSP peut alors recommander à l'Arrondissement de ne plus permettre la culture de légumes dans le jardin communautaire.

² Depuis avril 2003, les critères B et C de la *Politique* du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs sont devenus des normes dans le *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*.

laboratoire. Les **critères B** représentent les concentrations maximales acceptables pour la construction résidentielle, particulièrement pour les édifices où les résidants ont accès à des portions de terrains privés (ex. : maison unifamiliale, maison en rangée, duplex, triplex, etc) ainsi que pour certains usages récréatif et institutionnel³. Les **critères C** représentent les concentrations maximales permises pour des terrains à vocation commerciale ou industrielle, à moins qu'une analyse de risques démontre qu'il est possible de laisser une partie de la contamination en place. Enfin, les **critères RESC**, tirés du *Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés*, représentent les concentrations maximales permises pour enfouir de tels sols contaminés dans un lieu d'enfouissement autorisé.

Tableau 1. Définition des critères A, B, C et RESC applicables aux sols contaminés

Contamination	Définition	Tirés de
Critère A	Niveau de contamination en bruit de fond au Québec pour les métaux et autres paramètres inorganiques, et limite de détection de la méthode d'analyse de laboratoire pour les substances organiques	<i>Politique</i> du MDDEP ¹
Critère B	Niveau de contamination maximal généralement acceptable pour des terrains à vocation résidentielle ² , récréative et institutionnelle ³	<i>Politique</i> du MDDEP
Critère C	Niveau de contamination maximal généralement acceptable pour des usages commercial et industriel ³	<i>Politique</i> du MDDEP
Critère RESC	Niveau de contamination maximal permis pour l'enfouissement des sols contaminés dans un lieu d'enfouissement autorisé	<i>Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés</i>

¹ MDDEP : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

² Lorsque les résidants ont accès à des portions de terrains privés (ex. : maison unifamiliale, maison en rangée, duplex, triplex, etc).

³ A moins qu'une analyse des risques démontre qu'il est possible de laisser une partie de la contamination en place.

Il n'existe pas de critères concernant spécifiquement la culture de légumes dans un potager. Généralement, les concentrations de contaminants dans les sols de terres agricoles du Québec sont inférieures aux critères A. La DSP considère que le respect des critères A est un objectif souhaitable pour un jardin potager afin de réduire au minimum notre exposition aux HAP. Cependant, elle estime que des concentrations allant jusqu'aux critères B sont acceptables pour un tel usage et qu'elles protègent adéquatement la santé des jardiniers (Fouchécourt et coll. (2005); Beausoleil, 2005)⁴.

C'est pourquoi, dans le cadre de l'analyse des impacts sanitaires des contaminants présents dans les sols du jardin communautaire de Lorimier, nous considérons que le respect des critères B permet d'assurer la protection de la santé des utilisateurs.

³ Dans certaines circonstances, une partie des sols contaminés au-delà des critères B peut être laissée en place si une analyse démontre qu'ils ne présentent pas de risques à la santé.

⁴ Soulignons que compte tenu de la gestion des terrains contaminés qui est actuellement faite à l'aide des critères, on peut retrouver des concentrations de contaminants jusqu'aux critères B dans des potagers établis à l'arrière d'une cour de maison unifamiliale.

3. Contamination des sols du jardin communautaire de Lorimier

3.1 Description des échantillonnages de sol

Les échantillons de sols du jardin communautaire de Lorimier ont été prélevés en deux étapes. Une première série de mesures a été réalisée sur quatre échantillons composites⁵ de terre de culture (06F039-TC1 à 06F039-TC4) prélevés dans les 30 premiers cm en surface et de quatre sondages (06F039-0001 à 06F039-0004) effectués jusqu'à une profondeur maximale de 2,4 mètres (Inspec-Sol, 2006a). En août 2006, trois nouveaux forages ont été réalisés près du sondage 06F039-0004 (lequel avait présenté les plus fortes contaminations en HAP à faible profondeur), soit les sondages 06F039-0005 à 06F039-0007 (Inspec-Sol, 2006b). La localisation de ces échantillons de sol est présentée à la **Figure 1**.

Tous ces échantillons ont été analysés en laboratoire afin de mesurer leur teneur en métaux, en hydrocarbures pétroliers (HP) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). La famille des HAP contenant une grande quantité de contaminants, les analyses ont porté sur 25 d'entre eux.

3.2 Résultats de la contamination des sols

Le **Tableau 2** et le **Tableau 3** présentent un résumé des concentrations de contaminants mesurées dans les sols du jardin communautaire de Lorimier (l'ensemble des résultats est présenté à l'annexe 1). Les analyses démontrent que les **concentrations de métaux et de HP** mesurées à toutes les profondeurs de sols échantillonnées sont soit inférieures aux critères A, soit inférieures aux critères B du MDDEP, c'est-à-dire les niveaux considérés comme non problématiques pour la culture de légumes dans des potagers personnels.

Cependant, la gamme des concentrations de **HAP** mesurées dans les sols de ce jardin est plus étalée. Ainsi :

- **En surface**, les concentrations mesurées dans les 30 premiers cm de terre de culture des échantillons composites TC1 à TC4 ainsi que les échantillons des 20-30 premiers cm des forages 0005 à 0007 sont inférieures aux critères A ou aux critères B.
- **Plus en profondeur**⁶,
 - Les sondages 0001, 0005 et 0006 ont démontré des concentrations de HAP toujours inférieures aux critères B.
 - Au sondage 0002, les concentrations de HAP sont dans la plage B-C entre 0,40 et 1,40 m de profondeur, et supérieures aux critères C entre 1,40 m et 1,70 m.

⁵ Un échantillon composite de terre de culture comprend le mélange de la terre de culture de 10 potagers.

⁶ Les sondages 0001 à 0004 ont été faits dans les allées ou dans les aires de circulation afin de protéger l'intégrité des aires cultivées. Il faut donc considérer que la surface de ces sondages est environ 20 cm en dessous de la surface des potagers. Cependant, les sondages 0005 à 0007 ont été faits directement dans les potagers.

- Au sondage 0003, les concentrations de HAP se situent dans la plage B-C entre 0,40 et 0,70 m, inférieures aux critères B entre 0,70 et 0,80 m, dans la plage B-C entre 0,80 et 1,10 m, et inférieures aux critères A entre 1,10 et 1,60 m.
- Au sondage 0004, les concentrations de HAP se situent dans la plage B-C entre 0,40 et 2,40 m.
- Au sondage 0007, les concentrations de HAP se situent dans la plage B-C entre 0,60 et 1,20 m.

Le **Tableau 3** présente les concentrations des 17 HAP individuels qui sont supérieures aux critères B et C.

