



Caractérisation exploratoire des sols du secteur Limoilou à Québec

Mars 2014

Direction des lieux contaminés et des matières dangereuses

Direction générale des politiques du milieu terrestre
et de l'analyse économique

**Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs**

Québec 

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteur : Johanne Laberge
Direction des lieux contaminés et des matières dangereuses

Collaborateurs : Éric Bonin
Direction régionale de la Capitale nationale et de la Chaudière-Appalaches

Pierre-Étienne Vachon
Direction régionale de la Capitale nationale et de la Chaudière-Appalaches

Bernard Gaboury
Direction des lieux contaminés et des matières dangereuses

Mise en page : Gaétane Michaud, agente de secrétariat

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIF.....	1
3. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE	2
4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	8
5. CONCLUSION	17

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte des vents pour la ville de Québec.....	2
Figure 2 : Localisation des terrains échantillonnés	4
Figure 3 : Localisation des terrains échantillonnés (agrandissement).....	4
Figure 4 : Concentrations en nickel dans les sols selon la profondeur.....	10
Figure 5 : Concentrations en cadmium dans les sols selon la profondeur.....	10
Figure 6 : Concentrations en cuivre dans les sols selon la profondeur	11
Figure 7 : Concentrations en plomb dans les sols selon la profondeur	11
Figure 8 : Concentrations en étain dans les sols selon la profondeur.....	12
Figure 9 : Concentrations en zinc dans les sols selon la profondeur.....	12

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des terrains échantillonnés.....	3
Tableau 2 : Résultats de caractérisation des sols (Jardin communautaire)	27
Tableau 3 : Résultats de caractérisation des sols (parc d’Iberville)	28
Tableau 4 : Résultats de caractérisation des sols (rivière Saint-Charles et parc Sylvain Lelièvre).....	29
Tableau 5 : Résultats de caractérisation des sols (domaine Maizeret)	30
Tableau 6 : Résultats de caractérisation des sols (parc Jeunesse et baie de Beauport)	31

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Photographies des zones échantillonnées	19
Annexe 2 : Tableau des résultats de caractérisation des sols	27

1. INTRODUCTION

À l'automne 2012, des citoyens du quartier Limoilou ont soulevé des préoccupations concernant un épisode de poussières rouges dans l'air ambiant de leur secteur. Des analyses chimiques de poussières prélevées sur des surfaces extérieures et dans des échantillonneurs d'air ambiant localisés dans le quartier ont permis aux citoyens de déterminer que ces poussières présentaient des concentrations importantes en nickel, en cuivre et en zinc (Lalande, 2013).

Les analyses et les expertises réalisées au printemps 2013 par la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE) du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) ont permis de constater que les concentrations en nickel observées dans les filtres de l'échantillonneur d'air de la station des Sables, située dans le quartier Limoilou, étaient supérieures aux concentrations urbaines habituelles et supérieures à la norme annuelle de nickel dans l'air ambiant adoptée par le Québec en 2011 dans le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (Walsh, 2013). De plus, en fonction de la relation entre les concentrations de nickel et la direction des vents, de la relation entre le cobalt et le nickel, et de l'analyse minéralogique des poussières et des particules en suspension, la DSEE a confirmé que les valeurs élevées de nickel sous forme porteuse de minerai de pentlandite provenaient du dépôt de minerai en transit au port de Québec.

Afin de déterminer si les poussières contaminées ont pu s'accumuler à la surface des sols et représenter un risque potentiel, une campagne de caractérisation exploratoire des sols a été réalisée à l'été 2013. Bien que le nickel représente le contaminant le plus préoccupant en fonction des concentrations importantes trouvées sur les filtres de la station de la qualité de l'air, les analyses chimiques réalisées sur les sols ont également considéré d'autres métaux.

Le présent rapport présente la localisation des sept terrains qui ont été échantillonnés, la procédure qui a été utilisée pour le prélèvement des échantillons de sols, les résultats des analyses chimiques réalisées sur ceux-ci, de même qu'une interprétation des résultats et des recommandations.

2. OBJECTIF

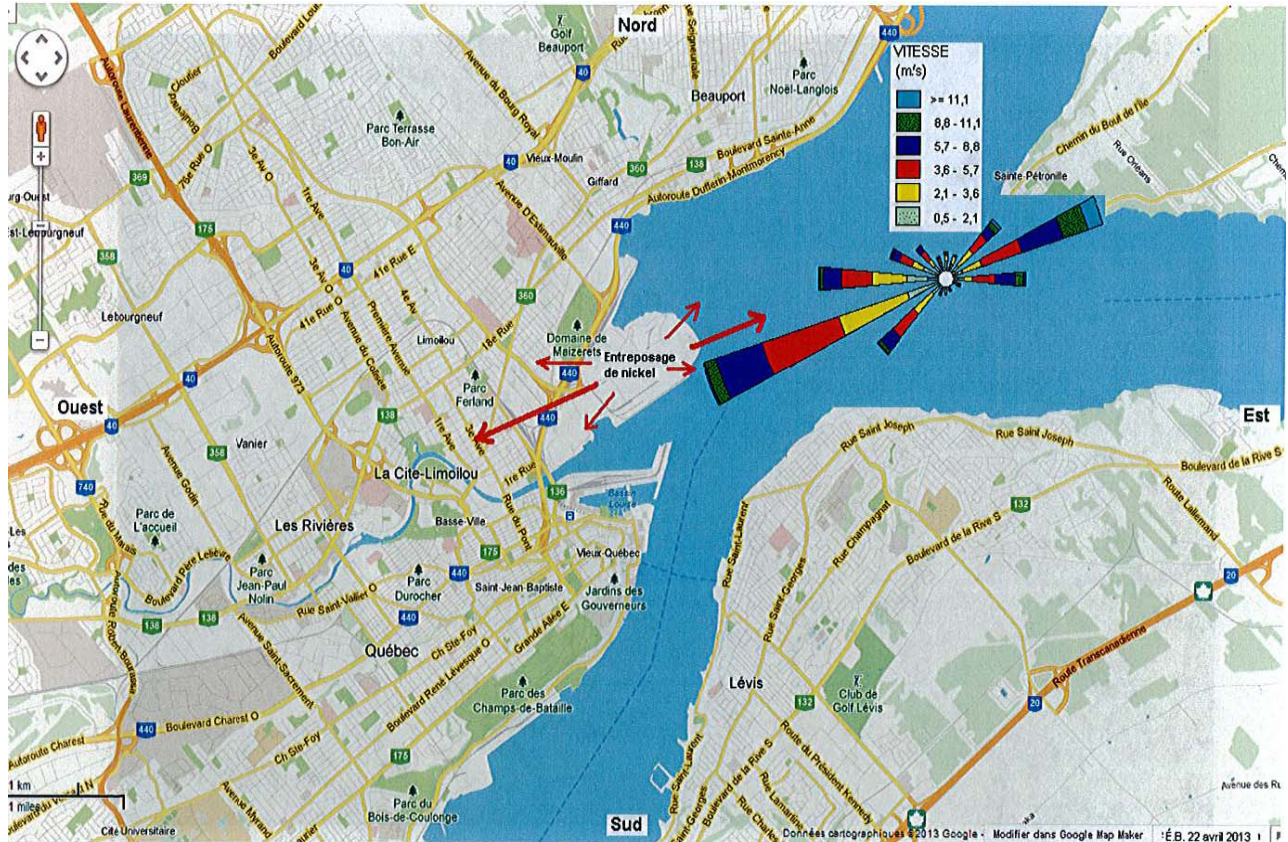
L'objectif de la campagne d'échantillonnage des sols était de vérifier de façon quantitative la présence de nickel dans les sols de surface, et de déterminer si les concentrations trouvées pouvaient représenter un risque potentiel en fonction des critères applicables de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*.

3. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE

Localisation des terrains échantillonnés

La caractérisation des sols a été réalisée sur sept terrains sélectionnés. Ceux-ci ont été identifiés à partir d'une photo Google Earth en fonction de leur localisation dans la zone d'exposition aux vents dominants (voir la figure 1) en provenance du port de Québec, et de la présence d'espaces libres de construction. Les terrains ont aussi été choisis en fonction de la distance les séparant de la source d'émissions localisée au port de Québec. Avant d'officialiser le choix, les terrains ont été visités par des représentants du MDDEFP pour s'assurer de l'accès aux terrains et aux sols. Des essais de prélèvement de sols ont été faits à l'aide d'un tube d'échantillonnage, d'une tarière et d'une pelle ronde pour déterminer le type d'échantillonneur le plus approprié. De plus, la nature des sols a été vérifiée pour s'assurer que les sols des terrains sélectionnés permettaient un échantillonnage manuel.

