

Surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au plomb inorganique

Guide de pratique professionnelle

Adoption par la CMPSATQ: 13 février 2024

Adoption par la TCNSAT : 16 mai 2024

Adoption par la TCNSP : 6 décembre 2024

Auteurs

D^{re} Emily Manthorp, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive, Direction de la santé publique, Centre intégré de santé et des services sociaux de l'Outaouais;

D^{re} Marianne Picard-Masson, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive, Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec;

D^r Martin Viau, médecin spécialiste en biochimie médicale, Département de médecine de laboratoire, Centre intégré de santé et des services sociaux de l'Outaouais;

Nathalie Hudon, chargée de projet, centre de gestion de projets, Réseau de santé publique en santé au travail.

Co-auteurs de la section 3 : *Évolution des plombémies chez les travailleuses et travailleurs au Québec*

Gabrielle Virgili-Gervais, conseillère scientifique, Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec;

Georges Adib, conseiller scientifique, Équipe surveillance, évaluation et recherche en santé au travail, Institut national de santé publique du Québec.

Réviseurs

D^r Luc Bhérrer, médecin spécialiste en médecine de travail, Direction de la santé publique, Régie régionale de la santé et des services sociaux Nunavik;

Mathieu Valcke, conseiller scientifique spécialisé et chercheur d'établissement, Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec;

D^r Nabyla Titri, médecin spécialiste en médecine de travail, Direction de la santé publique, Centre intégré de santé et des services sociaux de la Côte-Nord;

D^r Pierre Deshaies, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive, Direction de la santé publique, Centre intégré de santé et des services sociaux de Chaudière-Appalaches;

Sébastien Gagné, chimiste toxicologue, professionnel scientifique, Direction des laboratoires, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail.

Graphisme et mise en page

Bernard Lafleur, Le zeste graphique;

Murielle Proulx, agente administrative, Direction de la santé publique, Service de Santé au travail, Centre intégré de santé et des services sociaux du Bas-Saint-Laurent.

Remerciements

Norman Handfield, pilote provincial d'orientation du SISAT, Équipe de pilotage d'orientation;

Pierre Dupont, copilote provincial d'orientation du SISAT, Équipe de pilotage d'orientation;

Yves Morin, analyste d'affaires et des procédés informatiques, Équipe de pilotage d'orientation, Comité provincial des soins infirmiers en santé au travail.

TABLE DES MATIERES

i.	Avant-propos	4
ii.	Sommaire	5
iii.	Glossaire	6
iv.	Liste des sigles et acronymes	8
v.	Liste des tableaux et figures	9
vi.	Table de conversion des unités de mesure de la plombémie	10
1	INTRODUCTION	11
2	EFFETS DU PLOMB SUR LA SANTÉ HUMAINE ET GROUPES SENSIBLES.....	12
2.1	Groupes sensibles [¶]	15
3	ÉVOLUTION DES PLOMBÉMIES CHEZ LES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS AU QUÉBEC ...	16
3.1	Méthodologie	16
3.2	Caractéristiques sociodémographiques	16
3.3	Évolution des plombémies	16
4	LA SURVEILLANCE MÉDICALE DES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS EXPOSÉS AU PLOMB	20
4.1	Évaluation de l'exposition au plomb	20
4.2	La toxicocinétique du plomb	21
4.2.1	Absorption	21
4.2.2	Distribution	22
4.2.3	Métabolisme.....	22
4.2.4	Élimination.....	23
4.3	La plombémie	24
4.3.1	Indices biologiques d'exposition pour le plomb.....	25
4.3.2	La protoporphyrine liée au zinc.....	26
4.4	La surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au plomb : recension de la littérature	28
4.4.1	Le suivi de la plombémie des travailleuses et travailleurs exposés au plomb	28
	L'évaluation médicale des travailleuses et travailleurs exposés au plomb.....	28
4.4.2	Le retrait de l'exposition des travailleuses et travailleurs.....	29
4.5	Recommandations de la CMPSATQ.....	31
4.5.1	L'encadrement des activités de surveillance biologique de l'exposition au plomb 31	
4.5.2	Population ciblée pour la surveillance biologique de l'exposition au plomb.....	32
4.5.3	La périodicité de la surveillance biologique de l'exposition au plomb	32

