

**Valeurs toxicologiques de référence et concentrations dans le sol axées sur les risques proposées pour la protection de la santé humaine contre le plomb (Pb) aux sites contaminés fédéraux**

**Ross Wilson, M.Sc., DABT  
Mark Richardson, Ph.D.**

**Atelier national sur les sites contaminés fédéraux 2012 de l'IBIC, du 30 avril au 3 mai 2012**

**Toronto, Ontario**



**SNC•LAVALIN  
Environnement**

# Introduction

- ◆ **Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) indiquent les débits de dose qui sont acceptables ou qui présentent un risque « essentiellement négligeable »**
- ◆ **Les VTR sont nécessaires pour :**
  - ◆ **Réaliser l'évaluation du risque à la santé humaine (ÉRSH)**
  - ◆ **Déterminer les lignes directrices sur la qualité environnementale pour les milieux comprenant**
    - ◆ Le sol
    - ◆ La poussière intérieure
    - ◆ L'eau potable
    - ◆ Les aliments
    - ◆ L'air



# Introduction

- ◆ **Actuellement, la Division des lieux contaminés (DLC) de Santé Canada ne fournit pas de VTR pour le plomb (Pb) aux sites contaminés**
  - ◆ **En 2009, la DLC a indiqué que la VTR de 3,6 µg / kg p.c. / jour ne devait plus être utilisée**
    - ◆ Elle a recommandé l'utilisation provisoire du niveau d'absorption de préoccupation du ministère de l'Environnement de l'Ontario, qui est de 1,85 µg / kg p.c. / jour
  - ◆ **En 2011, la DLC a révisé ces directives et elle recommande maintenant la prise en compte d'autres sources d'information toxicologique pertinente et de niveaux d'exposition de référence pertinents pour le Pb**



# Toxicologie du Pb

- ◆ **Les principales préoccupations toxicologiques relatives au Pb comprennent**
  - **Les effets neurologiques sur les enfants (des diminutions du Q.I.)**
  - **Les effets cardiovasculaires sur les adultes (des augmentations de la tension artérielle systolique)**
- ◆ **Aucun seuil clair n'a été établi pour les effets sur le Q.I. ou ceux sur la tension artérielle**



# Toxicologie du Pb : Résultats neurologiques

- ◆ **Voici des documents clés d'organismes de santé portant sur la toxicologie du Pb du point de vue de la VTR**
  - **Santé Canada (2011). *Rapport provisoire sur l'état des connaissances scientifiques concernant les effets du plomb sur la santé humaine***
  - **Cal EPA (2009). *Revised California Human Health Screening Level for Lead* (Document d'examen)**
  - **Autorité européenne de sécurité des aliments (2010)**
  - **OMS (2011). *WHO Food Additive Series: 64 – Safety Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants***



# Toxicologie du Pb : Résultats neurologiques

- ◆ **Une concentration sanguine de Pb de 1 µg/dL correspondant à un décrétement de 1 point de Q.I. semble être une estimation adéquate, mais sans doute conservatrice de l'effet du Pb**
  - ◆ La correspondance est basée essentiellement sur l'ensemble de données regroupées par Lanphear et coll. (2005), et qui est considéré comme adéquat par la plupart des organismes de santé
  - ◆ Certaines autres études plus importantes n'ont pas donné la même courbe dose-réponse que celle de Lanphear et coll. (2005) à des concentrations sanguines de Pb plus faibles
  - ◆ Alors que d'autres ont indiqué qu'en fait, le Pb pourrait être plus puissant



# Calcul des valeurs toxicologiques de référence pour le Pb

## Enfants en bas âge, tout-petits, enfants plus âgés :

- ◆ **Relations clés dose-réponse :**
  - ◆ 0.6  $\mu\text{g} / \text{kg p.c.} / \text{jour}$  est associé à une concentration sanguine de Pb de 1  $\mu\text{g}/\text{dL}$  (selon l'OMS, 2011)
  - ◆ 1  $\mu\text{g}/\text{dL}$  est associé à un décrétement de 1 point de Q.I. et est considéré comme *de minimis* du sol (CalEPA, 2009)
  - ◆ La VTR est considérée comme une dose associée à un risque spécifique (DRS)
- ◆ **Nous avons conclu que la DRS pour un décrétement de 1 point de Q.I. était estimée à 0.6  $\mu\text{g} / \text{kg p.c.} / \text{jour}$**



