



## ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DU CONSOMMATEUR AU PLOMB DANS L'EAU DU ROBINET ET IDENTIFICATION DE MESURES CORRECTIVES

MICHÈLE PRÉVOST, ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

*Publié avril 2015*



Réseau  
canadien  
de l'eau

# ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DU CONSOMMATEUR AU PLOMB DANS L'EAU DU ROBINET ET IDENTIFICATION DE MESURES CORRECTIVES

MICHÈLE PRÉVOST, ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Publié avril 2015

## POURQUOI AVONS-NOUS RÉALISÉ CETTE RECHERCHE?

Les effets néfastes du plomb sur la santé ont poussé les organismes réglementaires et les autorités de santé publique à vouloir réduire le plomb dans les sources d'exposition présentes dans l'environnement, y compris dans l'eau du robinet. Les résultats d'études récentes révèlent qu'il n'y a pas de niveau d'exposition sécuritaire au plomb et que des effets sur le QI sont mesurables même à une plombémie (concentration de plomb dans le sang) que l'on considérerait auparavant comme acceptable. En conséquence, le seuil de plombémie acceptable a diminué (réduit de 10 à 5 µg/dL), et les normes relatives aux concentrations de plomb dans l'eau potable sont en voie de resserrement (CDC 2012). Au Canada, on retrouve des entrées de service en plomb (ESP) dans les plus anciennes municipalités. Dans de grandes villes comme Montréal et Toronto, on a recensé plus de 60 000 résidences desservies par des entrées de service en plomb. Les concentrations de plomb dans l'eau du robinet de ces résidences sont plus élevées et dépassent souvent les normes établies pour l'eau potable. On trouve aussi des concentrations élevées de plomb dans certains grands bâtiments, dont des écoles, de par la présence d'éléments de plomberie contenant du plomb et les longues périodes de stagnation relatives à ces bâtiments.

Le remplacement complet des ESP s'avère la meilleure option pour éliminer le plomb à la source et prévenir l'occurrence de concentrations élevées de plomb au robinet résultant de la déstabilisation et du détachement des dépôts formés au cours du temps dans les ESP. Ces remplacements nécessitent des investissements substantiels pouvant s'élever à des milliards de dollars au Canada. Puisqu'une portion de l'entrée de service appartient à la municipalité et que l'autre appartient au propriétaire de la résidence, la majorité des travaux de remplacement des entrées de service ne sont en fait que partiels. Des études montrent que le raccord d'un tuyau de cuivre à un tuyau de plomb après un remplacement partiel de l'entrée de service peut créer l'augmentation des concentrations de plomb au robinet (corrosion galvanique).

La gestion du plomb dans l'eau du robinet se fait typiquement en trois étapes :

1. Localiser les sites où le plomb est présent et représente une source d'exposition importante, surtout pour les jeunes enfants.
2. Déterminer s'il faut prendre des mesures correctives immédiatement ou établir par ordre de priorité les actions à prendre.
3. Choisir et mettre en œuvre des mesures correctives appropriées.

Dans le cadre du présent projet, l'équipe de recherche tentait de déterminer la méthode la plus efficace pour gérer les problématiques de plomb dans l'eau du robinet. Pour ce faire, ils ont :

- évalué les protocoles d'échantillonnage du plomb, existants et nouveaux, afin de déterminer la meilleure méthode pour la détection des sources de plomb, le suivi réglementaire et l'estimation de l'exposition.
- déterminé si les concentrations de plomb dans l'eau des résidences et des écoles au Canada représentent un risque de plombémie élevée chez les enfants, en tenant compte des formes particulières et dissoutes du plomb dans l'eau.
- étudié l'efficacité des mesures de contrôle de la corrosion, du remplacement partiel ou total des ESP, et de la filtration au point d'utilisation (robinet) comme mesures correctives dans les résidences et les écoles.
- étudié le relargage de plomb après le remplacement partiel des entrées de service en plomb.