La **Figure 1** présente une illustration de la répartition géographique des concentrations de HAP. On peut observer que les concentrations de HAP sont toutes inférieures aux critères B dans les 20-30 premiers cm de sol. Les concentrations de HAP des forages 0001, 0005 et 0006 sont inférieures aux critères B à toutes les profondeurs alors qu'elles se situent dans la plage B-C pour les forages 0003, 0004 et 0007, et qu'elles sont supérieures aux critères C pour le forage 0002 (à une profondeur de plus de 1,40 m).

Tableau 2. Résumé de la contamination des sols du jardin communautaire de Lorimier

Terre de culture : pH = 8,21 – 8,42 ; COT = 3,80 – 5,62 % ; épaisseur : environ 30 cm (20 cm en surface des allées et 10 cm en profondeur)																					
Échantillons	# 06F039-TC-1			# 06F039-TC-2			# 06F039-TC-3			# 06F039-TC-4			# 06F039-TC-5			# 06F039-TC-6			# 06F039-TC-7		
Contaminants	M	HP	HAP																		
Surface																					
Remblais en profondeur : pH = 8,59 – 8,99 ; COT = 0,67 – 2,10 % ; CEC = 8,7 meq/100 g																					
Échantillons	# 06F039-0001			# 06F039-0002			# 06F039-0003			# 06F039-0004			# 06F039-TC-5			# 06F039-TC-6			# 06F039-TC-7		
Contaminants	M	HP	HAP																		
0,20 m															(a)						
0,40 m	(ch)			(a)		(1)	(a, c)		(4)	(ch,a)		(6)									
0,60 m							(a,c,ch)								(a)						(10)
0,70 m																					
0,80 m									(5)												
0,90 m				(a)		(2)	(a,c,ch)			(ch,a)		(7)									
1,0 m																					
1,10 m							(sn)														
1,40 m	ROC			(c,ch)		(3)				(ch,g,c)		(8)									
1,70 m																					
1,90 m										(ch,g,c)		(9)									
2,0 – 2,40 m									ROC												

Fin du forage

COT : Carbone organique total
CEC : Capacité d'échange cationique

M : métaux; HP : hydrocarbures pétroliers HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques (c) : cendres (ch) : charbon (a) : asphalte (g) : goudron (sn) : sol naturel

	Aucune mesure effectuée	< A	Concentration inférieure au critère A	A-B	Concentration située dans la plage A-B
B-C	Concentration située dans la plage B-C	> C	Concentration supérieure au critère C	RESC	Concentration supérieure au critère du RESC

Concentrations de tous les HAP supérieures aux critères B en mg/kg m.s. :

- (1) BaA : 1,1; BaP : 1,1; BbjkF : 1,9; CHR : 1,4
- (2) BaA : 1,2; BbjkF : 1,8; CHR : 1,1
- (3) ANT : 17; BaA : 20 (>C); BaP : 16 (>C); BbjkF : 28 (>C); BghiP : 8; BcP : 2,7; CHR : 19 (>C); DBahA : 3,4; DBaP : 4,2 pp; 13DMN : 1,7; IND : 8,2; FLUO : 53; 1MN : 2,7; 2MN : 3,5; NA : 7,6; PHE : 55 (>C); PYR : 38
- (4) BaA : 1,6; BaP : 1,3; BbjkF : 2,4; CHR : 1,7
- (5) BbjkF : 1,1
- (6) BaA : 7,2; BaP : 5,2; BbjkF : 9,1; BghiP : 2,2; CHR : 6,8; DBaP : 1,2; FLUOR : 19; IND : 2,4; PHE : 22; PYR : 13
- (7) BaA : 6,6; BaP : 4,6; BbjkF : 8,2; BghiP : 2,3; CHR : 5,9; DBaP : 1,2; FLUOR : 14; IND : 2,4; PHE : 14; PYR : 11
- (8) BaA : 4,4; BaP : 3,3; BbjkF : 5,8; BghiP : 1,7; CHR : 4,2; FLUOR : 11; IND : 1,6; 2MN : 1,2; PHE : 13
- (9) BaA : 2,2; BaP : 1,8; BbjkF : 3,2; CHR : 2
- (10) BaA : 3,3; BaP : 2,6; BbjkF : 4,8; BghiP : 1,3; CHR : 3,0; IND : 1,3; PHE : 8,2

Tableau 3. Concentrations des 17 HAP dans les sols du jardin de Lorimier qui sont supérieures aux critères B et C en fonction du numéro de forage et de la profondeur de l'échantillon.

HAP \ Concentration (mg/kg m.s.)	Numéro de forage Profondeur									
	#0002 0,40m	#0002 0,90m	#0002 1,40m	#0003 0,40m	#0003 0,80m	#0004 0,40m	#0004 0,90m	#0004 1,40m	#0004 1,90m	#0007 0,60m
anthracène			17							
benzo(a)anthracène	1,1	1,2	20	1,6		7,2	6,6	4,4	2,2	3,3
benzo(a)pyrène	1,1		16	1,3		5,2	4,6	3,3	1,8	2,6
benzo(b,j,k)fluoranthène	1,9	1,8	28	2,4	1,1	9,1	8,2	5,8	3,2	4,8
benzo(g,h,i)pérylène			8			2,2	2,3	1,7		1,3
benzo(c)phénanthrène			2,7							
chrysène	1,4	1,1	19	1,7		6,8	5,9	4,2	2	3
dibenzo(a,h)anthracène			3,4			1				
dibenzo(a,l)pyrène			4,2			1,2	1,2			
1,3-diméthylnaphtalène			1,7							
fluoranthène			53			19	14	11		
indéno(1,2,3-cd)pyrène			8,2			2,4	2,4	1,6		1,3
1-méthylnaphtalène			2,7							
2-méthylnaphtalène			3,5					1,2		
naphtalène			7,6							
phénanthrène			55			22	14	13		8,2
pyrène			38			13	11			

■ : Concentration supérieure au critère C

Jardin communautaire de Lorimier

Évaluation des impacts à la santé associés à la présence de contaminants dans les sols