# Calcul des valeurs toxicologiques de référence pour le Pb

## Femmes en âge de procréation :

- ◆ **Relations clés dose-réponse :**
  - ◆ Nous avons supposé que le même but de protection de 1 µg/dL était approprié pour les femmes enceintes ou pouvant le devenir
  - ◆ L'absorption orale de Pb chez les adultes correspond à environ 40 % du débit de dose chez les enfants (US EPA, 2003)
- ◆ Nous avons conclu que la DRS pour un décrétement de 1 point de Q.I. était estimée à 1.5 µg / kg p.c. / jour





# Calcul des valeurs toxicologiques de référence pour le Pb

## Autres récepteurs :

- ◆ **Pour les autres récepteurs, la tension artérielle pourrait être l'effet le plus critique**
  - ◆ Toutefois, selon la littérature sur ce sujet, une concentration sanguine de Pb de plus de 1 µg/dL est nécessaire pour occasionner une augmentation de 1 mmHg de la tension artérielle systolique
- ◆ **Par conséquent, la présentation ne traitera pas davantage de l'évaluation des VTR pour les autres récepteurs**
  - ◆ Néanmoins, nous avons réalisé une analyse distincte, et nous croyons qu'une DRS de 2,5 µg/kg p.c. / jour pourrait être appropriée pour cet effet



# Calcul des valeurs toxicologiques de référence pour le Pb

## Récapitulation des doses associées à un risque spécifique pour un décrétement de 1 point de Q.I. :

- ◆ **Enfants en bas âge, tout-petits et enfants plus âgés (c.-à-d. toutes les personnes de moins de 12 ans) :**
  - ◆  $1 \mu\text{g/dL} = \text{décrément de 1 point de Q.I.} = 0,6 \mu\text{g} / \text{kg p.c.} / \text{jour}$
  - ◆  $\text{DRS} = 0,6 \mu\text{g} / \text{kg p.c.} / \text{jour}$
- ◆ **Tous les autres récepteurs :**
  - ◆  $1 \mu\text{g/dL} = \text{décrément de 1 point de Q.I.} = 1,5 \mu\text{g} / \text{kg p.c.} / \text{jour}$
  - ◆  $\text{DRS} = 1,5 \mu\text{g} / \text{kg p.c.} / \text{jour}$



# Estimation des concentrations dans le sol axées sur les risques pour le Pb

- ◆ **Voici des documents importants utilisés pour estimer les concentrations dans le sol axées sur les risques :**
  - ◆ **CCME (2006). *Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine.* Conseil canadien des ministres de l'environnement**
  - ◆ **Les directives de Santé Canada concernant l'évaluation quantitative préliminaire des risques (ÉQPR) et l'évaluation quantitative détaillée des risques (EQDR)**
  - ◆ **Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) et les facteurs propres à des substances chimiques particulières de Santé Canada**
  - ◆ **Richardson (1997). *Compendium of Canadian Human Exposure Factors for Risk Assessment***



# Estimation des concentrations de gestion des risques pour le Pb dans le sol

- ◆ **Bien que le Pb ne soit pas un cancérigène génotoxique, un effet de seuil n'a pas été établi pour l'effet sur le Q.I.**
  - ◆ L'approche du CCME pour les produits chimiques à réaction sans seuil (c.-à-d. les produits chimiques avec des DRS) a été jugée adéquate
- ◆ **D'autres aspects clés de l'approche :**
  - ◆ Le décrétement de 1 point de Q.I. est considéré comme *de minimis* du sol sans qu'un facteur de répartition soit nécessaire
  - ◆ Le facteur relatif d'absorption orale du plomb dans le sol est de 0,8
  - ◆ Les taux de contact avec le sol recommandés actuellement par Santé Canada (p. ex. 80 mg/jour d'ingestion de sol pour les tout-petits; 20 mg/jour pour les adultes)
  - ◆ Les tout-petits pourraient être présents aux sites commerciaux, de parcs et résidentiels, alors que les adultes, seulement aux sites industriels



# Équation mathématique utilisée pour estimer la CGR pour le Pb aux sites résidentiels

$$\text{CGR} = \frac{\text{RSD} \times \text{BW}}{[(\text{AF}_G \times \text{SIR}) + (\text{AF}_S \times \text{SR}) + (\text{AF}_L \times \text{IR}_S \times \text{ET}_2)] \times \text{ET}_1} + \text{BSC}$$