# QU'AVONS-NOUS FAIT?

## MESURE DES CONCENTRATIONS DE PLOMB DANS L'EAU DANS LES SITES D'EXPOSITION

En utilisant neuf protocoles d'échantillonnage différents, les chercheurs ont mesuré les concentrations de plomb dans l'eau de 1 240 résidences desservies par une ESP et de 521 robinets dans de grands bâtiments, dont des écoles. Ils ont également procédé à des essais pilotes et à échelle réelle sur cinq qualités d'eau différentes pour étudier l'impact de facteurs pouvant interférer sur le relargage de plomb dans l'eau du robinet, notamment la présence de fer sur le réseau, le type de coagulant et le chlore. Enfin, ils ont analysé les résultats de plomb dans l'eau de plus de 87 000 échantillons pour compléter l'étude et tirer d'autres conclusions.

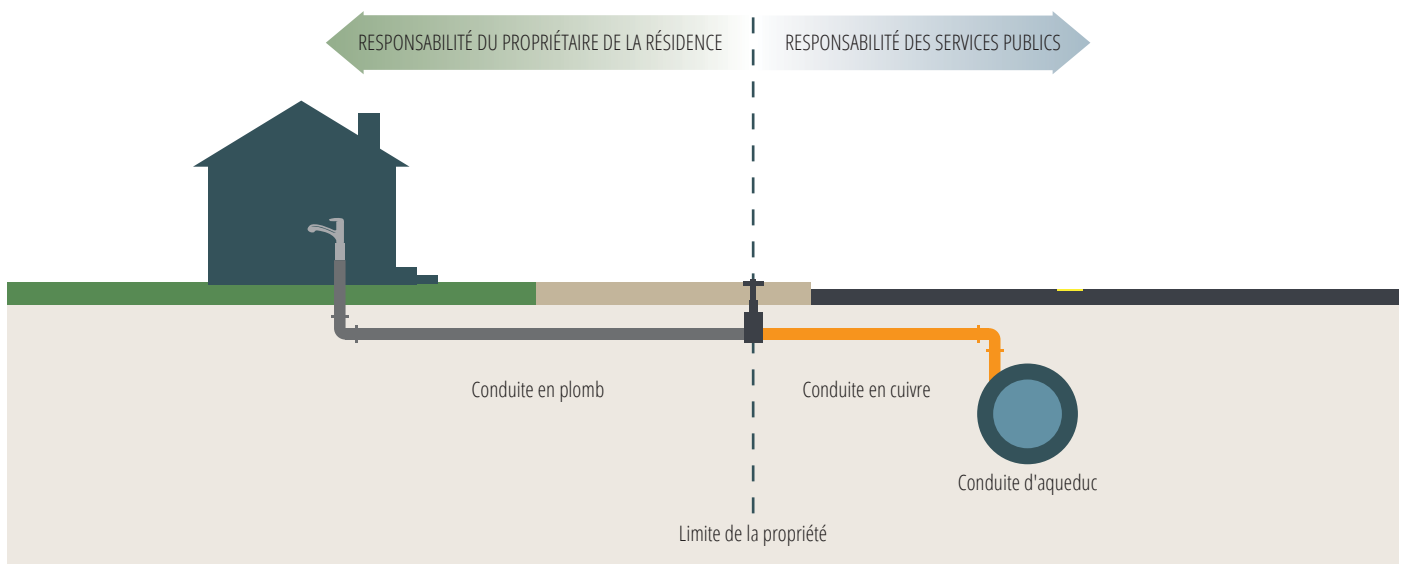
## DÉTERMINATION DU RISQUE POUR LA SANTÉ

L'équipe de recherche a entrepris une étude épidémiologique dans 306 résidences desservies ou non par une ESP sur un réseau de distribution. La plombémie des enfants âgés de un à cinq ans a été mesurée ainsi que les concentrations de plomb provenant de diverses sources d'exposition dans la maison (eau, poussière, peinture). Les chercheurs ont effectué une analyse pour estimer la contribution de chaque source de plomb à la plombémie des enfants. Parallèlement, les chercheurs ont conçu un essai in vitro pour simuler la digestion gastrique de particules de plomb provenant de l'eau du robinet et l'ont appliqué sur 65 échantillons collectés au robinet. À l'aide du modèle Integrated Exposure Uptake and Biokinetic (IEUBK) conçu par la United States Environmental Protection Agency, les chercheurs ont évalué l'incidence des concentrations de plomb dans l'eau sur la plombémie des enfants dans les résidences et les écoles.