Figure 1 : Carte des vents pour la ville de Québec

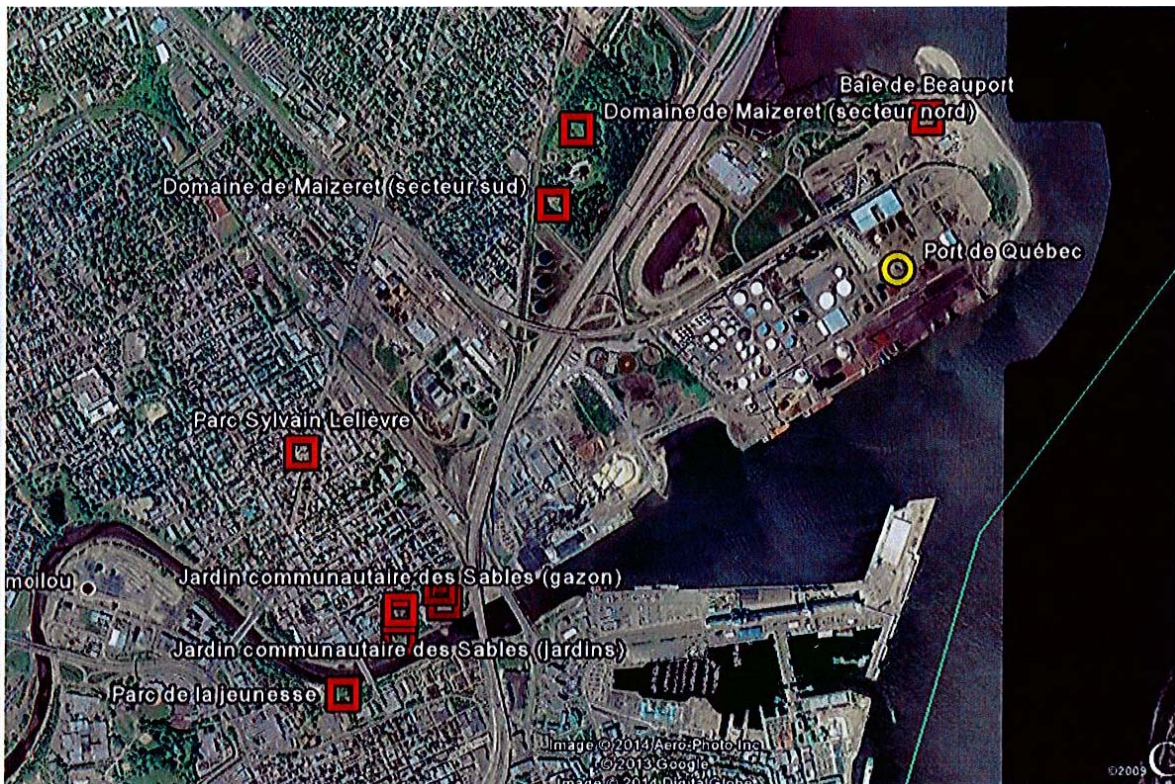
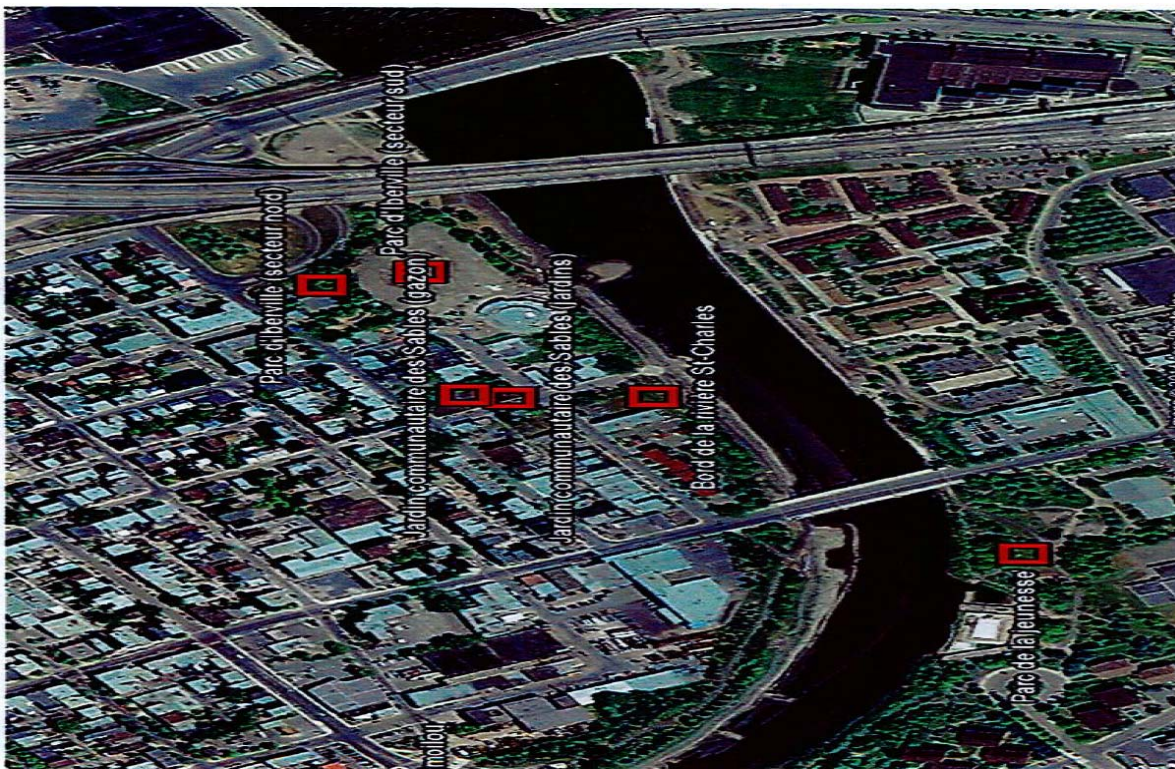


Les terrains sélectionnés sont identifiés dans le tableau 1 et sont localisés sur les figures 2 et 3.

Tableau 1 : Liste des terrains échantillonnés

Identification du terrain	Zone d'échantillonnage	Coordonnées géographiques*	Distance du Port de Québec	Nombre de zones	Remarque
Baie de Beauport	Zone gazonnée près de l'édifice d'accueil	N 46,837934 W 71,196646	500 m	1	Zone aménagée dans les années 2000
Domaine Maizeret	Zone gazonnée (secteur nord)	N 46,837383 W 71,213728	1 450 m	1	
	Zone gazonnée près d'espace de jeux (secteur sud)	N 46,834879 W 71,214823	1 400 m	1	
Parc d'Iberville Rue des Sables	Zone gazonnée près de la station de mesure de la qualité de l'air des Sables (secteur nord)	N 46,83518 W 71,29285	2 130 m	1	Réaménagement du parc en 2002 - 2003
	Zone gazonnée où une patinoire est installée en hiver (secteur sud)	N 46,83518 W 71,29285	2 140 m	1	
Jardin communautaire de la rue des Sables	Sols meubles dans le jardin	N 46,821080 W 71,221990	2 280 m	4	
	Zone gazonnée en bordure du jardin	N 46,821310 ; W 71,221940	2 260 m	1	
Bord de la rivière Saint-Charles Hauteur de la 4 ^e avenue	Zone gazonnée en bordure de la piste cyclable, rivière Saint-Charles	N 46,820360 W 71,221950	2 330 m	1	Zone de remblai recouverte de gazon en bordure de la rivière
Parc Sylvain Lelièvre Coin 4 ^e avenue-Canardière	Plate-bande de végétaux	N 46,826501 W 71,226855	2 400 m	1	Terrain aménagé en 1990
Parc de la Jeunesse Coin rue Du Pont et Prince-Édouard	Zone gazonnée	N 46,818439 W 71,224755	2 600 m	1	Zone de remblai recouverte de gazon en bordure de la rivière

* Les données présentées ont été obtenues à l'aide de l'atlas géomatique du MDDEFP et Google Earth.