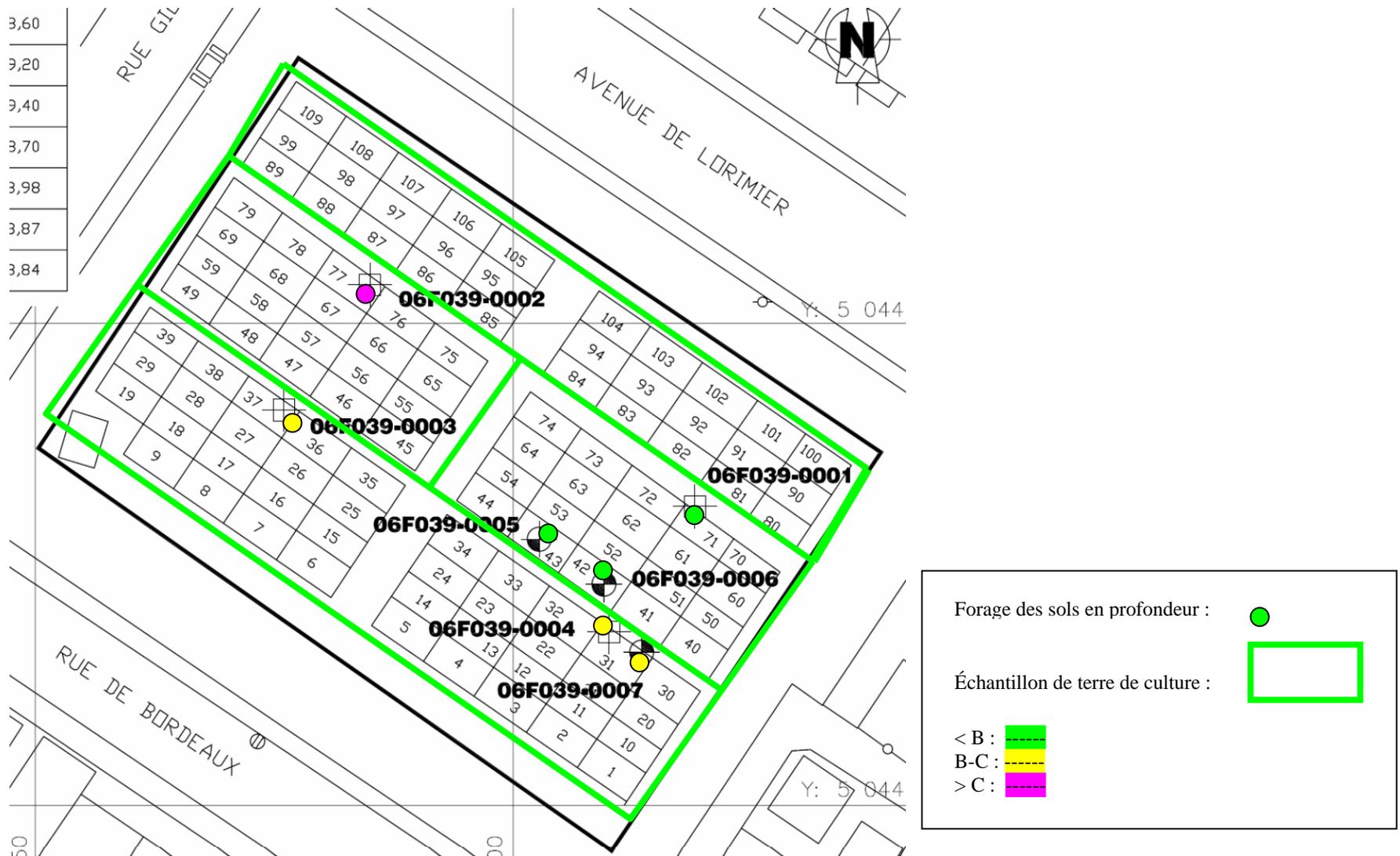


Figure 1. Localisation des échantillonnages de sols et résumé de la contamination en HAP des sols de surface et en profondeur

4. Concentrations de HAP dans les légumes du jardin communautaire de Lorimier et leur impact sur la santé

Les HAP étant présents partout dans notre environnement, tous les **aliments** disponibles sur le marché en contiennent une petite quantité. Les **fruits et légumes** contiennent cependant peu de HAP car les sols où ils sont cultivés en contiennent peu : en effet, les concentrations de HAP des sols agricoles sont généralement inférieures ou égales aux critères A (données ontariennes citées par Fouchécourt et coll. (2005)). Lorsque les concentrations de HAP dans les sols sont plus élevées, les fruits et légumes accumulent alors plus de HAP. Les **viandes et poissons** peuvent contenir plus de HAP car le mode de cuisson, spécialement le fumage et la cuisson sur BBQ, peut favoriser la présence de HAP.

Il existe deux façons de connaître les niveaux de contamination des légumes cultivés dans des sols contaminés par les HAP : on peut mesurer directement les concentrations de HAP dans les légumes cueillis du jardin (section 4.1) ou les estimer en utilisant des formules mathématiques (section 4.2). Ces deux méthodes ont été utilisées afin d'évaluer les risques à la santé des jardiniers du jardin de Lorimier.

4.1 Concentrations de HAP mesurées dans les légumes du jardin de Lorimier

En août dernier, des légumes ont été cueillis dans le jardin de Lorimier (aux forages 0005 à 0007) ainsi que dans deux autres jardins communautaires dont les sols ne sont pas contaminés (jardins Henri-Julien et Sainte-Marie). Les concentrations de HAP ont été mesurées dans ces légumes (par le CEAEQ, 2006) ainsi que dans les sols des potagers où ces légumes avaient été cultivés (par Maxxam sous la supervision de la Ville de Montréal, 2006a).

Le **Tableau 4** présente un résumé des concentrations de HAP mesurées dans les légumes de ces jardins ainsi que celles normalement observées dans des aliments disponibles dans les marchés d'alimentation. On y constate que toutes les concentrations des 25 HAP mesurées dans les quatre types de légumes (carotte, laitue, concombre, tomate) des trois jardins communautaires se situent sous les limites de détection de la méthode d'analyse⁷. On ne peut donc pas comparer les valeurs des légumes du jardin de Lorimier avec celles des légumes des autres jardins communautaires. De même, on ne peut pas comparer les valeurs des légumes du jardin de Lorimier avec les concentrations des légumes des marchés d'alimentation, sauf pour 2 HAP : les valeurs de dibenzo(a,h)anthracène des carottes du jardin de Lorimier ainsi que celles de chrysène des laitues du jardin de Lorimier sont inférieures ou du même ordre de grandeur que celles des mêmes légumes des marchés d'alimentation (illustrées en gris pâle au **Tableau 4**). Cependant, les valeurs de plusieurs HAP des légumes du jardin de Lorimier sont plus faibles ou du même ordre de grandeur

⁷ Cela signifie que les concentrations réelles de HAP sont inférieures aux valeurs présentées, mais qu'on ignore la valeur exacte de ces concentrations; elles peuvent être un peu plus faibles que la limite de détection de la méthode ou beaucoup plus faibles.

que les concentrations normalement retrouvées dans les viandes/poissons des marchés d'alimentation (illustrées en gris foncé au **Tableau 4**).

Les résultats des mesures de HAP dans les légumes sont donc rassurants puisque les concentrations de plusieurs HAP sont inférieures ou du même ordre de grandeur que celles de certains aliments des marchés d'alimentation. Cependant, compte tenu 1) qu'on ne peut tirer cette conclusion pour tous les HAP étant donné que toutes les valeurs mesurées sont inférieures aux limites de détection de la méthode d'analyse et 2) que la contamination des sols où ont été cultivés ces légumes n'est pas la plus élevée dans le jardin de Lorimier, il nous apparaissait nécessaire de recourir à la deuxième façon de connaître la contamination des légumes, soit l'estimation des concentrations de HAP dans les légumes cultivés dans les sols les plus contaminés du jardin de Lorimier à partir d'équations mathématiques.