Où :

RBC =	La concentration axée sur les risques (basée sur l'exposition directe par ingestion de sol / inhalation de sol / contact cutané) (µg/g)
RSD =	Dose propre au risque pour le plomb <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,6 µg / kg p.c. / jour pour les enfants</li> </ul>
BW =	Poids corporel <ul style="list-style-type: none"> <li>• 16,5 kg pour les tout -petits</li> </ul>
AF <sub>G</sub> =	Facteur d'absorption relatif pour le plomb dans le sol à travers le tube digestif (0,8)
SIR =	Taux d'ingestion de sol <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,08 g/jour pour les tout -petits</li> </ul>
AF <sub>S</sub> =	Facteur d'absorption relatif pour le plomb dans le sol à travers la peau (0,006) (Santé Canada, 2009c)
SR =	Taux de contact cutané avec le sol <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,069 g/jour pour les tout -petits (la surface des mains de 0,043 m<sup>2</sup> _ le facteur d'adhérence du sol de 1 g/m<sup>2</sup>/jour plus la surface des bras et des jambes de 0,26 m<sup>2</sup> _ le facteur d'adhérence du sol de 0,1 g/m<sup>2</sup>/jour)</li> </ul>
AF <sub>L</sub> =	Facteur d'absorption relatif pour le plomb dans les poussières à travers le tissu pulmonaire (1,0, par défaut)
IR <sub>S</sub> =	Taux d'inhalation du sol <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6,3 x 10<sup>-6</sup> g/jour pour les tout -petits (c.-à-d. que le taux d'inhalation pour les tout -petits = 8,3 m<sup>3</sup>/d x la concentration de la poussière du sol en suspension de 7,6 x 10<sup>-7</sup> g/m<sup>3</sup>)</li> </ul>
ET <sub>1</sub> =	Période d'exposition 1 (sans unité) (1,0) (présence hypothétique au site 7 jours par semaine)
ET <sub>2</sub> =	Période d'exposition 2 (sans unité) – heures par jour / 24 heures au site (1,0) (c.-à-d. une présence hypothétique au site 24 heures/jours)
BSC =	Concentration de fond dans le sol (0 µg/g; aucune analyse fiable de la concentration de fond n'est disponible actuellement)



# Résultats : CGR pour le Pb aux sites résidentiels

**Concentrations de gestion des risques pour le Pb élaborées pour la protection de la santé humaine**

<b>Utilisation résidentiel le des terres et parcs (pour la protection des tout - petits)</b>	<b>Utilisation commerciale des terres (pour la protection des tout - petits)</b>	<b>Utilisation industrielle des terres (pour la protection des adult es)</b>
150 µg/g	220 µg/g	8 700 µg/g



# Discussion

- ◆ Bien que basées sur des renseignements toxicologiques différents, les concentrations axées sur les risques estimées au moyen de cette approche sont très semblables aux recommandations pour la qualité des sols du CCME pour la protection de la santé humaine
  - ◆ Des concentrations axées sur les risques (CAR) pour les sites résidentiels et les parcs de **150 µg/g** comparées à **140 µg/g** pour le CCME
  - ◆ Des CAR pour les sites commerciaux de **220 µg/g** comparées à **260 µg/g** pour le CCME
  - ◆ Des CAR pour les sites industriels de **8 700 µg/g** comparées à **8 200 µg/g** pour le CCME
- ◆ Ainsi, les recommandations pour la qualité des sols actuelles du CCME pour la protection de la santé humaine protègent peut-être adéquatement contre un décrétement de 1 point de Q.I.



# Discussion

- ◆ **La CAR serait plus grande si les taux d'ingestion du sol plus récents étaient pris en compte**
  - ◆ **Selon Wilson et coll. (2012, dans HERA Press), le taux d'ingestion du sol estimatif pourrait être encore plus faible que supposé**
    - ◆ Notre estimation récente pour les tout-petits (de 0,5 à 4 ans) est la suivante : 20 mg/jour (en moyenne) et 64 mg/jour (le 95<sup>e</sup> percentile)
  - ◆ **Les taux d'ingestion du sol estimés par Özkaynak et coll. (2011) sont également plus faibles**
    - ◆ Une moyenne de 40 mg/jour
  - ◆ **Dans une méta-analyse des études par traceurs, Stanek et coll. (2011) ont estimé des taux plus faibles**
    - ◆ Pour les enfants (généralement entre les âges de 2 et 8 ans) : 27 mg/jour (en moyenne) et 79 mg/jour (95<sup>e</sup> percentile)
  - ◆ **On souligne qu'il faut également prendre en compte la poussière intérieure**
    - ◆ Aux sites où l'échantillonnage de la poussière intérieure n'était pas possible, nous estimons que le taux d'ingestion total moyen de poussière / sol était de 50 mg/jour, appliqué au sol extérieur conformément à l'approche de Wilson et coll. (2012)