Figure 2 : Localisation des terrains échantillonnés**Figure 3 : Localisation des terrains échantillonnés (agrandissement)**

Réalisation des travaux d'échantillonnage

Les travaux d'échantillonnage ont été réalisés du 4 au 19 mai 2013.

Stratégie d'échantillonnage

Pour chaque terrain, l'approche ciblée, décrite à la page 13 du Cahier 5 : Échantillonnage des sols du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*, a été utilisée pour la localisation des zones à échantillonner. Selon la grandeur du terrain, une ou plusieurs zones d'échantillonnage ont été délimitées (voir tableau 1). Ces zones devaient être, dans la mesure du possible, exposées et exemptes d'arbres, pour que l'accumulation des poussières soit optimale. De plus, les zones d'échantillonnage devaient être situées à proximité du mobilier urbain accessible et utilisé par les citoyens. Les sols des zones d'échantillonnage devaient également être assez meubles pour permettre un carottage à une profondeur d'au moins 20 cm.

La stratégie d'échantillonnage recommandée à la page 38 du *Guide de caractérisation des terrains* pour l'échantillonnage des sols de surface dans le cas d'une contamination aérotransportée a été utilisée. Pour chacune des zones dont la superficie varie de 15 m par 15 m jusqu'à 25 m par 25 m, 5 stations d'échantillonnage ont été localisées pour constituer un échantillon composé. Selon la géométrie de la zone à échantillonner, une première station fut localisée au centre et les 4 autres ont été disposées en quinconce, lorsque possible, sinon en maximisant l'espace disponible. La distance entre chaque station d'échantillonnage a été mesurée à l'aide d'une roulette métrique. La position géographique de chaque station a été déterminée à l'aide d'un GPS.

Protocole d'échantillonnage

Partant du fait que les contaminants ont été transportés sous forme de poussières de façon aérienne, la profondeur maximale de l'échantillonnage a été fixée à 20 cm. L'échantillonnage a été réalisé, tel que recommandé dans le *Guide de caractérisation des terrains* du MDDEFP pour les surface gazonnées, en divisant l'épaisseur de sols à caractériser en 4 sections, selon les intervalles suivants : 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm et 15-20 cm.

Avant de procéder à l'échantillonnage, des photos ont été prises de chacune des zones échantillonnées, lesquelles sont jointes à l'annexe 1. À l'aide d'une pelle propre, une petite tranchée a été faite au centre de la zone à échantillonner, de façon à exposer les 20 premiers centimètres de la couche supérieure à des fins d'une description stratigraphique et pédologique. Des photos des carottes ont été prises dont certaines sont présentées à l'annexe 1.

Description de la méthode d'échantillonnage :

Pour chaque sous-échantillon, la méthode suivante fut suivie :

- Des gants de nitrile propres étaient enfilés;
- Un tube d'échantillonnage propre, d'une longueur de 54 cm et de 2,7 cm de diamètre, était enfoncé dans le sol jusqu'à une profondeur minimale de 20 cm;
- Après retrait, le tube d'échantillonnage était déposé à l'horizontal, la carotte retirée par poussées et déposée sur une surface propre. À l'aide d'une règle à mesurer en plastique et un couteau en acier inoxydable propre, la carotte était délimitée en 4 sections de 5 cm en commençant par la surface. Lorsque du matériel végétal aérien (brins d'herbe) était présent en surface, celui-ci était coupé et retiré avant de séparer les sections, en conservant les racines dans l'échantillon;
- Les 4 sections de 5 cm de la carotte de sols étaient déposées dans quatre sacs en plastique de marque Ziploc pour congélation, préalablement identifiés avec le nom du terrain et la profondeur de l'échantillon (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm). Cette opération était répétée à chacune des 5 stations. Les sacs étaient brassés pour homogénéiser les sols et défaire les carottes. Les sols des 4 sacs étaient par la suite transvidés dans un pot de verre propre, fourni par le laboratoire et préalablement identifié. Un échantillon composé pour chacune des profondeurs était ainsi formé, représentant la qualité moyenne de la zone échantillonnée;
- Les pots étaient déposés dans une glacière avec réfrigérant pour les conserver à 4° C;
- Les glacières ont été expédiées pour analyse au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ).

Description de la méthode d'échantillonnage pour les sols du Jardin des Sables

L'échantillonnage des sols du jardin, dont les sols sont meubles et remaniés, a été réalisé en procédant selon les recommandations du *Guide de caractérisation des terrains* du MDDEFP. L'échantillonnage a été réalisé de la façon suivante :

- Toute la surface du jardin communautaire fut divisée en 4 parcelles de dimensions semblables;
- Cinq stations d'échantillonnage étaient localisées dans chaque parcelle;
- Chaque station était échantillonnée de la façon suivante pour former un échantillon composé de sols de chaque parcelle :
 - des gants de nitrile propres étaient enfilés;
 - un échantillon était prélevé à chaque station sur une épaisseur de 15 cm à l'aide d'une truelle de plastique Sterileware;
 - les 5 échantillons étaient mélangés dans un sac en plastique de marque Ziploc pour congélation pour produire un échantillon composé homogénéisé représentatif de chaque parcelle;

- le contenu du sac était transféré dans un pot de verre propre fourni par le laboratoire, préalablement identifié à la parcelle correspondante;
- les échantillons étaient déposés dans une glacière avec réfrigérant pour les conserver à 4° C;
- les glacières ont été expédiées pour analyse au CEAEQ.

Lavage du matériel d'échantillonnage

Avant l'utilisation du matériel d'échantillonnage (ex. : pelle, tube d'échantillonnage, couteau) le matériel a été lavé au savon sans phosphate puis rincé à l'eau purifiée.

Contrôle et assurance de la qualité

Pour assurer un contrôle de la qualité au niveau de l'échantillonnage des sols, 1 échantillon composé a été échantillonné en duplicata sur le terrain pour les trois échantillons suivants :

- la parcelle 3 du Jardin des Sables;
- le niveau 10-15 cm du domaine Maizeret (secteur nord);
- le niveau 5-10 cm de la baie de Beauport.

Analyse des échantillons

Au total, 43 échantillons de sols ont été prélevés et transmis au laboratoire du CEAEQ pour analyse. Tous les échantillons ont été analysés selon la méthode MA.200- Mét. 1.2, pour les métaux extractibles, incluant les paramètres suivants : Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Sn, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Se, Si, Na, Sr, Te, Tl, Ti, U, V, Zn.

4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Description des sols

Tous les terrains échantillonnés présentaient des aménagements anthropiques constitués, soit par des remblais, l'ajout de sols à des fins de culture ou de gazon. Les sols échantillonnés étaient composés d'un horizon de 10 cm et plus de terre noire organique (arable), suivi d'un mélange de terre noire et de matériel de remplissage (sable, gravier, débris divers). Des photos des carottes prélevées sont jointes à l'annexe 1.

Critères d'évaluation de la qualité des sols

Dans le but de déterminer si les sols présentent une contamination et un risque potentiel, les résultats ont été comparés aux critères génériques pour les sols de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* du MDDEFP.

Ces critères sont présentés selon 3 niveaux (A-B-C) soit :

Niveau A : Teneur de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques.

La limite de quantification est définie comme la concentration minimale qui peut être **quantifiée** à l'aide d'une méthode d'analyse avec une fiabilité définie.

Niveau B : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation résidentielle, récréative ou institutionnelle. Sont également inclus les terrains à vocation commerciale situés dans un secteur résidentiel.

L'usage institutionnel regroupe les utilisations telles que les hôpitaux, les écoles et les garderies. Les sols des terrains utilisés pour l'aménagement de jardins communautaires doivent respecter le critère B. L'usage récréatif regroupe un grand nombre de cas possibles qui présentent différentes sensibilités. Ainsi, les usages sensibles, comme les terrains de jeux pour enfants, devront être gérés en fonction du niveau B. Pour leur part, les usages récréatifs considérés moins sensibles comme les terrains gazonnés ainsi que les pistes cyclables peuvent être associés au niveau C.

Niveau C : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation commerciale, non situés dans un secteur résidentiel, pour des terrains à usage industriel et parc à usage non sensible.