## ÉVALUATION DE MESURES CORRECTIVES

Les chercheurs ont évalué les bénéfices du traitement de contrôle de la corrosion pour réduire les concentrations de plomb à l'échelle pilote et à l'échelle réelle, pour cinq qualités d'eau durant un à trois ans. Les mesures de contrôle de la corrosion étudiées comprenaient le dosage d'inhibiteurs de corrosion à base de phosphates ou de silicates, l'ajustement du pH et l'ajustement du ratio chlorure/sulfate. Ils ont étudié l'effet de paramètres pouvant interférer avec le contrôle de corrosion, tel que le chlore, la température, le fer et les bactéries.

Les chercheurs ont particulièrement étudié le relargage à long terme du plomb dans l'eau suite au remplacement partiel des ESP. Ils ont également évalué à l'échelle pilote l'efficacité des mesures de contrôle de la corrosion, à partir d'ESP collectées sur le réseau de distribution. Ils ont étudié les facteurs ayant un impact tel que le fer, le chlore, l'augmentation de la dose d'orthophosphates et le régime hydraulique sur une période de trois ans en prélevant des échantillons régulièrement. Les chercheurs étudient actuellement le remplacement partiel des ESP à l'échelle réelle et comparent leurs résultats à ceux obtenus à l'échelle pilote. Pour ce faire, ils ont développé des protocoles d'échantillonnage spécifiques et les ont appliqués dans trois systèmes de distribution répartis sur trois provinces. Au total, 236 résidences desservies par des ESP complètes ou partielles ont été suivies. Dans 60 de ces résidences, l'échantillonnage était répété durant 6 à 20 mois avant et/ou après le remplacement partiel des ESP. De plus, pour un des réseaux de distribution à l'étude, les chercheurs ont eu recours à une



Remplacement partiel des entrées de service en plomb

méthode novatrice de suivi du relargage de particules de plomb dans l'eau en installant un système de filtration au point d'entrée des résidences suivies. Enfin, les conduites provenant d'ESP complètes (plomb) ou de remplacements partiels (cuivre-plomb) étudiées à l'échelle pilote ou collectées sur le réseau de distribution sont actuellement en cours d'analyse (automne 2014 et hiver 2015) pour établir des liens entre les concentrations de plomb dans l'eau et les dépôts formés dans les conduites.

## QUELS SONT NOS CONSTATS?

### CONCENTRATIONS DE PLOMB DANS L'EAU AUX SITES D'EXPOSITION

Dans un même réseau, les concentrations de plomb dans l'eau des résidences avec ESP varient en fonction des caractéristiques de la tuyauterie (longueur et diamètre), de la saison, de la concentration de fer dans l'eau, du changement de coagulant ou de désinfectant (relargage de fer et d'aluminium, augmentation du chlore, augmentation du ratio chlorure/sulfate) et du type de résidence. En général, les concentrations de plomb sont plus élevées en été et dans les résidences unifamiliales détachées, et elles augmentent en présence de fer dans le réseau. Dans les premiers litres d'eau collectés après stagnation, les particules de plomb provenant principalement de soudures et de raccords en laiton dans la plomberie interne sont détectées. Une purge de la plomberie élimine la plupart de ces particules. Les échantillons prélevés après stagnation permettent de détecter efficacement les ESP si une estimation précise du volume de tuyauterie est faite et si la résidence est une maison unifamiliale détachée (contrôle de la stagnation). Dans un des réseaux étudiés, la présence d'une ESP s'est révélée hautement probable lorsque les concentrations de plomb dans l'eau en été dépassaient 3 µg/L après une purge de 5 minutes au robinet.

Les concentrations élevées de plomb dans l'eau des grands bâtiments s'expliquent par le temps de stagnation, la qualité de l'eau et la présence d'éléments contenant du plomb dans les bâtiments. Les concentrations extrêmes de plomb dans l'eau mesurées dans certains grands bâtiments sont dues au relargage de particules de plomb dans la tuyauterie. Les purges réduisent les concentrations de plomb dans l'eau des grands bâtiments et des résidences avec ESP. Cependant, ces concentrations augmentent rapidement après la purge (en moins de 30 minutes), et elles augmentent de façon marquée avec des perturbations hydrauliques (fort débit d'eau ou ouverture brusque du robinet).