4.5.4	La gestion des résultats de plombémie.....	34
4.5.5	La gestion du risque d'exposition au plomb.....	35
4.5.6	Risque d'exposition au plomb pour la famille des travailleuses et travailleurs	38
5	CONCLUSION	41
6	RÉFÉRENCES	42
7	Annexes	48
7.1	Annexe 1: Méthode d'élaboration de la figure des effets du plomb sur la santé.....	48
7.2	Annexe 2 : Recension des recommandations ou exigences pour la périodicité des plombémies chez les travailleuses et travailleurs.....	52
7.3	Annexe 3 : Recension des recommandations ou exigences pour l'évaluation médicale des travailleuses et travailleurs exposés au Pb (excluant la plombémie).....	55
7.4	Annexe 4 : Recension des niveaux de plombémie pour lesquels le retrait de l'exposition des travailleuses et travailleurs est recommandé ou exigé ainsi que les critères pour la réintégration au poste de travail	57

i. Avant-propos

La Communauté médicale de pratique en santé au travail du Québec (CMPSATQ) réunit des médecins du Réseau de santé publique en santé au travail (RSPSAT) du Québec. La CMPSATQ a pour mission d'améliorer la qualité des pratiques médicales et de contribuer à l'analyse de la pertinence et au choix des orientations et des interventions en santé au travail pour préserver et améliorer la santé des travailleuses et travailleurs.

Ce guide de pratique professionnelle (GPP) de la CMPSATQ vise à soutenir la pratique des médecins, ainsi que des infirmières et infirmiers, tant dans le secteur public que privé qui effectuent la surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au plomb inorganique au Québec. Il présente des recommandations à ce sujet et remplace le GPP publié en 2008 intitulé *La prévention et le contrôle des intoxications par le plomb et le milieu de travail*. Il peut aussi soutenir les professionnelles et professionnels de la santé qui sont interpellés par leurs patients pour réaliser un dosage de la concentration de plomb sanguin (plombémie) en lien avec une exposition professionnelle.

Ce GPP s'appuie sur des principes généraux relatifs à la surveillance médicale en santé au travail et la gestion des risques à la santé détaillés dans les ouvrages suivants :

- [Comité d'experts sur le dépistage et la surveillance médicale en santé au travail. Cadre de référence pour le dépistage et la surveillance médicale en santé au travail : résumé. Québec : Institut national de santé publique du Québec; 2011.](#)
- [Institut national de santé publique du Québec \(INSPQ\). La gestion des risques en santé publique au Québec : cadre de référence. Auteurs : Valérie Cortin, Lise Laplante, Marc Dionne et al. Montréal : INSPQ, 2016. 87p.](#)
- [Groupe de travail sur le consentement éclairé en santé au travail \(2019\). Guide de pratique concernant la décision libre et éclairée du travailleur dans le cadre d'un dépistage ou d'une surveillance médicale en santé au travail. Communauté médicale de pratique en santé au travail du Québec \(CMPSATQ\), 61 pages.](#)
- Comité médical provincial en santé au travail du Québec. 2002. Guide de pratique professionnelle : Le retrait préventif du travailleur ou de la travailleuse exposée à un contaminant (LSST, article 32) : Guide d'utilisation à l'usage des médecins.

ii. Sommaire

Le plomb (Pb) est une substance toxique pour le corps humain. Actuellement, les expositions au Pb recensées dans la population adulte proviennent surtout des sources professionnelles. Au Québec, les individus qui œuvrent dans les secteurs d'activités de la première transformation des métaux et de la fabrication des produits en métal sont particulièrement touchés. La surveillance biologique de l'exposition (SBE) au Pb par la mesure de la plombémie demeure une pratique recommandée pour évaluer l'exposition des travailleuses et travailleurs.