Résultats du contrôle de qualité

Les résultats des 2 duplicata de terrain provenant de la parcelle 3 du Jardin des Sables et du niveau 10-15 cm du domaine Maizeret (secteur nord) ont présenté des concentrations en métaux dont les écarts étaient inférieurs à 30 % par rapport aux échantillons correspondants. Cependant, le duplicata de l'échantillon (9.2 D) provenant du niveau 5-10 cm de la baie de Beauport par rapport aux résultats de l'échantillon correspondant (9.2) présente des écarts dépassant les 30 %, pour le cuivre (61 %) et l'étain (83 %). Pour expliquer ces écarts, un duplicata de laboratoire a été réalisé pour l'échantillon 9.2. Les résultats indiquent une bonne concordance avec les résultats initiaux, présentant des écarts inférieurs à 30 % pour tous les paramètres analysés. Par

conséquent, la variation des résultats pour le cuivre et l'étain par rapport à l'échantillon duplicata 9.2 D pourrait être attribuable au type de sol et à son degré d'hétérogénéité. Les résultats de l'échantillon 9.2 sont donc considérés valables et représentatifs de la zone échantillonnée.

Résultats analytiques par contaminants

Le nickel était le principal contaminant recherché dans cette campagne d'échantillonnage. Les concentrations en nickel se situent en dessous du critère A de 50 mg/kg. L'échantillon de surface (0-5 cm), prélevé dans la partie gazonnée du terrain du jardin communautaire de la rue des Sables, fait exception et révèle une concentration dans la plage A-B, soit 77 mg/kg.

Pour les autres métaux analysés dans tous les échantillons de sol, des concentrations dans la plage A-B ont été mesurées pour le cadmium dans 6 échantillons, le cuivre dans 13 échantillons, l'étain dans 3 échantillons, le plomb dans 5 échantillons et le zinc dans 15 échantillons. Des concentrations dans la plage B-C ont été notées pour le zinc dans 3 échantillons et pour l'étain dans un échantillon.

Concentrations en métaux en fonction de la profondeur et de la distance par rapport au port de Québec

Dans le but de déterminer si les émissions de minerai du port de Québec ont pu affecter la qualité des sols du quartier Limoilou, des graphiques ont été réalisés présentant les concentrations en nickel, cadmium, cuivre, étain, plomb et zinc en fonction de la profondeur d'échantillonnage (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm et 15-20 cm) et (0-15 cm) pour la partie cultivée (potager) du Jardin des Sables. Pour la mise en graphique des résultats d'analyses des sols de la partie cultivée du Jardin des Sables (potager), une moyenne des concentrations des 4 parcelles a été calculée pour chacun des métaux.

Chaque graphique présente les concentrations de toutes les zones échantillonnées en fonction de la distance les séparant du dépôt de minerai du port de Québec. Les graphiques sont présentés aux figures 4 à 9.

Bien que la plupart des concentrations en nickel n'excèdent pas le critère A, il est noté que celles-ci sont plus élevées en surface dans l'intervalle 0-5 cm et 5-10 cm que pour les intervalles plus profondes. De plus, une légère augmentation des concentrations de surface est observable même dans les zones plus éloignées par rapport au port de Québec, tel que le parc Sylvain Lelièvre et le parc de la Jeunesse à plus de 2 400 mètres de la source (voir figure 4).

Des concentrations plus élevées en surface (0-5 cm) sont aussi présentes pour le cadmium, le cuivre et le zinc. Cependant, cette observation est moins marquée, étant ponctuée de concentrations plus élevées aussi en profondeur (15-20 cm), particulièrement au domaine Maizeret sud, dans la partie gazonnée du Jardin des Sables, ainsi que le long de la rivière Saint-Charles (voir figures 5, 6, 9). Cependant, ces concentrations plus en profondeur pourraient être reliées à la nature des sols dans les remblais sous-jacents. Les concentrations en plomb et en étain sont principalement localisées dans les sols de la zone gazonnée du Jardin des Sables au niveau 5-10 cm (voir figures 7 et 8).