Tableau 4. Concentrations de 25 HAP mesurées dans les légumes du jardin de Lorimier (cultivés près des forages 0005 à 0007) et de deux jardins communautaires non contaminés, et leur comparaison avec les concentrations d'aliments des marchés d'alimentation

Aliments	Carotte			Laitue			Concombre			Tomate			Viandes poissons
	de Lorimier	Autres jardins	Marché ¹	de Lorimier	Autres jardins	Marché ¹	de Lorimier	Autres jardins	Marché ¹	de Lorimier	Autres jardins	Marché ¹	Marché ¹
acénaphthène	<3 ²	<3		<30	<30 à <50	0,634	<30	<30	0,634	<3 à <30	<3 à <30	0,634	24-46
acénaphthylène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
anthracène	<3	<3	0,036	<30	<30 à <50	0,036	<30	<30	0,036	<3 à <30	<3 à <30	0,036	4,5-7,1
benzo(a)anthracène	<3	<3	0,03-0,172	<30	<30 à <50	0,172-1,2	<30	<30	0,04-0,172	<3 à <30	<3 à <30	0,03-0,172	0,1-3
benzo(a)pyrène	<3	<3	0,01-0,4	<30	<30 à <50	0,01-1,3	<30	<30	0,01-1,3	<3 à <30	<3 à <30	0,01-1,3	0,01-5
benzo(b,j,k)fluoranthène	<3	<3	0,027-0,04	<30	<30 à <50	0,027-0,1	<30	<30	0,027-0,04	<3 à <30	<3 à <30	0,027-0,04	0,09-1,7
benzo(c)phénanthrène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
benzo(g,h,i)pérylène	<3	<3	0,055	<30	<30 à <50	0,027-0,055	<30	<30	0,055	<3 à <30	<3 à <30	0,055	0,03-6
chrysène	<3	<3	0,3	<30	<30 à <50	0,3-28	<30	<30	0,2-0,5	<3 à <30	<3 à <30	0,2-0,5	0,9-25,4
dibenzo(a,h)anthracène	<3	<3	0,04-2,6	<30	<30 à <50	0,04-2,6	<30	<30	0,04-2,6	<3 à <30	<3 à <30	0,04-2,6	0,2-1,5
dibenzo(a,h)pyrène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
dibenzo(a,i)pyrène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
dibenzo(a,l)pyrène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
7,12-diméthylbenzo(a)anthracène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
1,3-diméthylnaphtalène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
fluoranthène	<3	<3	0,05-0,3	<30	<30 à <50	0,3-3	<30	<30	0,3-1,3	<3 à <30	<3 à <30	0,3-1,3	0,3-30
fluorène	<3	<3	0,43	<30	<30 à <50	0,43	<30	<30	0,43	<3 à <30	<3 à <30	0,43	5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	<3	<3	0,04	<30	<30 à <50	0,04	<30	<30	0,04	<3 à <30	<3 à <30	0,04	0,04
3-méthylcholanthrène	<7	<5 à <7		<50 à <60	<60 à <100		<60	<50 à <60		<7 à <60	<5 à <50		
1-méthylnaphtalène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
2-méthylnaphtalène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		
naphtalène	<3	<3	0,94	<30	<30 à <50	0,94	<30	<30	0,94	<3 à <30	<3 à <30	0,94	1,94-176
phénanthrène	<3	<3	0,82	<30	<30 à <50	0,82	<30	<30	0,82	<3 à <30	<3 à <30	0,82	3-58
pyrène	<3	<3	0,4-1	<30	<30 à <50	0,6-5	<30	<30	0,4-5	<3 à <30	<3 à <30	0,4-5	3,2-25
2,3,5-triméthylnaphtalène	<3	<3		<30	<30 à <50		<30	<30		<3 à <30	<3 à <30		

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

¹ CEAEQ (2001), Lodovici (1995), Vyskocil (2002) et Wilson et coll. (2001) cités par Fauchécourt et coll. (2005)

² <3 : la concentration de HAP réelle du légume est inférieure à la valeur indiquée.

■ Valeurs de HAP des légumes des jardins (inférieures à la limite de détection) inférieures ou du même ordre de grandeur que les concentrations mesurées dans les légumes du marché

■ Valeurs de HAP des légumes des jardins (inférieures à la limite de détection) inférieures ou du même ordre de grandeur que les concentrations mesurées dans les viandes du marché

4.2 Concentrations de HAP estimées dans les légumes du jardin de Lorimier

4.2.1 Choix des facteurs de bioconcentration sol-plantes

Pour estimer les concentrations de HAP des légumes d'un jardin à partir des concentrations de HAP des sols de ce jardin, on utilise des équations mathématiques qui ont été développées à partir d'expérimentations sur le terrain (Bundt, M. et coll. (2001), Fryer et coll. (2003), Fismes, J. et coll. (2004), Kulhanek, A. et coll. (2005)). Ces équations comportent des facteurs de bioconcentration sol-plante (BCF_{spl}) qui sont spécifiques aux contaminants et à certaines parties de la plante consommées (par exemple, les racines de légumes-racines tels les carottes, les feuilles de légumes-feuilles tels les laitues, les fruits de légumes-fruits tels les tomates). Nous présentons ci-dessous les équations générales.

Pour les racines et les feuilles :

$$C_{racine} = C_{sol} \times BCF_{spl-racine} \times TMS$$

$$C_{feuille} = C_{sol} \times BCF_{spl-feuille} \times TMS$$

- où
- C_{racine} : concentration de HAP dans le légume-racine en mg/kg m.f. (matière fraîche)
 - $C_{feuille}$: concentration de HAP dans le légume-feuille en mg/kg m.f. (matière fraîche)
 - C_{sol} : concentration de HAP dans le sol en mg/kg m.s. (matière sèche)
 - $BCF_{spl-racine}$: facteur de bioconcentration sol-légume-racine (mg/kg m.s./mg/kg sol humide)
 - $BCF_{spl-feuille}$: facteur de bioconcentration sol-légume-feuille (mg/kg m.s./mg/kg sol humide)
 - TMS : taux de matière sèche dans le légume (généralement entre 0,10 et 0,20)

Pour les fruits :

$$C_{fruit} = \left[C_{sol} \times BCF_{spl-feuille} + \frac{C_{extg} \times BVA}{\rho_{air}} \right] \times \frac{TMS}{10}$$