### DÉTERMINATION DU RISQUE POUR LA SANTÉ

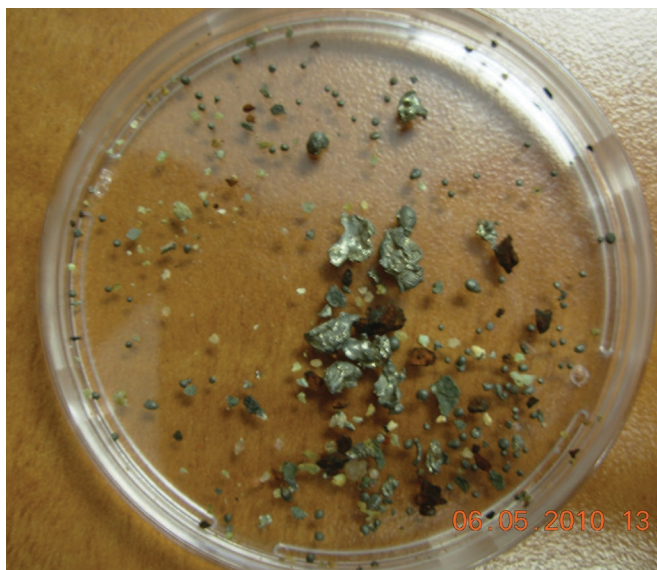
La plombémie des enfants canadiens est généralement faible, et elle varie selon la saison. Cependant, l'eau du robinet y contribue grandement et dans les maisons unifamiliales avec de longues ESP (20 à 40 m), la plombémie des enfants peut dépasser le seuil de 5 µg/dL récemment révisé par le Centers for Disease Control (CDC).

Des concentrations extrêmes de plomb et de particules de plomb ont été mesurées au robinet de grands bâtiments ayant une eau agressive ou une plomberie problématique. Comme les particules de plomb sont dissoutes dans l'estomac puis absorbées dans le système sanguin, les enfants exposés à l'eau de ces bâtiments pourraient avoir une plombémie dépassant largement le seuil établi.

### ÉVALUATION DES MESURES CORRECTIVES

Le traitement optimal de la corrosion varie selon la qualité de l'eau, notamment l'alcalinité, le pH, la teneur en fer et en aluminium. Le dosage d'orthophosphates s'est avéré efficace pour réduire les concentrations de plomb dans l'eau de grands bâtiments problématiques et de résidences avec des entrées de service complètement en plomb. L'ajustement du pH et du ratio chlorure/sulfate n'a pas été aussi efficace pour réduire les concentrations de plomb dans les entrées de service complètement en plomb. L'augmentation de la dose d'orthophosphates ou de chlore a diminué le relargage de plomb. L'efficacité du dosage d'orthophosphates ou de silicates pour diminuer les concentrations de plomb total et de plomb dissous varie selon la qualité de l'eau, particulièrement son alcalinité.

Les chercheurs ont mesuré des effets néfastes des remplacements partiels d'ESP sur les concentrations de plomb dans l'eau dans le cadre d'essais pilotes sur des conduites de plomb sans contrôle de la corrosion, avec dosage d'orthophosphate ou avec ajustement du pH. Le pire scénario a été observé pour le dosage d'orthophosphates, et ce même à de fortes doses (0,5-2 mg/L de PO<sub>4</sub>). Lors du remplacement partiel des ESP, le relargage de plomb était plus élevé en présence de fer dans l'eau. Aussi, plus de particules de plomb étaient mesurées après remplacement partiel. Les chercheurs ont démontré qu'il y avait formation de dépôts de plomb spécifiques à la jonction plomb-cuivre des remplacements partiels.



Un des constats les plus importants de cette étude est l'observation générale que les effets néfastes des remplacements partiels d'ESP sont moins prononcés dans les réseaux étudiés à échelle réelle que ne le prédisaient les nombreuses et détaillées études pilotes. En général, le remplacement partiel des ESP diminue les concentrations de plomb. Toutefois, cette amélioration n'est pas immédiate et devient plus prononcée six mois après la fin des travaux de remplacement. Aussi, en l'absence de contrôle de corrosion, les concentrations de plomb dans l'eau restent élevées et proches des normes établies. Nous croyons maintenant que les effets néfastes observés à l'échelle pilote peuvent se produire à échelle réelle, mais à un degré moindre et pas de façon systématique. Le suivi à échelle réelle des remplacements partiels se terminera en mai 2015. Les conclusions et recommandations finales seront publiées, notamment en ce qui concerne le remplacement partiel des ESP. Étant donné la baisse mitigée des concentrations de plomb dans l'eau observée à l'échelle réelle, les effets néfastes potentiels observés à l'échelle pilote et le resserrement des normes, le remplacement partiel des ESP devrait être évité.