Figure 4 : Concentrations en nickel dans les sols selon la profondeur

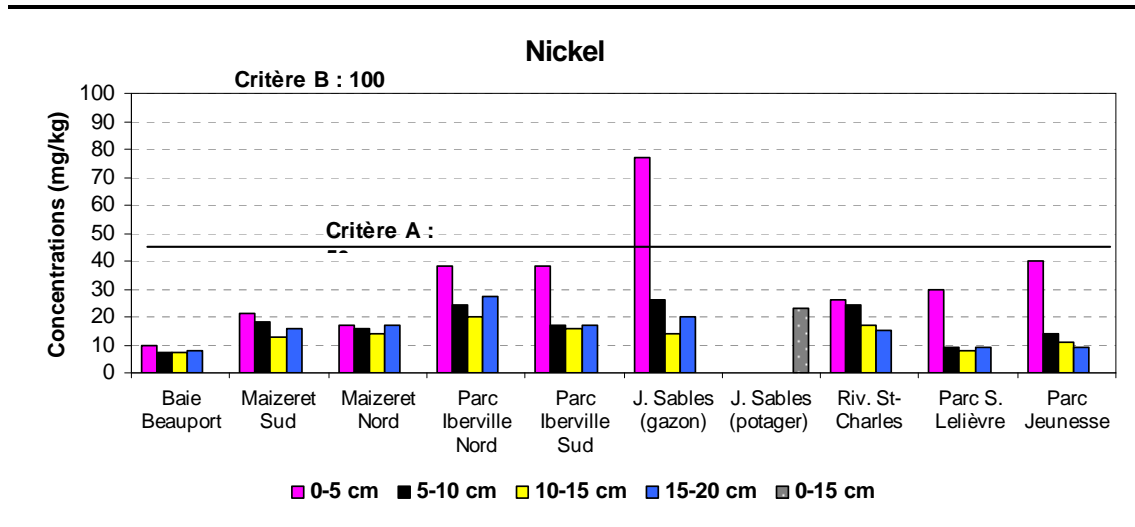


Figure 5 : Concentrations en cadmium dans les sols selon la profondeur

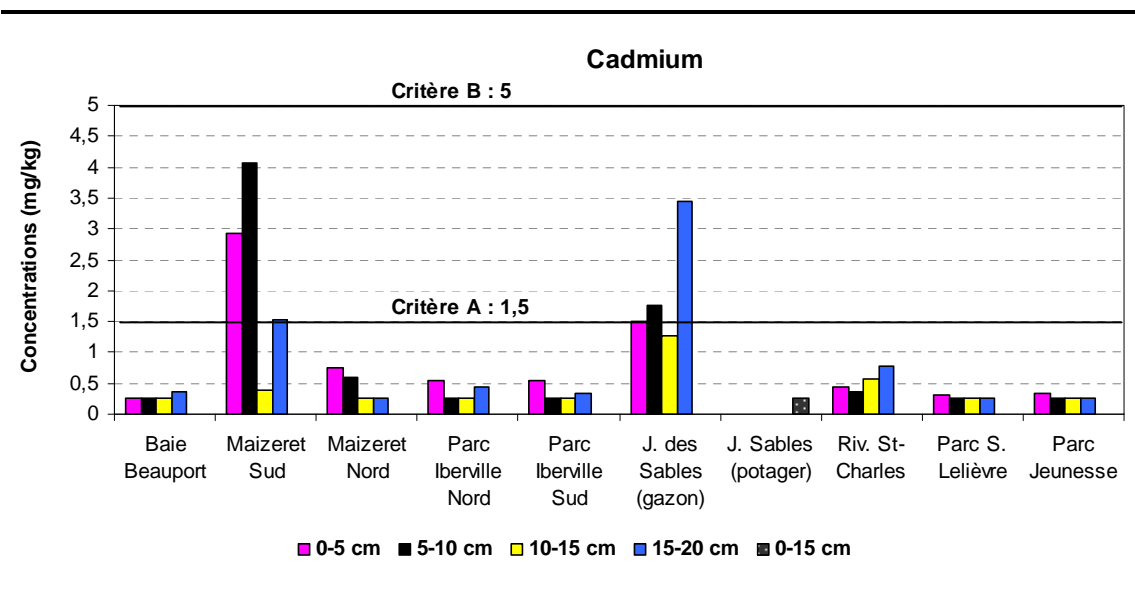


Figure 6 : Concentrations en cuivre dans les sols selon la profondeur

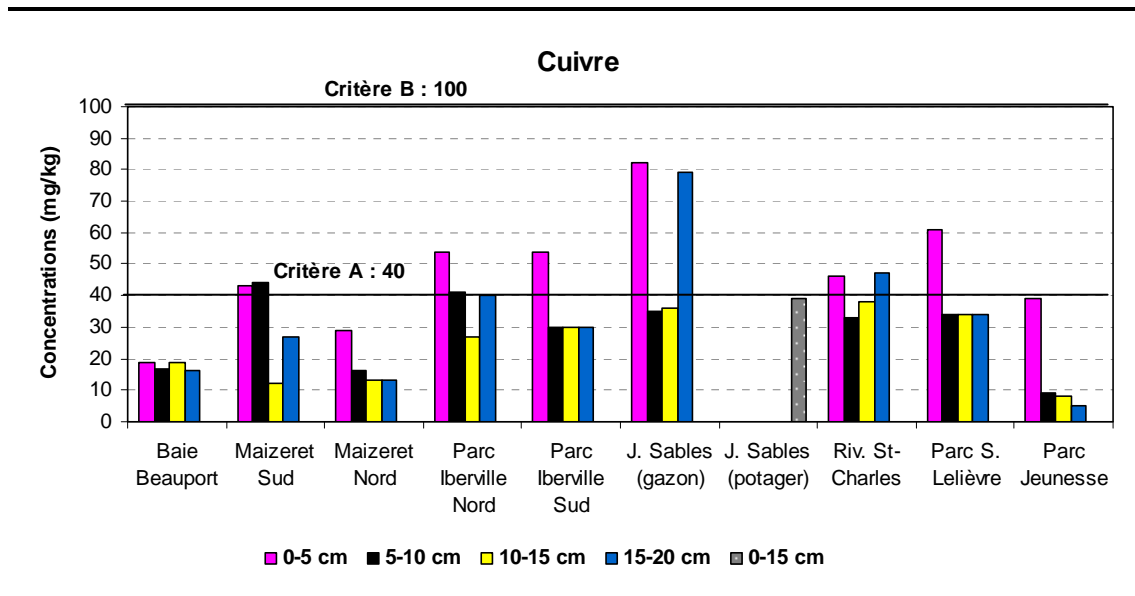


Figure 7 : Concentrations en plomb dans les sols selon la profondeur

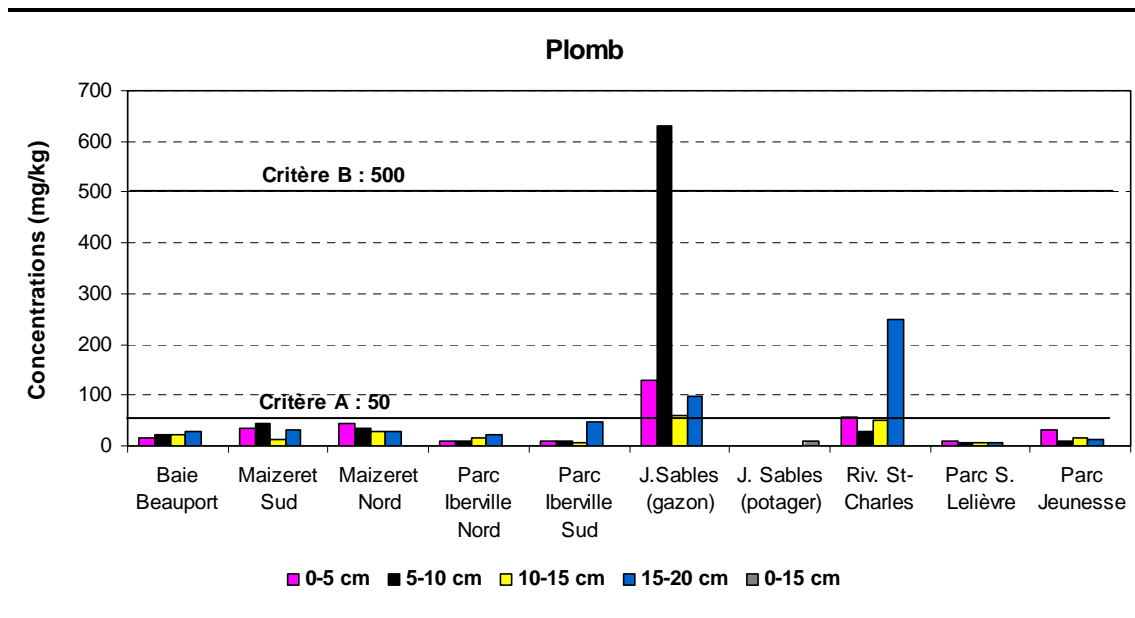


Figure 8 : Concentrations en étain dans les sols selon la profondeur

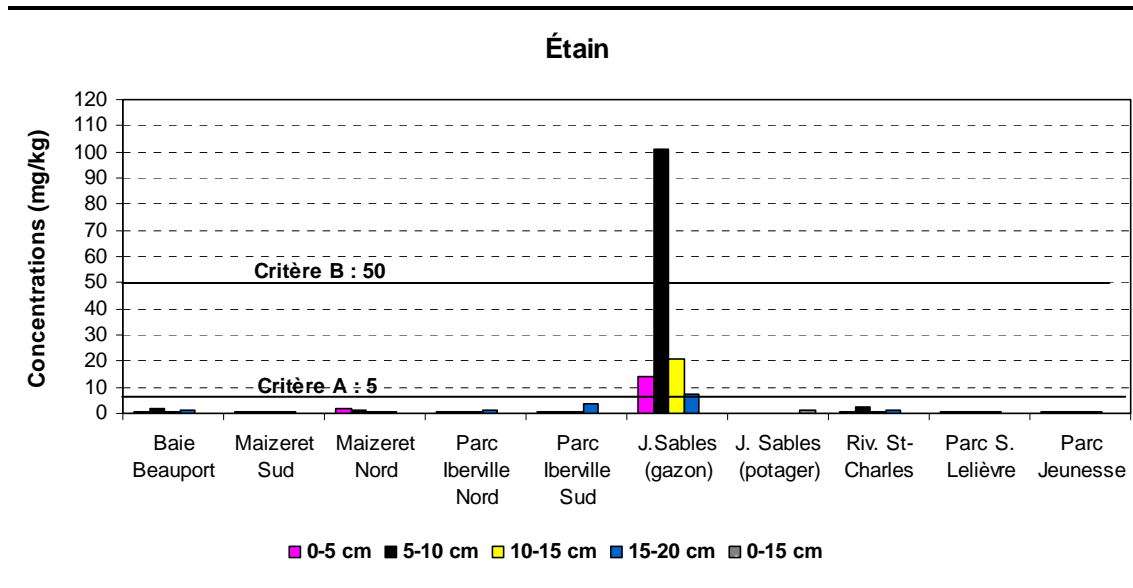
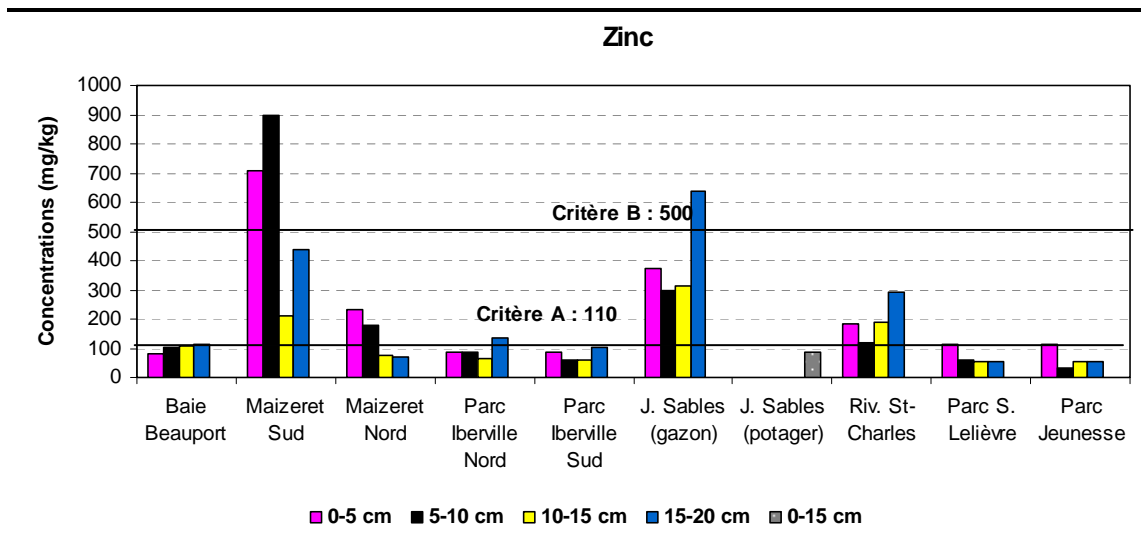


Figure 9 : Concentrations en zinc dans les sols selon la profondeur



Les tableaux de compilation des résultats et les critères d'évaluation sont présentés aux tableaux 2 à 6 de l'annexe 2.