- où
- C_{fruit} : concentration de HAP dans le légume-fruit en mg/kg m.f. (matière fraîche)
 - C_{sol} : concentration de HAP dans le sol en mg/kg m.s. (matière sèche)
 - $BCF_{spl-feuille}$: facteur de bioconcentration sol-légume-feuille (mg/kg m.s./mg/kg sol humide)
 - C_{extg} : concentration de contaminant provenant du sol dans l'air (mg/m³)
 - BVA : facteur de bioconcentration air-feuille (mg/kg m.s./mg/kg air vapeur sec)
 - ρ_{air} : densité de l'air (1,19 kg/m³)
 - TMS : taux de matière sèche (légume-fruit = 0,16)

Dans les sols du jardin de Lorimier, les concentrations de 17 HAP sont supérieures aux critères B (**Tableau 3**). Nous avons trouvé des BCF valides pour 10 de ces 17 HAP pour la présente étude (valeurs présentées en caractères gras au **Tableau 5**). Ils proviennent principalement du travail de Fouchécourt et coll. (2005). Cependant, les $BCF_{spl-feuille}$ retenus pour estimer les concentrations

de HAP dans les légumes-feuilles et dans les légumes-fruits ont été modifiés à partir d'une récente revue de la littérature (Bundt, M. et coll. (2001), Samsøe-Petersen, L. et coll. (2002), Fismes, J. et coll. (2002) et (2004), Kulhanek, A. et coll. (2005)). En effet, les BCF_{spl-feuille} initialement proposés par Fouchécourt et coll. (2005) étaient ceux de Travis et Arms (1988) qui, à la lumière des dernières recherches, apparaissent trop élevés (ils surestiment les concentrations réelles dans les plantes de 100 à 1 000 fois pour certains HAP). L'utilisation des BCF_{spl-feuille} de Trapp et Matthies (1995) permet de réduire cette surestimation.

Malgré cette modification, les BCF_{spl-feuille} des HAP ayant un faible poids moléculaire et un faible log_{Kow} (coefficient de partage octanol:eau) présentent encore une très grande surestimation des concentrations de HAP dans les légumes-feuilles, particulièrement pour 3 HAP : l'anthracène, le naphthalène et le phénanthrène. C'est pourquoi la présente étude n'a pas tenu compte de 2 de ces HAP afin de ne pas présenter des valeurs irréalistes (anthracène et naphthalène). Cependant, les estimations des concentrations de phénanthrène dans les légumes-feuilles ont quand même été réalisées compte tenu des niveaux de contamination importants en phénanthrène dans les sols du jardin de Lorimier à de faibles profondeurs.

Enfin, aucun BCF n'a été trouvé dans la littérature scientifique pour le benzo(c)phénanthrène, le dibenzo(a,l)pyrène, le 1,3-diméthyl-naphthalène, le 1-méthyl-naphthalène et le 2-méthyl-naphthalène. La concentration de ces 5 HAP n'a donc pas été estimée dans les légumes du jardin de Lorimier.

Afin de s'assurer que les valeurs des BCF_{spl-racine} et des BCF_{spl-feuille} utilisés dans ce rapport reflètent bien la réalité, nous avons comparé les concentrations de HAP estimées dans les légumes avec des valeurs de HAP réellement mesurées dans les légumes par Fismes et coll. (2002). Nous avons observé que pour la somme des 16 HAP jugés d'importance majeure par le USEPA (1993), les BCF que nous avons retenus pour les feuilles et les racines sont maintenant de 3 à 4 fois plus élevés que les BCF provenant de l'expérimentation de Fismes et coll. (2002), ce qui représente une surestimation acceptable.

Tableau 5. Facteurs de bioconcentration sol-plante de 10 HAP

Substance	Log K _{ow} ⁴	BCFspl-racine ¹	BCFspl-feuille ²		BVA ³
		Briggs et coll., 1982	Trapp et Matthies, 1995 ⁵	Travis et Arms, 1988 ⁴	Fouchécourt et coll., 2005
benzo(a)anthracène	5,7	0,000854	0,000212	0,0268	36 890
benzo(a)pyrène	6,11	0,000641	0,0000246	0,0155	61 880
benzo(b,j,k)fluoranthène	6,11	0,000641	0,0000151	0,0155	35 700
benzo(g,h,i)pérylène	6,5	0,000993	0,0000115	0,0092	41 650
chrysène	5,7	0,000761	0,000211	0,0268	27 370
dibenzo(a,h)anthracène	6,69	0,000984	0,00000093	0,00714	8 330
fluoranthène	5,12	0,00221	0,0035	0,0581	8 092
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,65	0,00047	0,00000118	0,00753	44 030
phénanthrène	4,55	0,000587	0,0387	0,124	2 380
pyrène	5,11	0,00158	0,00367	0,0589	9 520

Les valeurs présentées **en gras** sont celles utilisées dans la présente étude.

¹ BCFspl-racine : facteur de bioconcentration sol-légume-racine (mg/kg m.s./mg/kg sol humide)

² BCFspl-feuille : facteur de bioconcentration sol-légume-feuille (mg/kg m.s./mg/kg sol humide)

³ BVA : bioconcentration air-feuille (mg/kg m.s./mg/kg air vapeur sec)

⁴ Valeurs utilisées précédemment par Fouchécourt et coll. (2005)

⁵ Tiré de Kulhanek et coll. (2005)

4.2.2 Choix des concentrations de HAP dans les sols

Le choix des concentrations de HAP dans les sols est déterminant pour estimer les concentrations de HAP dans les légumes. Il doit être fait en considérant les concentrations de HAP des sols les plus élevées de façon à présenter le pire scénario, mais il faut également que les racines des légumes cultivés puissent être suffisamment profondes afin d'être en contact avec la contamination.

Les racines des plantes potagères peuvent atteindre des profondeurs importantes afin de stabiliser les plantes et de les nourrir (de 45 à 90 cm pour la laitue, de 90 à 1,20 m pour la carotte et le concombre et plus de 1,20 m pour la tomate, selon la revue *La feuille de chou* de la Ville de Montréal (2006b)). Cependant, les racines nourricières des légumes atteignent des profondeurs moins importantes (de 0 à 30 cm pour la laitue, de 30 à 60 cm pour la carotte, le concombre et la tomate, et plus de 60 cm pour l'asperge ou la courge d'hiver, tel qu'illustré au **Tableau 6** (Verhallen et coll. (2002)).

Tableau 6. Profondeur d'enracinement de plusieurs légumes

De 0 à 30 cm de profondeur	De 30 à 60 cm de profondeur	Plus de 60 cm de profondeur
Céleri Laitue Oignon Pomme de terre Radis	Brocoli Carotte Chou Chou-fleur Concombre Courgette Haricot Melon Poivron Tomate	Asperge Citrouille Courge d'hiver Maïs sucré Melon d'eau Panais

Tiré de Verhallen et coll. (2002)

A la lumière de ces informations, les estimations de la contamination en HAP des légumes du jardin de Lorimier ont été réalisées selon deux scénarios de contamination des sols : 1) les concentrations de HAP les plus élevées du jardin de Lorimier situées à des profondeurs accessibles aux racines de la majorité des légumes cultivés dans les jardins communautaires (soit la contamination observée au forage 0004 entre 0,40 et 0,90 m de profondeur) et 2) les concentrations de HAP dans les sols égales aux critères B afin de présenter un point de comparaison.