Dans les résidences et les grands bâtiments, l'utilisation de filtres au charbon installés sur/sous les robinets permet d'éliminer efficacement les formes dissoutes et particulaires de plomb dans l'eau. Aucune dégradation de la qualité microbiologique de l'eau du robinet n'a été observée.

## QUE SIGNIFIENT CES RÉSULTATS POUR LES MUNICIPALITÉS ET LES ORGANISMES RÉGLEMENTAIRES?

Les autorités de santé publique devraient envoyer des avis préventifs aux résidences desservies par des ESP avant la période critique de l'été, particulièrement aux maisons unifamiliales détachées.

Les mesures de plomb dans l'eau des écoles et garderies devraient être poursuivies pour détecter les sites et/ou robinets problématiques et mettre en œuvre des mesures correctives.

Lorsque des changements sont effectués aux processus de traitement de l'eau et à sa composition associée (coagulant, désinfectant, etc.), il faut prendre soin d'évaluer pleinement les effets néfastes possibles de ces modifications sur le relargage de plomb dans l'eau.

Les mesures de contrôle de la corrosion, notamment le dosage d'orthophosphates, sont efficaces pour réduire le relargage de plomb des ESP et de la plomberie dans les grands bâtiments. Cependant, le traitement avec orthophosphates a ses limites, surtout en présence d'un remplacement partiel d'ESP. Le traitement avec orthophosphate ne préviendra pas la corrosion galvanique et n'est pas la solution optimale pour les municipalités présentant un grand nombre de remplacements partiels d'ESP sur leur réseau.

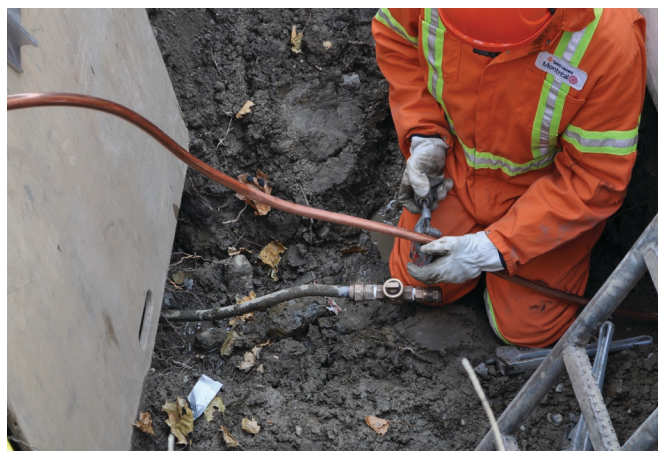
Les filtres domestiques certifiés par l'industrie constituent une mesure temporaire efficace pour réduire les concentrations de plomb dans l'eau. La qualité microbiologique de l'eau filtrée n'est pas altérée, à condition de respecter les recommandations d'entretien des filtres.

Le prélèvement d'échantillons après stagnation ne permet pas de détecter adéquatement les ESP, sauf dans les maisons unifamiliales détachées. Néanmoins, ce protocole d'échantillonnage est pertinent pour caractériser l'exposition des consommateurs. L'échantillonnage réalisé après une purge permet de détecter de façon fiable la présence d'ESP, à condition que les concentrations de plomb dans les résidences avec ESP du réseau de distribution en question soient bien caractérisées.

Étant donné l'occurrence plus élevée de fortes concentrations de plomb dans l'eau du robinet des maisons unifamiliales avec ESP, le remplacement total des ESP devrait être prioritaire pour ce type de résidences.

Le remplacement partiel des ESP devrait être évité, étant donné les faits suivants :

1. les effets néfastes potentiels du remplacement partiel des ESP observés à l'échelle pilote en présence ou en absence de contrôle de corrosion;
2. la baisse mitigée des concentrations de plomb mesurée sur le réseau de distribution après remplacement partiel des ESP;
3. la réglementation plus stricte sur la qualité de l'eau.