# Discussion

- ◆ **Bien que nous soyons d'accord avec les principaux organismes que l'utilisation de l'ensemble de données de Lanphear et coll. (2005) soit appropriée à l'heure actuelle, nous tenons à faire remarquer que cet ensemble de données comprend relativement peu d'enfants dont la concentration sanguine de Pb est  $< 2 \mu\text{g/dL}$** 
  - ◆ **La plus importante étude portant sur des enfants dont la concentration sanguine de Pb était de moins de  $2 \mu\text{g/dL}$  n'a pas révélé d'effets sur le Q.I. à ces concentrations sanguines de Pb, et les autres études n'ont pas révélé d'effets sur les résultats scolaires des enfants dont la concentration sanguine de Pb était de moins de 4 à  $5 \mu\text{g/dL}$**
  - ◆ **Toutefois, on ne considère pas que ces études aient réfuté les effets signalés par Lanphear et d'autres**



# Discussion

- ◆ **Données de von Lindern et coll. (2003) :**
  - ◆ De 0,6 à 1,0 µg de Pb/dL par 1 000 µg/g dans les sols des cours
  - ◆ De 1,5 à 2,5 µg de Pb/dL par 1,000 µg/g dans les sols à l'échelle de la collectivité
  - ◆ Si ces données étaient utilisées, il serait possible qu'une concentration sanguine de Pb de 1 µg/dL serait associée à
    - ◆ 1000 à 1700 µg/g dans les sols des cours
    - ◆ 400 à 700 µg/g dans les sols à l'échelle de la collectivité
  - ◆ Toutefois, les estimations de von Lindern et coll. (2003) n'ont pas suscité une acceptation universelle pour l'estimation des recommandations pour la qualité des sols
- ◆ Les données provenant des phares de la côte du Pacifique n'ont pas permis non plus d'établir une correspondance entre les concentrations de Pb dans les sols et la concentration sanguine de Pb aussi forte que celle présumée dans l'estimation des CAR
- ◆ Par conséquent, il est possible que nos CAR surestiment la concentration sanguine de Pb



# Que représente 1 point de Q.I.?

## Corrélats environnementaux du Q.I. des enfants et importance estimative de l'effet (Wilson et coll., 2005)

Corré lats environnementaux du Q.I. des enfants	Importance de l 'effet potentiel sur le Q.I. (en points de Q.I. )*
Statut socio -économique	± 12
Éducation des parents	± 15
Taille de la famille et position de l 'enfant dans la famille	± 8
Éducation préscolaire enrichie	± 15
Allaitement m aternel	± 3-5
Taux d 'erreur approximatif dans le test de Q.I. des enfants	± 3

\* L'importance de l'effet potentiel indiqué ici est basée sur les valeurs signalées dans la littérature. Elle ne devrait pas être interprétée comme une valeur définitive, mais plutôt comme une indication approximative de l'importance relative des facteurs environnementaux du Q.I. des enfants.



# Conclusions

- ◆ **Malgré des renseignements toxicologiques différents, les CAR sont semblables aux recommandations pour la qualité des sols actuelles du CCME**
- ◆ **Certains organismes de santé ont peut-être élaboré des CAR différentes pour le plomb**
  - ◆ Dans certains cas, des approches pharmacocinétiques physiologiques plus complexes ont peut-être été utilisées
  - ◆ Certaines autres approches offrent peut-être des avantages importants que la nôtre n'offre pas
- ◆ **Toutefois, notre approche est conforme à la littérature scientifique**
  - ◆ La littérature n'indique pas de risques importants pour la santé découlant des débits de dose que les CAR proposées peuvent occasionner
- ◆ **Nous considérons que les CAR permettent de protéger la santé humaine et pourront constituer une approche provisoire raisonnable jusqu'à ce que les organismes de santé publient de nouvelles directives**