Basé sur des données scientifiques à jour et une revue de la littérature sur les pratiques de surveillance médicale en lien avec le Pb d'ailleurs dans le monde, le présent GPP présente des recommandations pour encadrer ces activités dans les milieux de travail concernés au Québec. Puisque la SBE avec la plombémie permet d'évaluer l'efficacité de l'ensemble de la hiérarchie des mesures de prévention et de contrôle, ce GPP propose une gradation des interventions selon les données de SBE.

Dans ce GPP, la CMPSATQ recommande aussi que, pour protéger les travailleuses et travailleurs des effets du Pb sur la santé, l'objectif des mesures de prévention et de contrôle de l'exposition soit de maintenir une plombémie en bas de 0,5 µmol/L. Néanmoins, comme il n'y a pas de niveau d'exposition ou de concentration de Pb dans le sang reconnu comme étant sans risque pour la santé humaine, une exposition au plus faible niveau possible doit être visée afin d'atteindre des niveaux de plombémie populationnels ($\leq 0,11$ µmol/L), en particulier pour les groupes sensibles.

En plus des recommandations relatives à la surveillance médicale, ce GPP présente une revue de la toxicocinétique du Pb et jette un éclairage sur la problématique de l'exposition professionnelle au Pb au Québec en présentant des données montrant l'évolution des plombémies des travailleuses et travailleurs suivis par le RSPSAT depuis 2008.

iii. Glossaire

Les termes définis dans le glossaire sont marqués d'une « ¶ » lorsqu'ils apparaissent pour la première fois dans le texte.

Absorption : l'incorporation d'une substance par l'organisme. Ce terme comprend habituellement non seulement le passage à travers la barrière tissulaire, mais aussi le transport ultérieur vers la circulation sanguine (BIT, Encyclopédie de sécurité et de santé au travail).

Biodisponibilité : la fraction d'une dose administrée qui entre dans la circulation sanguine (BIT, Encyclopédie de sécurité et de santé au travail).

Clastogène : une substance cancérogène clastogène est une substance capable de provoquer l'apparition d'un cancer par des modifications structurales des chromosomes (cassure du matériel génétique) (ANSES, 2010).

Demi-vie d'élimination : le temps nécessaire après la fin de l'exposition pour réduire de moitié la quantité présente dans l'organisme. Comme il est souvent difficile d'évaluer la quantité totale d'une substance, des mesures telles que la concentration dans le sang (plasma) sont utilisées. La demi-vie doit être utilisée avec prudence, car elle peut changer, par exemple, avec la dose et la durée d'exposition. De plus, de nombreuses substances ont des courbes de décroissance complexes avec plusieurs demi-vies (BIT, Encyclopédie de sécurité et de santé au travail).

Élimination : la disparition d'une substance de l'organisme soit parce qu'elle est excrétée, soit parce qu'elle est transformée en d'autres produits qui ne sont plus décelables. La vitesse de disparition peut être exprimée par la constante d'élimination, la demi-vie biologique ou la clairance (BIT, Encyclopédie de sécurité et de santé au travail).

Groupe d'exposition similaire (GES) : un groupe de travailleuses et travailleurs avec un profil d'exposition similaire (ex. : effectuant les mêmes tâches à la même fréquence avec une méthode de travail similaire). Pour plus de détails sur cette approche, consulter : [Occupational biomonitoring guidance document \(OECD 2022\)](#).

Groupes sensibles : dans ce document, ce terme fait référence aux groupes d'individus qui ont un plus grand risque de présenter des effets sur leur santé après avoir été exposés au plomb (U.S. EPA, 2024).

Ingestion : l'introduction d'une substance liquide ou solide dans le corps par la bouche, en l'avalant (Office québécois de la langue française).

Infraclinique : qui ne peut être décelé par un examen clinique (Office québécois de la langue française).