Contamination par zone échantillonnée

Les résultats pour chacun des terrains sont présentés ci-dessous en fonction de la distance croissante les séparant de la zone d'entreposage du minerai au port de Québec.

Baie de Beauport

La zone échantillonnée à la baie de Beauport représente les sols les plus près du port de Québec, soit à une distance d'environ 500 mètres. Aucune contamination excédant les critères A n'a été identifiée dans cette zone, et ce, pour les 3 premiers intervalles de profondeur (0-5 cm, 5-10 cm et 10-15 cm). Une faible concentration en zinc (113 mg/kg) dans la plage A-B (A à 110 mg/kg) a été mesurée dans l'échantillon prélevé à l'intervalle 15-20 cm. Comme la zone échantillonnée est à usage récréative non sensible, et que les concentrations sont inférieures ou légèrement supérieures aux critères A, cette zone ne présente donc pas de problématique de contamination en relation avec l'usage qui est fait de ce terrain.

Bien que les sols de cette zone ne soient pas contaminés au-delà des critères A, les concentrations en nickel et en cuivre sont légèrement plus élevées dans l'intervalle 0-5 cm (voir graphique des figures 4 et 6). Bien que la distance séparant cette zone du port de Québec soit faible, cette zone semble peu affectée par les poussières provenant de cette source. Il est à noter que les vents dans la direction de la baie de Beauport ne sont pas dominants (voir la figure 1), ce qui peut expliquer ce constat.

Domaine Maizeret

Le terrain a été échantillonné dans deux zones dont la distance séparant chaque zone du port de Québec est approximativement de 1 400 mètres pour la zone sud et de 1 450 mètres pour la zone nord.

Zone sud :

Des concentrations en zinc dans la plage A-B (critère A à 110 mg/kg et critère B à 500 mg/kg) ont été mesurées pour les intervalles 10-15 cm (211 mg/kg) et 15-20 cm (437 mg/kg). Des concentrations en zinc dans la plage B-C (critère B à 500 mg/kg et C à 1 500 mg/kg) ont été mesurées pour les échantillons prélevés aux intervalles 0-5 cm (706 mg/kg) et 5-10 cm (896 mg/kg). Comme cette zone est recouverte de gazon et qu'elle est à usage récréatif non sensible, le critère C (1 500 mg/kg) pour le zinc est le niveau à ne pas excéder.

Selon ces résultats, ce terrain a pu être affecté par des poussières provenant du port de Québec avec le temps, puisque les échantillons de surface (0-5 cm, 5-10 cm) sont plus contaminés en zinc et excèdent le critère B. De plus, des concentrations de surface sont aussi plus élevées pour les métaux tels que : cadmium, cuivre, nickel, plomb, sans toutefois excéder les critères A (voir les résultats du tableau 4 et les figures 5, 6, 7, 9).

Zone nord :

Des concentrations en zinc dans la plage A-B (critère A à 110 mg/kg et critère B à 500 mg/kg) ont été mesurées pour les intervalles 0-5 cm (230 mg/kg) et 5-10 cm (180 mg/kg). Comme cette zone est à usage récréatif non sensible, le critère C est le niveau à ne pas excéder. Par conséquent, la qualité des sols de cette zone est acceptable pour l'usage qui en est fait.

Parc d'Iberville

Secteur nord :

Les sols prélevés dans ce secteur n'ont pas présenté de concentrations au-delà du critère A pour le nickel. De faibles concentrations en cuivre dans la plage A-B ont été mesurées pour les échantillons prélevés à 0-5 cm (54 mg/kg) et à 5-10 cm 41 mg/kg (critère A à 40 mg/kg et B à 100 mg/kg). Une concentration en zinc dans la plage A-B à 134 mg/kg (critère A à 110 mg/kg et B à 500 mg/kg) a été mesurée pour l'échantillon prélevé à la profondeur 15-20 cm. Comme cette zone est à usage récréative non sensible, le critère C est le niveau à ne pas excéder. Les sols analysés dans cette zone sont donc conformes à l'usage qui en est fait.

Secteur sud :

Les sols prélevés dans ce secteur n'ont pas présenté de concentrations au-delà du critère A pour le nickel. Un échantillon prélevé à 0-5 cm a présenté une concentration en cuivre dans la plage A-B, soit 54 mg/kg (critère A à 40 mg/kg et B à 100 mg/kg).

Dans les 2 secteurs du parc d'Iberville, le critère C est le niveau à ne pas excéder. Comme le critère C n'a pas été dépassé, les sols analysés sont donc conformes à l'usage qui est fait de ce terrain.

Jardin communautaire de la rue des Sables

Zone gazonnée :

Les sols prélevés sous le gazon présent autour du jardin ont révélé une concentration en nickel de 77 mg/kg au-delà du critère A (50 mg/kg).

Des concentrations en métaux dans la plage A-B ont été mesurées, soit :

- en cadmium : 1,51 mg/kg, 1,75 mg/kg et 3,45 mg/kg respectivement dans les échantillons 0-5 cm, 5-15 cm et 15-20 cm;
- en cuivre : 82 mg/kg et 79 mg/kg respectivement dans les échantillons 0-5 cm et 15-20 cm;
- en étain : 14 mg/kg, 20,6 mg/kg et 7,2 mg/kg, respectivement dans les échantillons 0-5 cm, 10-15 cm et 15-20 cm;
- en plomb : 128 mg/kg, 61 mg/kg et 98 mg/kg respectivement dans les échantillons 0-5 cm, 10-15 cm et 15-20 cm;

- en zinc : 375 mg/kg, 296 mg/kg, 315 mg/kg respectivement dans les échantillons 0-5 cm, 5-10 cm et 10-15 cm;

Des concentrations dans la plage B-C ont aussi été mesurées, soit :

- en étain : 101 mg/kg dans l'échantillon 5-10 cm;
- en plomb : 631 mg/kg dans l'échantillon 5-10 cm;
- en zinc : 640 mg/kg dans l'échantillon 15-20 cm.

Cette zone représente l'endroit où les concentrations sont plus élevées en surface, mais aussi en profondeur. Comme ce terrain est clôturé, que son accès est limité aux personnes qui utilisent le jardin, et que cette zone est gazonnée, celle-ci pourrait être apparentée à un parc dont l'usage n'est pas sensible. Dans cette situation, le critère C est considéré comme le niveau à ne pas excéder. Les sols de cette zone sont donc considérés conformes à l'usage qui en est fait.

Zone cultivée du jardin communautaire :

Les sols prélevés dans la zone cultivée (potager) n'ont présenté aucune concentration au-delà du critère A pour le nickel. Deux échantillons prélevés ont présenté une faible concentration en cuivre, soit de 41 mg/kg dans la parcelle 1 et de 42 mg/kg dans la parcelle 3 (critère A à 40 mg/kg et B à 100 mg/kg pour le cuivre). Le niveau à ne pas excéder pour un jardin est le critère B. Les sols analysés dans cette zone sont donc conformes à l'usage qui en est fait.

Bord de la rivière Saint-Charles

Les sols prélevés dans cette zone n'ont présenté aucune concentration au-delà du critère A pour le nickel.

Les échantillons prélevés aux profondeurs 0-5 cm et 15-20 cm ont présenté des concentrations dans la plage A-B en cuivre (critère A à 40 mg/kg et B à 100 mg/kg) soit respectivement de 46 mg/kg et 47 mg/kg, ainsi qu'en plomb (critère A à 50 mg/kg et B à 500 mg/kg) soit respectivement de 56 mg/kg et de 248 mg/kg. Les échantillons prélevés à toutes les profondeurs ont présenté une concentration dans la plage A-B pour le zinc (critère A à 110 mg/kg et B à 500 mg/kg), soit de 182 mg/kg à 0-5 cm, 117 mg/kg à 5-10 cm, 189 mg/kg à 10-15 cm et 293 mg/kg à 15-20 cm.