Les concentrations de HAP mesurées dans les sols de 1,4 à 1,7 m de profondeur au forage 0002 sont plus importantes que celles du forage 0004. Cependant, elles n'ont pas été retenues dans un premier temps puisque cette contamination apparaît beaucoup trop profonde pour que les racines de la majorité des légumes puissent l'atteindre. Une estimation de la contamination de légumes dont les racines nourricières seraient très longues sera présentée ultérieurement à titre d'information (section 4.2.3.2).

4.2.3 Estimation des concentrations de HAP dans les légumes du jardin de Lorimier

4.2.3.1 Estimation pour des concentrations de HAP dans le sol à une profondeur de 0,40-0,90 m

La contamination en HAP des légumes du jardin de Lorimier a été estimée pour :

1. Trois types de légumes (légume-racine, légume-feuille et légume-fruit),
2. Dix HAP pour lesquels des facteurs de bioconcentration représentatifs sont disponibles (y compris le phénanthrène), et
3. Deux niveaux de contamination des sols en HAP (concentrations maximales observées au forage 0004 entre 0,40 et 0,90 m de profondeur et concentrations égales aux critères B à titre de comparaison).

Ces concentrations estimées ont ensuite comparées avec les concentrations de HAP normalement mesurées dans les légumes et viandes/poissons disponibles dans les marchés d'alimentation.

Les résultats de ces estimations sont présentés au **Tableau 7**. On constate que les concentrations de HAP estimées dans les légumes cultivés dans les sols du forage 0004, bien que plus élevées que les concentrations estimées dans les légumes cultivés dans des sols contaminés aux critères B, sont plus faibles que les concentrations de HAP des légumes et les viandes/poissons des marchés d'alimentation. Deux exceptions : la concentration de 0,22 µg/kg m.f. de indéno(1,2,3-cd)pyrène dans les légumes racines (qui est cependant plus faible que d'autres aliments tels les céréales, le lait de formule et les huiles (Dennis et coll. (1991) cités par Fouchécourt et coll. (2005))) et la concentration de 84,7 µg/kg m.f. de phénanthrène dans les légumes-feuilles qui est légèrement supérieure à celle retrouvée dans les viandes et poissons des marchés d'alimentation. Il faut cependant rappeler ici que le BCF_{spl-feuille} du phénanthrène surestime la concentration réellement mesurée dans de tels légumes.

Des conclusions similaires avaient également été tirées suite à la mesure des concentrations de HAP dans des légumes cultivés dans des sols contaminés sensiblement aux mêmes concentrations de HAP que ceux du jardin communautaire de Lorimier (Samsoe-Petersen et coll. (2002), Fismes et coll. (2002)). Fismes et coll. (2004) ont effectué deux programmes d'études portant sur le transfert des HAP dans les légumes cultivés sur des sols contaminés. Lors de ces programmes de recherche, quatre différentes méthodes d'analyse des concentrations de HAP dans les légumes ont été étudiées. Les auteurs ont conclu que lorsque les sols étaient propices à la construction résidentielle (c'est-à-dire que leur contamination se rapprochait des critères B), les concentrations de HAP mesurées dans les légumes n'étaient pas significativement différentes des concentrations normalement rencontrées. De plus, ils ont observé que même dans des sols plus contaminés (près du critère C), aucun HAP n'était présent à des concentrations significatives dans les fruits des plantes légumières et les légumes tubercules (carottes ou pommes de terre).

Jardin communautaire de Lorimier

Évaluation des impacts à la santé associés à la présence de contaminants dans les sols

Tableau 7. Comparaison entre les concentrations de 10 HAP estimées dans les légumes cultivés dans les sols du jardin de Lorimier (concentrations maximales dans les sols à 0,40-0,90 m de profondeur du forage 0004 et concentrations égales aux critères B) et comparaison avec les concentrations normalement mesurées dans les légumes et les viandes/poissons des marchés d'alimentation

HAP	Jardin communautaire de Lorimier								Variation des concentration dans les produits des marchés d'alimentation ¹	
	Concentrations estimées dans les légumes à partir des concentrations maximales des sols du forage 0004 à 0,40-0,90 m de profondeur				Concentrations estimées dans les légumes à partir des concentrations des sols égales aux critères B				Légumes (µg/kg m.f.)	Viandes et poissons (µg/kg m.f.)
	Sols	Légumes (µg/kg m.f.)			Sols	Légumes (µg/kg m.f.)				
	(mg/kg)	Racines	Feuilles	Fruits	(mg/kg)	Racines	Feuilles	Fruits		
benzo(a)anthracène	7,2	1,22	1,41	0,23	1	0,16	0,188	0,03	0,03 - 1,2	0,1 - 3
benzo(a)pyrène	5,2	0,65	0,184	0,41	1	0,1	0,032	0,07	0,01 - 1,3	0,01 - 5
benzo(b,j,k)fluoranthène	9,1	1,08	0,187	0,03	1	0,3	0,018	0,003	0,03 - 0,5	0,09 - 1,17
benzo(g,h,i)pérylène	2,2	0,42	0,00243	0,0004	1	0,18	0,001	0,0002	0,03 - 0,06	0,03 - 6
chrysène	6,8	1	15,1	2,4	1	0,14	2,02	0,32	0,3 - 28	0,9 - 25,4
dibenzo(a,h)anthracène	1	0,187	0,00043	0,000069	1	0,187	0,00043	0,000069	0,04 - 2,6	0,2 - 1,5
fluoranthène	19	8,35	8,9	1,4	10	4,4	4,65	0,74	0,05 - 3	0,3 - 30
indéno(1,2,3-cd)pyrène	2,4	0,22	0,00062	0,0001	1	0,089	0,00025	0,00004	0,04	0,04 ²
phénantrène	22	2,6	84,7	13,5	5	0,58	19	3	0,82	3,0-58
pyrène	13	4	6,41	1	10	3	4,92	0,8	0,4-5	3,2-25

Les concentrations de HAP dans les légumes présentées en gras sont celles qui dépassent les concentrations mesurées dans des produits disponibles aux marchés d'alimentation.