Retrait de l'exposition : dans ce document, ce terme fait référence au retrait d'une travailleuse ou d'un travailleur de son exposition au Pb que ce soit par une réaffectation à un autre poste de travail ou par un retrait du travail (arrêt de travail) qu'il soit ou non obtenu dans le cadre d'un retrait préventif selon l'article 32 de la LSST.

Toxicocinétique : englobe l'absorption des toxiques dans l'organisme et tous les processus ultérieurs : transport par les fluides de l'organisme, distribution et accumulation dans les tissus et les organes, biotransformation en métabolites et élimination (excrétion) des toxiques ou des métabolites en dehors de l'organisme (BIT, Encyclopédie de sécurité et de santé au travail).

Valeur LOAEL : (Lowest Observed Adverse Effect Level) correspond à la dose/concentration minimale entraînant un effet biologique ou sanitaire, considéré comme néfaste statistiquement significatif par rapport au témoin (ANSES).

Valeur NOAEL : (No Observed Adverse Effect Level) correspond à la dose/concentration maximale n'entraînant pas d'effet biologique ou sanitaire néfaste statistiquement significatif par rapport au groupe témoin, issue de l'identification du LOAEL. Autrement dit, il s'agit de la dose testée qui précède directement le LOAEL (ANSES).

iv. Liste des sigles et acronymes

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ACOEM : American College of Occupational and Environmental Medicine
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AOEC : Association of Occupational and Environmental Clinics
BIT : Bureau international du travail
CDPH : California department of public health
CDC : Centers for disease control and prevention
CMPSATQ : Communauté médicale de pratique en santé au travail du Québec (anciennement le Comité médical provincial en santé au travail du Québec)
CSTE : Counsel of State and Territorial Epidemiologists
CTQ : Centre de toxicologie du Québec
DFG : German Research Foundation - Permanent Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area
DoD : Department of Defence of the United States of America
EPI : Équipement de protection individuel
GES : Groupe d'exposition similaire
GPP : Guide de pratique professionnelle
HSE : Health and safety executive du Royaume-Uni
IBE : Indice biologique d'exposition
INSPQ : Institut national de santé publique du Québec
IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
LATMP : Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles
LMRSST : Loi modernisant le régime de santé et de sécurité du travail
LOAEL : Lowest observed adverse effect level
LSST : Loi sur la santé et la sécurité du travail
MADO : Maladies à déclaration obligatoire
MIOSHA : Michigan Occupational safety and health authority
NOAEL : No observed adverse effect level
OMS : Organisation mondiale de la Santé
OSHA : Occupational safety and health administration
RSPSAT : Réseau de santé publique en santé au travail
Pb : Plomb
PMSD : Pour une maternité sans danger
RAC ECHA : Risk Assessment Committee of the European Chemicals Agency
SBE : Surveillance biologique de l'exposition

v. Liste des tableaux et figures

Figure 1	Effets possibles sur la santé chez l'individu selon le niveau de plombémie	14
Figure 2	Évolution du nombre d'individus ayant eu au moins une plombémie entre 2008 et 2022 ...	17
Figure 3	Proportion d'individus selon différentes catégories de valeurs médianes de plombémie par période de 3 ans de 2008 à 2022	19
Figure 4	Concentration de plomb dans le sang après la fin d'une exposition professionnelle chez une cohorte de travailleurs retraités (Nilsson et al., 1991)	24
Tableau 1	DISTRIBUTION DES PLOMBÉMIES MÉDIANES PAR PÉRIODE DE 3 ANS DE 2008-2022	18
Tableau 2	FACTEURS INFLUENÇANT LA PLOMBÉMIE	23
Tableau 3	INDICES BIOLOGIQUES D'EXPOSITION POUR LE PLOMB INORGANIQUE ET SEUIL DE DÉCLARATION PAR LES LABORATOIRES AU QUÉBEC	27
Tableau 4	PÉRIODICITÉS SUGGÉRÉES POUR LA SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION AU PLOMB EN MILIEU DE TRAVAIL	34
Tableau 5	PRINCIPALES RECOMMANDATIONS EN FONCTION DE LA PLOMBÉMIE ¹	39