Comme cette zone est en bordure de la piste cyclable, le critère C est le niveau à ne pas excéder pour ce type d'usage. Par conséquent, les sols analysés dans cette zone sont donc conformes à l'usage qui en est fait.

En fonction des résultats d'analyses, la zone échantillonnée et localisée à une distance de 2 330 mètres du port de Québec, dans les vents dominants, a pu être légèrement influencée par les retombées de poussières pouvant provenir du port. Cependant, les concentrations les plus élevées n'étaient pas présentes à la surface, mais au niveau plus profond (15-20 cm). Cette distribution semble plus reliée à la nature des remblais présents le long de la rivière Saint-Charles qu'à la migration du zinc en profondeur.

Parc Sylvain Lelièvre

Les sols prélevés dans ce parc n'ont pas présenté de concentrations au-delà du critère A pour le nickel.

Un échantillon prélevé à 0-5 cm a présenté des concentrations dans la plage A-B, en cuivre, soit de 61 mg/kg (critère A à 40 mg/kg et B à 100 mg/kg) et en zinc à 113 mg/kg (critère A à 110 mg/kg et B à 500 mg/kg).

Comme cette zone est à usage récréatif non sensible, le critère C est le niveau à ne pas excéder. Les sols analysés dans cette zone sont donc conformes à l'usage qui en est fait.

Le parc Sylvain Lelièvre est localisé à 2 400 mètres du port de Québec. À cette distance et selon son orientation par rapport aux vents dominants, les poussières peuvent avoir légèrement influencé la qualité des sols de surface.

Parc de la Jeunesse

Les sols prélevés dans cette zone n'ont présenté aucune concentration au-delà du critère A pour le nickel. Un échantillon prélevé à la surface (0-5 cm) a présenté une faible concentration en zinc (115 mg/kg) dans la plage A-B (critère A à 110 mg/kg et B à 500 mg/kg).

Le critère C est le niveau à ne pas excéder pour ce parc dont l'usage est considéré non sensible. Les sols analysés dans cette zone sont donc conformes à l'usage qui en est fait.

Comme le parc est localisé à 2 600 mètres du port de Québec et dans l'orientation des vents dominants, les poussières peuvent avoir légèrement influencé la qualité des sols de surface.

5. CONCLUSION

Bien que les préoccupations concernant le rejet dans l'atmosphère de poussières provenant du port de Québec étaient surtout reliées à la présence de nickel, la caractérisation exploratoire effectuée sur des sols de surface n'a pas soulevé de dépassement des critères applicables concernant cette substance. Un seul dépassement du critère A a été noté dans la partie gazonnée non cultivée du Jardin des Sables.

Les résultats de cette campagne d'échantillonnage exploratoire ont permis d'observer des concentrations en métaux (nickel, cuivre, zinc) légèrement plus élevées dans les échantillons de surface (0-5 cm) et ce, même à une distance de 2 600 mètres du port de Québec dans le sens des vents dominants. Cette observation peut sous-entendre une légère influence des poussières qui se seraient déposées dans le secteur Limoilou, mais à des concentrations toujours inférieures aux critères applicables.

De plus, les analyses réalisées ont permis d'observer de légers dépassements des critères A pour le cadmium, le cuivre, l'étain, le plomb et le zinc. Les résultats de 5 échantillons ont dépassé le critère B, mais aucun n'a dépassé le critère C.

Certaines zones échantillonnées, telles que la zone sud du domaine Maizeret, la zone gazonnée du jardin de la rue des Sables et la bordure de la rivière Saint-Charles ont présenté des concentrations plus élevées en zinc, en plomb et en cuivre à la profondeur (15-20 cm), cependant ces concentrations ne seraient pas attribuables aux émissions atmosphériques.

Le critère C est le niveau à ne pas excéder pour les parcs dont l'usage est considéré non sensible. Comme les sols analysés, ont tous présentés des concentrations inférieures à ce critère, ceux-ci sont donc conformes à l'usage qui en est fait. Le critère B est le niveau à ne pas excéder dans un jardin. Comme les sols analysés de la partie cultivée (potager) du Jardin des Sables ont tous présenté des concentrations inférieures à ce critère, ceux-ci sont donc conformes pour faire la culture de végétaux.

En résumé, bien que partielle, la caractérisation exploratoire réalisée indique qu'il n'y aurait pas de risque significatif en relation avec la présence de métaux dans les sols échantillonnés.

BIBLIOGRAPHIE

LALANDE, 2013. *Analyses des concentrations de métaux dans l'air ambiant du territoire de Limoilou*, Initiative citoyenne de vigilance du port de Québec, mars 2013.

WALSH, P., BRIÈRE, J.-F. 2013. *Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou*. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. 20 p.

MDDEFP, *Guide de caractérisation des terrains*, 2003

MDDEFP, Cahier 5 : Échantillonnage des sols, *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*, 2010.

MDDEFP, *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, 1988.

ANNEXES

Annexe 1 : Photographies des zones échantillonnées

Jardin communautaire de la rue des Sables



Jardin communautaire (potager) échantillonné



Sols du jardin (potager)



Partie gazonnée échantillonnée en bordure du jardin communautaire



Carotte des sols de la partie gazonnée

Parc d'Iberville (secteur nord)



Parc d'Iberville (zone gazonnée échantillonnée)



Sous-échantillon des sols

Parc d'Iberville (secteur sud)



Parc d'Iberville (zone où une patinoire est installée en hiver)
(zone échantillonnée)



Sous-échantillon des sols

Bordure de la rivière Saint-Charles (zone échantillonnée)



Sous-échantillon des sols

Parc Sylvain Lelièvre



Zone échantillonnée dans les plate-bandes du parc Sylvain Lelièvre



Sous-échantillon des sols

Domaine Maizeret (zone échantillonnée dans le secteur sud)



Sous échantillon des sols

Domaine Maizeret (zone échantillonnée dans le secteur nord)



Sous-échantillon des sols

Parc de la Jeunesse (zone échantillonnée)



Baie de Beauport (zone échantillonnée)



Annexe 2 :

Tableau des résultats de caractérisation des sols

Tableau 2 : Résultats de caractérisation des sols (Jardin communautaire)

	Critères de sol mg/kg de matière sèche (ppm)			Jardin communautaire (potager) Des Sables (0-15 cm) mg/kg				Jardin communautaire Des Sables (gazon) mg/kg			
	A	B	C	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Aluminium				4 500	3 800	4 400	4 500	5 100	4 700	5 800	8 300
Antimoine				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	9	< 5	< 5
Arsenic	6	30	50	1,6	1	1,7	1,4	1,9	1,5	2,1	5,2
Baryum	200	500	2 000	46	43	49	43	54	52	51	74
Béryllium				0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Bismuth				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1
Bore				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cadmium	1,5	5	20	< 0,25	< 0,25	0,26	< 0,25	1,51	1,75	1,26	3,45
Calcium				17 000	19 000	17 000	19 000	8 500	5 800	4 400	7 900
Chrome				7	7	8	8	12	10	10	15
Cobalt	15	50	300	4	3	4	4	6	4	5	6
Cuivre	40	100	500	41	34	42	39	82	35	36	79
Étain	5	50	300	1,2	1	0,8	0,9	14	101	20,6	7,2
Fer				9 100	7 600	9 400	9 300	14 000	9 200	17 000	21 000
Lithium				6	4	6	7	6	5	7	11
Magnésium				2 000	1 800	2 200	2 500	1 800	1 500	1 900	2 200
Manganèse	770	1 000	2 200	179	148	217	210	281	146	275	656
Molybdène	2	10	40	0,8	0,8	0,6	0,7	0,6	0,9	1,1	1,3
Nickel	50	100	500	24	23	21	24	77	26	14	20
Plomb	50	500	1 000	10	10	10	9	128	631	61	98
Potassium				490	310	380	410	620	450	580	840
Sélénium	1	3	10	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	0,9	< 0,7	< 0,7
Silicium				970	1 000	1 100	1 100	1 100	1 100	590	430
Sodium				100	85	69	93	64	73	92	76
Strontium				58	69	60	68	54	36	27	41
Tellure				< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Thallium				< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Titane				150	150	170	150	150	150	160	130
Uranium				0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	< 0,5	< 0,5	0,5
Vanadium				16	16	15	16	20	19	27	36
Zinc	110	500	1 500	86	78	91	81	375	296	315	640