¹ Fouchécourt et coll. (2005)

² Des concentrations de 0,25 µg/kg m.f., de 0,8 µg/kg m.f. et de 1,5 µg/kg m.f. d'indéno(1,2,3-cd)pyrène ont été observées dans les céréales, le lait de formule et les huiles (Dennis et coll. (1991) cités par Fouchécourt et coll. (2005))

Concentration de HAP dans les sols égale aux critères B du MDDEP

Concentration de HAP dans les sols dans la plage B-C des critères du MDDEP

Concentration de HAP dans les sols supérieure aux critères C du MDDEP

4.2.3.2 Estimations pour des concentrations de HAP dans le sol à une profondeur de 1,40 à 1,70 m

A titre d'information, nous avons également élaboré un **scénario moins probable** de contamination des légumes cultivés dans les sols les plus contaminés du jardin de Lorimier, soit ceux du forage 0002. Ce scénario nous apparaît peu probable parce que la contamination des sols est observée à plus de 1,4 m de profondeur, soit une zone difficilement accessible par les racines nourricières de la majorité des plantes potagères. Il permet cependant d'avoir une certaine idée de la contamination en HAP de légumes cultivés dans de tels sols.

Le **Tableau 8** présente les concentrations de 10 HAP estimées dans des légumes-racines, des légumes-feuilles et des légumes-fruits, et une comparaison avec les concentrations de HAP présentes dans des légumes et des viandes/poissons disponibles aux marchés d'alimentation.

On constate que les concentrations de benzo(a)pyrène, de benzo(ghi)pérylène, de dibenzo(a,h)anthracène, de fluoranthène et de pyrène estimées dans les différents légumes ne sont pas plus élevées que les concentrations de ces mêmes HAP présentes dans des légumes et/ou des viandes et poissons disponibles aux marchés d'alimentation. La concentration d'indéno(1,2,3-cd)pyrène, bien que supérieure aux concentrations observées dans les viandes et poissons, est du même ordre de grandeur que d'autres aliments tel le lait de formule et les huiles (Dennis et coll. (1991) cités par Fouchécourt et coll. (2005)). Cependant, les concentrations de benzo(a)anthracène, de benzo(b,j,k)fluoranthène, de chrysène et de phénanthrène estimées dans ces différents légumes sont plus importantes que toutes les concentrations de ces mêmes HAP présentes dans des légumes et des viandes/poissons disponibles en supermarché. Cette différence est particulièrement plus importante pour le phénanthrène et est probablement attribuable en grande partie à la surestimation associée au BCF_{spl}-feuille de ce HAP de faible poids moléculaire et de faible logK_{ow}.

Suite à l'analyse des concentrations dans les légumes, nous avons estimé l'apport additionnel de contaminants dans l'alimentation annuelle des jardiniers suite à une consommation de 10% de tels légumes en provenance du jardin de Lorimier. Nous avons estimé que l'ingestion de ces légumes entraînerait une augmentation de 34%, de 45%, de 87%, de 15% et de 1,5 fois l'apport total en benzo(a)anthracène, en benzo(b,j,k)fluoranthène, en chrysène, en indéno(1,2,3-cd)pyrène et en phénanthrène, respectivement, qui provient de l'alimentation moyenne des Québécois (selon les données de Fouchécourt et coll. (2005)). Il faut cependant tenir compte que la probabilité d'un tel scénario est faible. Seuls quelques légumes ont la capacité de puiser aussi profondément leurs nutriments dans le sol (**Tableau 6**) et plusieurs d'entre eux ne peuvent pas être cultivés dans les jardins communautaires de Montréal à cause de leurs propriétés envahissantes (citrouilles géantes) ou de leur très grande taille (maïs) (Ville de Montréal, 2002 ; Ville de Montréal, 2005).

Tableau 8. Concentrations de 10 HAP estimées dans des légumes cultivés dans des sols contaminés aux niveaux observés au sondage 0002 à plus de 1,4 m de profondeur, et comparaison avec les concentrations normalement mesurées dans les légumes et les viandes/poissons des marchés d'alimentation

HAP	Concentrations estimées dans les légumes à partir des valeurs de sols situés à 1,4 m et + dans le forage 0002				Variation des concentration dans les produits du supermarché ²	
	Sols ¹ (mg/kg m.s.)	Légumes (µg/kg m.f.)			Légumes (µg/kg m.f.)	Viandes et poissons (µg/kg m.f.)
		Racines	Feuilles	Fruits		
benzo(a)anthracène	20	3,4	3,9	0,63	0,03 - 1,2	0,1 - 3
benzo(a)pyrène	16	2	0,6	1,3	0,01 - 1,3	0,01 - 5
benzo(b,j,k)fluoranthène	28	3,6	1,8	0,1	0,03 - 0,5	0,09 - 1,17
benzo(g,h,i)pérylène	8	1,6	0,01	0,0015	0,03 - 0,06	0,03 - 6
chrysène	19	2,9	42,5	6,8	0,3 - 28	0,9 - 25,4
dibenzo (a,h)anthracène	3,4	0,66	0,0015	0,00024	0,04 - 2,6	0,2 - 1,5
fluoranthène	53	23,4	25	4	0,05 - 3	0,3 - 30
indéno(1,2,3-cd)pyrène	8,2	0,8	0,002	0,00034	0,04	0,04 - 0,2 ³
phénantrène	55	6,45	212	34	0,82	3,0-58
pyrène	38	11,9	18,8	3	0,4-5	3,2-25

¹ Seules les concentrations de HAP supérieures aux critères B et C et pour lesquels les valeurs de logK_{ow} sont raisonnables sont présentées ici.

² Fouchécourt et coll, (2005)

³ Des concentrations de 0,8 µg/kg m.f. et de 1,5 µg/kg m.f. d'indéno(1,2,3-cd)pyrène ont été observées dans le lait de formule et les huiles (Dennis et coll. (1991) cités par Fouchécourt et coll. (2005))

Concentration de HAP dans les sols dans la plage B-C des critères du MDDEP

Concentration de HAP dans les sols supérieure aux critères C du MDDEP

5. Conclusion

En analysant l'ensemble des informations disponibles pour le jardin communautaire de Lorimier, on constate que la principale problématique associée aux sols est celle d'une contamination en HAP, puisque les concentrations de métaux et de HP sont toutes inférieures aux critères B de la *Politique* du MDDEP considérés comme non problématiques au niveau de la santé. De plus, la contamination en HAP ne constitue pas un risque lors des activités de jardinage (semier, désherber, sarcler) puisque les concentrations de HAP dans les sols de surface (30 premiers cm) sont également inférieures aux critères B. Cependant, l'accumulation de HAP dans les légumes cultivés dans ce jardin a fait l'objet d'une évaluation des risques à la santé des jardiniers.

Afin d'évaluer les impacts des HAP sur la santé des jardiniers, les concentrations de HAP ont été mesurées directement dans des légumes cultivés dans des potagers situés près des sols les plus contaminés à une profondeur accessible aux racines des plantes. Même si tous les résultats obtenus étaient inférieurs aux limites de détection de la méthode d'analyse (on ne connaît donc pas les valeurs exactes), les niveaux de la majorité des HAP étaient plus faibles ou du même ordre de grandeur que les concentrations normalement retrouvées dans des aliments disponibles sur le marché. Cependant, une telle comparaison n'a pas pu être faite pour les autres HAP car leurs limites de détection étaient trop élevées. De plus, on retrouve ailleurs dans le jardin de Lorimier des niveaux de contamination des sols supérieurs à ceux des sols où ont été cultivés ces légumes.