Des mesures incitatives soutenues par les services publics et les organismes réglementaires devraient être mises en place pour promouvoir et faciliter le remplacement complet des ESP. Ces mesures devraient inclure des moyens démontrés efficaces comme :

- la subvention directe, partielle ou totale du remplacement de la section d'ESP appartenant au propriétaire
- le remboursement différé par les taxes du remplacement de la section privée de l'ESP
- la possibilité pour les propriétaires d'embaucher l'entrepreneur de la municipalité effectuant les travaux du côté public de l'ESP
- l'inscription de la présence d'ESP dans les registres fonciers

**POUR PLUS DE RENSEIGNEMENTS, VEUILLEZ JOINDRE MICHÈLE PRÉVOST, ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL, MICHELE.PREVOST@POLYMTL.CA.**

« La Ville de Toronto s'est engagée dans un programme très vigoureux visant à remplacer toute la tuyauterie en plomb de son réseau. Nous estimons remplacer 65 000 branchements en plomb sur une période de neuf ans, à un coût de 250 millions de dollars. Le travail de Mme Prévost (Ph. D.)... nous a forcés à revoir notre programme tout entier. »

- Michael D'Andrea, directeur général, Services de construction et d'ingénierie de la Ville de Toronto

## RAPPORT RÉDIGÉ PAR ÉLISE DESHOMMES, POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

### ÉQUIPE DE RECHERCHE

MICHÈLE PRÉVOST, École Polytechnique de Montréal  
GRAHAM GAGNON, Université Dalhousie

ROBERT ANDREWS, Université de Toronto  
RON HOFFMAN, Université de Toronto

PATRICK LEVALLOIS, Université Laval  
MOHAMMED DORE, Université Brock

### PARTENAIRES

VILLE DE MONTRÉAL  
VILLE DE HALIFAX  
VILLE D'OTTAWA  
VILLE DE LONDON  
VILLE DE LAVAL  
MUNICIPALITÉ DE HALTON  
MUNICIPALITÉ DE WELLAND

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ACTION  
EN MATIÈRE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE DE  
L'ONTARIO  
MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE  
L'ENVIRONNEMENT, ET DE LA LUTTE CONTRE LES  
CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC)  
SANTÉ CANADA  
MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX  
DU QUÉBEC (MSSS)

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC  
(INSPQ)  
DIRECTION DE LA SANTÉ PUBLIQUE DE MONTRÉAL,  
ASSOCIATION CANADIENNE DES EAUX POTABLES ET  
USÉES (ACEPU)

### RÉFÉRENCES

CAMARA ET COLL. « Role of the water main in a lead service line replacement program: a utility case study », *Journal AWWA*, 2013, vol. 105, no 8, p. E423-E431.  
CARTIER ET COLL. « A rapid method for lead service line detection », *Journal AWWA*, 2012, vol. 104, no 11, p. E596-E607.  
CARTIER ET COLL. « Impact of treatment on Pb release from full and partially replaced harvested lead service lines (LSLs) », *Water Research*, 2013, vol. 47, no 2, p. 661-671.  
CDC 2012. « CDC Response to advisory on childhood lead poisoning prevention – Recommendations » dans *Low level lead exposure harms children: a renewed call of primary prevention*, p. 16.

DESHOMMES ET COLL. « POU devices in large buildings: Lead removal and water quality », *Journal of the American Water Works Association*, 2012, vol. 104, no 4, p. E282-E297.  
DESHOMMES ET COLL. « Application of lead monitoring results to predict 0-7 year old children's exposure at the tap », *Water Research*, 2013, vol. 7, no 1, p. 2409-2420.  
LEVALLOIS ET COLL. « The impact of drinking water, indoor dust and paint on blood lead levels of children aged 1-5 years in Montreal (Québec, Canada) », *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 2013, vol. 24.

NGUYEN ET COLL. *Impact of chloride: sulphate mass ratio (CSMR) changes on lead leaching in potable water*, Water Research Foundation, Denver, CO, USA, 2010, p. 198.  
USEPA 2002. *Reference manual: documentation of update for the integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children (IEUBK)*, Windows version - 32-bit version, p. 22, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, USA.