vi. Table de conversion des unités de mesure de la plombémie

Unités de masse en microgrammes par litre (µg/L)	Unités de masse en microgrammes par décilitre (µg/dL)	Unités molaires en micromoles par litre (µmol/L)
10	1	0,048
50	5	0,24
100	10	0,48
150	15	0,72
200	20	0,97
207,2	20,72	1
300	30	1,45
400	40	1,93
500	50	2,41
600	60	2,90
700	70	3,38
800	80	3,86
900	90	4,34
1000	100	4,83

Unités molaires = unités de masse/masse atomique du plomb

Masse atomique du plomb = 207,2

1 INTRODUCTION

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) considère que le plomb (Pb) se classe parmi les 10 substances chimiques les plus préoccupantes pour la santé publique (OMS, 2022). Au cours des dernières décennies, les niveaux de Pb dans le sang des populations Nord-Américaines ont diminué de manière significative en raison de mesures d'atténuation mises en place pour réduire la contamination de l'environnement et l'exposition des humains à ce métal toxique (Alarcon et al. 2016; ATSDR, 2020; Santé Canada, 2013). En même temps, les effets toxiques du Pb à de plus faibles doses ont été mieux démontrés, notamment pour le système neurologique, rénal et cardiovasculaire.

À l'heure actuelle, chez les adultes, l'exposition au Pb est principalement liée à des sources professionnelles (Alarcon et al. 2016; ATSDR, 2020; Tsai et al., 2022). Les activités pouvant mettre les travailleuses et travailleurs en contact avec le Pb ou ses composés sont très diverses et incluent entre autres : l'extraction du minerai, la transformation des métaux, la fabrication de produits contenant du Pb, le recyclage des métaux, le soudage et le découpage de métaux, les activités de jet d'abrasif ou décapage de surfaces peintes contenant du Pb, etc. (ACGIH, 2017; ATSDR, 2020; OMS, 2022). Aux États-Unis, la fabrication et le recyclage des batteries sont les sources d'exposition professionnelle au Pb les plus fréquentes (Alarcon et al., 2016; Armatas et al. 2022; Tsai et al. 2022). Au Québec, de 2008 à 2022, les secteurs de la première transformation des métaux et de la fabrication des produits en métal sont ceux où les cas avec une plombémie dépassant le seuil de déclaration obligatoire par les laboratoires sont les plus fréquents (INSPQ, 2022 données non publiées).

Le suivi de la plombémie pour la surveillance biologique de l'exposition (SBE) des travailleuses et travailleurs exposés au Pb inorganique¹ est une pratique largement répandue et sa pertinence ne fait l'objet d'aucun questionnement. Conséquemment, pour la mise à jour de ce GPP, la CMPSATQ n'a pas jugé nécessaire d'appliquer explicitement la démarche d'analyse du *Cadre de référence pour le dépistage et la surveillance médicale en santé au travail* (INSPQ, 2009) publié depuis la dernière révision de ce GPP en 2008.

Ce GPP s'adresse principalement aux médecins ainsi qu'aux infirmières et infirmiers, tant dans le secteur public que privé, qui effectuent la surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au Pb inorganique au Québec. Il présente des recommandations à ce sujet qui s'appuient sur celles recensées dans la littérature grise² et sur des connaissances scientifiques revues de manière exhaustive par d'autres organisations reconnues³. Finalement, soulignons que les recommandations ne s'appliquent pas aux travailleuses enceintes ou qui allaitent. Les recommandations émises dans le cadre du programme Pour une maternité sans danger (PMSD)⁴ s'appliquent pour ces dernières.

¹ Toute référence au « plomb (Pb) » dans ce document se rapporte à la forme inorganique. Sinon, il est précisé « organique ».