C'est pourquoi les concentrations de HAP ont également été estimées dans quatre types de légumes cultivés dans les sols présentant les niveaux de contamination les plus élevés à une profondeur facilement accessible aux racines nourricières des plantes. Les résultats démontrent que toutes les concentrations de HAP estimées dans ces légumes sont inférieures ou du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les aliments des marchés d'alimentation (sauf pour le phénanthrène où une surestimation importante a probablement été introduite lors de l'utilisation d'un facteur de bioconcentration sol-plantes-feuilles très élevé).

Nous pouvons donc conclure que les concentrations de HAP des légumes du jardin de Lorimier sont peut-être plus importantes que celles de légumes cultivés dans des sols faiblement contaminés (les niveaux normalement observés en agriculture par exemple), mais leur niveau de contamination n'est pas plus important que certains autres types d'aliments couramment consommés. **C'est pourquoi, nous croyons qu'il n'y a pas de risques pour la santé des jardiniers à consommer les légumes cultivés dans le jardin de Lorimier.**

Toutefois, compte tenu de la présence de concentrations de HAP supérieures aux critères B et aux critères C (à plus de 1,40 m de profondeur dans un forage), nous croyons que les différents organismes impliqués dans le Programme d'analyse de l'état de la contamination des sols des jardins communautaires de l'île de Montréal (soit la Ville de Montréal, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ainsi que la DSP) devront voir, en collaboration avec l'Arrondissement du Plateau-Mont-Royal, si des interventions sont souhaitables pour certaines sections du jardin de Lorimier ayant démontré une contamination importante en HAP.

6. RÉFÉRENCES

- Beausoleil, M. (2005). Contamination des sols des jardins communautaires Villeraie de la Ville de Montréal – Évaluation des impacts à la santé. Direction de santé publique de Montréal.
- CEAEQ (2006). Certificats d'analyse des HAP dans les légumes des jardins communautaires de Lorimier, Henri-Julien et Sainte-Marie. Août 2006
- Fismes J., Perrin-Ganier C., Empereur-Bissonnet P. et Morel J.L. (2002). Soil-to-root transe 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., Morel J.L., Charissou A.-M. et Jourdain M.J. (2004). Risk of contamination for edible vegetables growing on soils polluted by polycyclic aromatic hydrocarbons. *Polycyclic Aromatic Compounds* 24: 827-836.
- Fouchécourt M.O., Beausoleil M., Lefebvre L., Valcke M., Belles-Isles J.C. et Trépanier M., (2005). Validation des critères de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés – Protection de la santé humaine. Institut de santé publique du Québec.
- Fryer M.E. et Collins C.D. (2003). Model intercomparison for the uptake of organic chemicals by plants. *Environ.Sci. Technol.* 37: 1617-1624.
- Inspec-Sol (2006a). Étude de caractérisation environnementale – Jardin communautaire de Lorimier. 10 août 2006.
- Inspec-Sol (2006b). Rapport de forage et certificats d'analyse de Maxxam Analytique Inc – Jardin communautaire de Lorimier. Août 2006.
- Kulhanek A., Trapp S., Sismilich M., Janku J. et Zimova M. (2005). Crop-specific human exposure assessment for polycyclic aromatic hydrocarbons in Czech soils. *Sci. Tot. Environ.* 339 : 71-80.
- Ministère de l'Environnement du Québec (1999). Politique de protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés.
- 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 : 3057-3063.
- USEPA (1993). Provisional guidance for quantitative risk assessment of PAH, EPA/600/R-93/089. Washington (DC): US Environmental Protection Agency.
- Verhallen A. et Roddy E. (2002), Irrigation des cultures légumières, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de Affaires rurales, Ontario (MAAO), Disponible au : http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_irrigation.htm
-

Jardin communautaire de Lorimier

Évaluation des impacts à la santé associés à la présence de contaminants dans les sols

Ville de Montréal (2002). La feuille de chou. Mai-juin 2002.

Ville de Montréal (2005). La feuille de chou. Mai-juin 2005.

Ville de Montréal (2006a). Rapports de forage et certificats d'analyse de la contamination des sols de quelques jardins communautaires de Montréal. Août 2006.

Ville de Montréal (2006b). La feuille de chou. Mai-juin 2006.

Jardin communautaire de Lorimier

Évaluation des impacts à la santé associés à la présence de contaminants dans les sols

Tableau des concentrations de HAP pour les forages 0005 à 0007 du jardin de Lorimier

	Unités	A	B	C	06F039-5-1A	06F039-5-2	06F039-5-3	06F039-6-1A	06F039-6-1B	06F039-7-1A	06F039-7-2
% Humidité	%	-	-	-	22	26	11	30	15	17	14
HAP											
Acénaphène	mg/kg	0,1	10	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,9
Acénaphthylène	mg/kg	0,1	10	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Anthracène	mg/kg	0,1	10	100	ND	0,2	0,2	ND	0,1	0,1	2,3
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0,1	1	10	ND	0,2	0,4	0,1	0,3	0,3	3,3
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0,1	1	10	ND	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	2,6
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	0,1	1	10	0,2	0,3	0,6	0,3	0,4	0,7	4,8
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,5
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	0,1	ND	0,1	0,2	1,3
Chrysène	mg/kg	0,1	1	10	ND	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	3
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,5
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,7
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoranthène	mg/kg	0,1	10	100	0,1	0,5	0,9	0,4	0,6	0,8	7,7
Fluorène	mg/kg	0,1	10	100	ND	ND	0,1	ND	ND	ND	1,1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	0,1	ND	0,1	0,2	1,3
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Naphtalène	mg/kg	0,1	5	50	ND	ND	ND	0,1	ND	ND	0,4
Phénanthrène	mg/kg	0,1	5	50	ND	0,6	0,9	0,3	0,4	0,5	8,2
Pyrène	mg/kg	0,1	10	100	0,1	0,4	0,6	0,3	0,4	0,6	6
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0,1	1	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = Non Détecté

Lab-Dup = Laboratory Initiated Duplicate

N/A = Non applicable

Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

LDR = limite de détection rapportée

BON DE COMMANDE

QUANTITÉ	TITRE DE LA PUBLICATION	PRIX UNITAIRE (tous frais inclus)	TOTAL
	Jardin communautaire de Lorimier Évaluation des impacts à la santé associés à la présence de contaminants dans les sols	5 \$	
	NUMÉRO D'ISBN OU D'ISSN 2-89494-550-7		

Nom _____

Organisme _____

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 de Montréal
1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H2L 1M3

Pour information : (514) 528-2400, poste 3646.