Tableau 3 : Résultats de caractérisation des sols (parc d'Iberville)

	Critères de sol mg/kg de matière sèche (ppm)			Parc d'Iberville (secteur Nord) mg/kg				Parc d'Iberville (secteur Sud) mg/kg			
	A	B	C	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Aluminium				4 900	5 080	6 300	7 800	4 900	4 800	5 100	5 210
Antimoine				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsenic	6	30	50	1,8	2,3	2,1	2	1,8	1,8	2,2	2,6
Baryum	200	500	2 000	48	44	46	56	48	46	46	71
Béryllium				0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2
Bismuth				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bore				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cadmium	1,5	5	20	0,55	< 0,25	< 0,25	0,45	0,55	< 0,25	< 0,25	0,33
Calcium				9 700	14 100	9 300	14 000	9 700	8 500	8 900	18 200
Chrome				13	12	14	19	13	11	12	14
Cobalt	15	50	300	5	5	5	5	5	4	4	4
Cuivre	40	100	500	54	41	27	40	54	30	30	30
Étain	5	50	300	0,7	0,6	0,7	1	0,7	0,9	< 0,5	3,5
Fer				14 000	14 000	16 000	16 000	14 000	12 000	15 000	16 300
Lithium				9	8	10	11	9	8	9	8
Magnésium				3 400	3 440	3 500	3 800	3 400	3 300	3 600	3 490
Manganèse	770	1 000	2 200	249	262	234	266	249	239	256	255
Molybdène	2	10	40	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6
Nickel	50	100	500	38	24	20	27	38	17	16	17
Plomb	50	500	1 000	11	9	15	22	11	8	7	47
Potassium				540	509	630	950	540	470	530	618
Sélénium	1	3	10	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Silicium				1200	907	830	220	1200	1000	1200	731
Sodium				130	66	59	83	130	100	97	101
Strontium				43	56	45	61	43	37	41	84
Tellure				< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Thallium				< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Titane				130	142	160	160	130	130	130	173
Uranium				0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Vanadium				13	12	14	20	13	12	12	14
Zinc	110	500	1500	86	85	67	134	86	59	58	101

Tableau 4 : Résultats de caractérisation des sols (rivière Saint-Charles et parc Sylvain Lelièvre)

	Critères de sol mg/kg de matière sèche (ppm)			Bord de la rivière St-Charles mg/kg				Parc Sylvain Lelièvre mg/kg			
	A	B	C	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Aluminium				5 900	4 600	5 200	5 000	3 500	3 400	3 400	3 600
Antimoine				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsenic	6	30	50	1,3	0,6	1,2	1,7	1,5	1,1	1	0,5
Baryum	200	500	2 000	58	45	60	132	44	38	38	36
Béryllium				0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
Bismuth				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bore				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cadmium	1,5	5	20	0,45	0,35	0,57	0,78	0,3	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Calcium				6 700	12 000	13 000	12 000	14 000	17 000	14 000	12 000
Chrome				8	10	10	11	6	6	6	7
Cobalt	15	50	300	4	9	5	4	4	3	3	3
Cuivre	40	100	500	46	33	38	47	61	34	34	34
Étain	5	50	300	0,6	2,2	< 0,5	1,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fer				8 900	8 500	9 100	10 000	7 700	7 200	7 500	7 400
Lithium				5	6	6	6	6	5	5	5
Magnésium				2 200	2 900	2 900	2 700	2 000	1 900	1 900	1 900
Manganèse	770	1 000	2 200	169	180	189	246	223	226	192	198
Molybdène	2	10	40	< 0,5	< 0,05	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nickel	50	100	500	26	24	17	15	30	9	8	9
Plomb	50	500	1 000	56	27	49	248	10	6	6	5
Potassium				520	440	530	510	520	430	380	380
Sélénium	1	3	10	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Silicium				710	150	390	610	640	450	330	580
Sodium				65	71	62	63	57	49	51	69
Strontium				38	54	59	55	59	84	64	46
Tellure				< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Thallium				< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Titane				140	110	110	120	130	120	120	130
Uranium				< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5
Vanadium				10	9	10	12	8	8	8	8
Zinc	110	500	1 500	182	117	189	293	113	57	55	55

Tableau 5 : Résultats de caractérisation des sols (domaine Maizeret)

	Critères de sol mg/kg de matière sèche (ppm)			Domaine de Maizeret Nord mg/kg				Domaine de Maizeret Sud mg/kg			
	A	B	C	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Aluminium				8 000	8 100	8 100	9 400	5 400	5 900	6 100	6 600
Antimoine				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsenic	6	30	50	1,6	1,7	2,3	2,3	5,5	6,5	3,5	3,1
Baryum	200	500	2 000	56	52	68	81	67	87	63	73
Béryllium				0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Bismuth				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bore				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cadmium	1,5	5	20	0,74	0,59	< 0,25	< 0,25	2,94	4,06	0,38	1,53
Calcium				5 900	3 900	4 900	6 400	60 000	14 000	12 000	19 000
Chrome				25	19	18	20	15	11	13	15
Cobalt	15	50	300	2	5	6	7	5	5	5	5
Cuivre	40	100	500	29	16	13	13	43	44	12	27
Étain	5	50	300	1,7	1,3	0,8	0,8	0,8	0,9	<0,5	0,8
Fer				14 000	15 000	17 000	18 000	12 000	15 000	1 400	13 000
Lithium				10	10	10	12	7	7	9	8
Magnésium				3 200	3 200	3 600	4 100	3 500	2 400	2 700	2 900
Manganèse	770	1 000	2 200	168	137	256	296	237	610	307	228
Molybdène	2	10	40	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6	< 0,5	< 0,5
Nickel	50	100	500	17	16	14	17	21	18	13	16
Plomb	50	500	1 000	43	36	27	28	34	43	12	30
Potassium				790	820	620	780	770	650	640	680
Sélénium	1	3	10	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Silicium				790	710	750	700	1 100	910	760	730
Sodium				93	95	91	110	67	41	69	110
Strontium				47	30	40	52	440	110	80	120
Tellure				< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Thallium				< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Titane				240	250	290	310	67	75	160	250
Uranium				0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,7	0,6	< 0,5	< 0,5
Vanadium				23	22	22	24	14	18	17	19
Zinc	110	500	1500	230	180	73	68	706	896	211	437

Tableau 6 : Résultats de caractérisation des sols (parc Jeunesse et baie de Beauport)

	Critères de sol mg/kg de matière sèche (ppm)			Parc de la Jeunesse mg/kg				Baie de Beauport mg/kg			
	A	B	C	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Aluminium				5 200	5 400	6 300	6 700	4 000	3 770	4 000	3 700
Antimoine				< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsenic	6	30	50	1,8	0,8	2,5	2,9	1,3	1,2	1,3	1,8
Baryum	200	500	2000	36	14	42	46	32	42	45	46
Béryllium				0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2
Bismuth				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bore				< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cadmium	1,5	5	20	0,34	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	0,27	0,36
Calcium				13 000	3 200	28 000	15 000	9 200	18 200	31 000	25 000
Chrome				10	8	10	10	7	13	16	14
Cobalt	15	50	300	4	3	4	4	3	3	3	3
Cuivre	40	100	500	39	9	8	5	19	17	19	16
Étain	5	50	300	0,7	< 0,5	0,5	< 0,5	0,5	1,6	0,7	1,1
Fer				9 200	8 300	14 000	14 000	9 100	12 400	15 000	12 000
Lithium				7	9	7	6	3	4	4	4
Magnésium				3 200	3 000	2 800	1 900	1 700	2 050	2 500	2 500
Manganèse	770	1000	2200	177	119	298	334	121	130	184	147
Molybdène	2	10	40	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nickel	50	100	500	40	14	11	9	10	7	7	8
Plomb	50	500	1000	30	8	16	13	16	22	21	27
Potassium				460	290	530	660	290	369	440	440
Sélénium	1	3	10	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Silicium				890	940	930	1000	740	582	510	560
Sodium				12	16	77	69	53	94	86	78
Strontium				81	20	180	80	58	94	160	130
Tellure				< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Thallium				< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Titane				92	80	82	86	130	151	160	130
Uranium				< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Vanadium				10	7	13	15	14	19	21	18
Zinc	110	500	1500	115	34	56	56	83	105	106	113