² AEOC, 2007; CDPH, 2021; CSTE, 2021; Code du travail de la France;; Gouvernement de l'Alberta, 2013; HSE, 2002; Holland et al., 2016; Kosnett et al., 2007; Manitoba Workplace Safety and Health, 2019; MIOSHA, 2021; Nova Scotia Health and Safety, 2019; Ontario Ministry of Labour, 2019; OSHA 1978; Safe Work Australia, 2018; U.S. Army Public Health Command, 2014; U.S. Department of Defence, 2022; Work Safe BC, 2017

³ ANSES, 2019; ATSDR, 2020; Bergdahl et Skerfving, 2022; ECHA, 2019; INERIS, 2016; NRC, 2013; NTP, 2012; OMS, 2022; U.S. EPA, 2013; U.S., EPA 2024

⁴ Pour plus d'informations sur ce programme, consulter la page de la [CNESST](#).

2 EFFETS DU PLOMB SUR LA SANTÉ HUMAINE ET GROUPES SENSIBLES

Le Pb est une substance toxique non nécessaire au fonctionnement du corps humain. Une fois absorbé, ce métal peut s'accumuler dans l'organisme et y entraîner des dommages dans tous les systèmes. Il n'y a pas de niveau d'exposition ou de concentration de Pb dans le sang reconnu comme étant sans risque pour la santé humaine (ATSDR, 2020).

Des effets néfastes du Pb ont été démontrés à des niveaux d'exposition de plus en plus faibles. Ces effets sont le plus souvent asymptomatiques et infracliniques⁵. La détection de ce type d'intoxication par les travailleuses et travailleurs peut ainsi être difficile, de même que le diagnostic par les professionnelles et professionnels de la santé.

La figure à la page 14 présente une gradation des effets sur la santé selon la plombémie. La méthodologie d'élaboration de cette figure est présentée à l'[Annexe 1](#). Cette illustration peut s'avérer utile pour informer sur les principaux effets à la santé liés au Pb. Néanmoins, quelques mises en garde sont de mise pour l'utilisation de cette figure :

- L'interprétation d'une plombémie nécessite la prise en compte de plusieurs facteurs (voir la [section 4.3](#));
- Il existe des variations interindividuelles importantes quant aux concentrations de Pb dans le sang où des signes ou des symptômes d'intoxication vont se manifester (OMS, 2022);
- Une exposition importante (aiguë) au Pb peut avoir des effets sur la santé à court et à long terme (OMS, 2022). Aussi, une exposition moindre, mais prolongée (chronique) est susceptible d'avoir des effets sur la santé à long terme;
- L'ampleur de certains effets sur la santé à l'échelle individuelle peut paraître petite, toutefois les répercussions à l'échelle d'une population sont significatives (ATSDR, 2020; Larsen et Sanchez-Triana, 2023). Par exemple, l'OMS estime qu'à l'échelle mondiale, près de 22 millions d'années sont perdues en raison des handicaps et des décès liés aux effets à long terme sur la santé du Pb (années de vie ajustées de l'incapacité). L'exposition au Pb est responsable de 30 % de la charge mondiale du handicap intellectuel idiopathique, de 4,6 % de la charge mondiale des maladies cardiovasculaires et de 3 % de la charge mondiale des maladies rénales chroniques (OMS, 2021).
- Certains effets sur la santé, qui ont été associés à une exposition au Pb, ne sont pas mentionnés dans la figure 1 étant donné l'insuffisance ou l'incohérence des preuves scientifiques disponibles (voir l'[Annexe 1](#)).

Parmi les effets sur la santé rapportés dans les différents documents d'organisations scientifiques consultés, la nature de l'exposition au Pb (aiguë ou chronique) à l'origine des effets n'était pas souvent explicitée. En fait, il persiste des incertitudes quant à la fréquence, le niveau, le moment et la durée de l'exposition au Pb qui entraînent les effets observés dans la littérature (U.S. EPA, 2024).

⁵ Le symbole « [¶] » identifie les termes définis dans le glossaire lorsqu'ils apparaissent pour la première fois dans le texte.

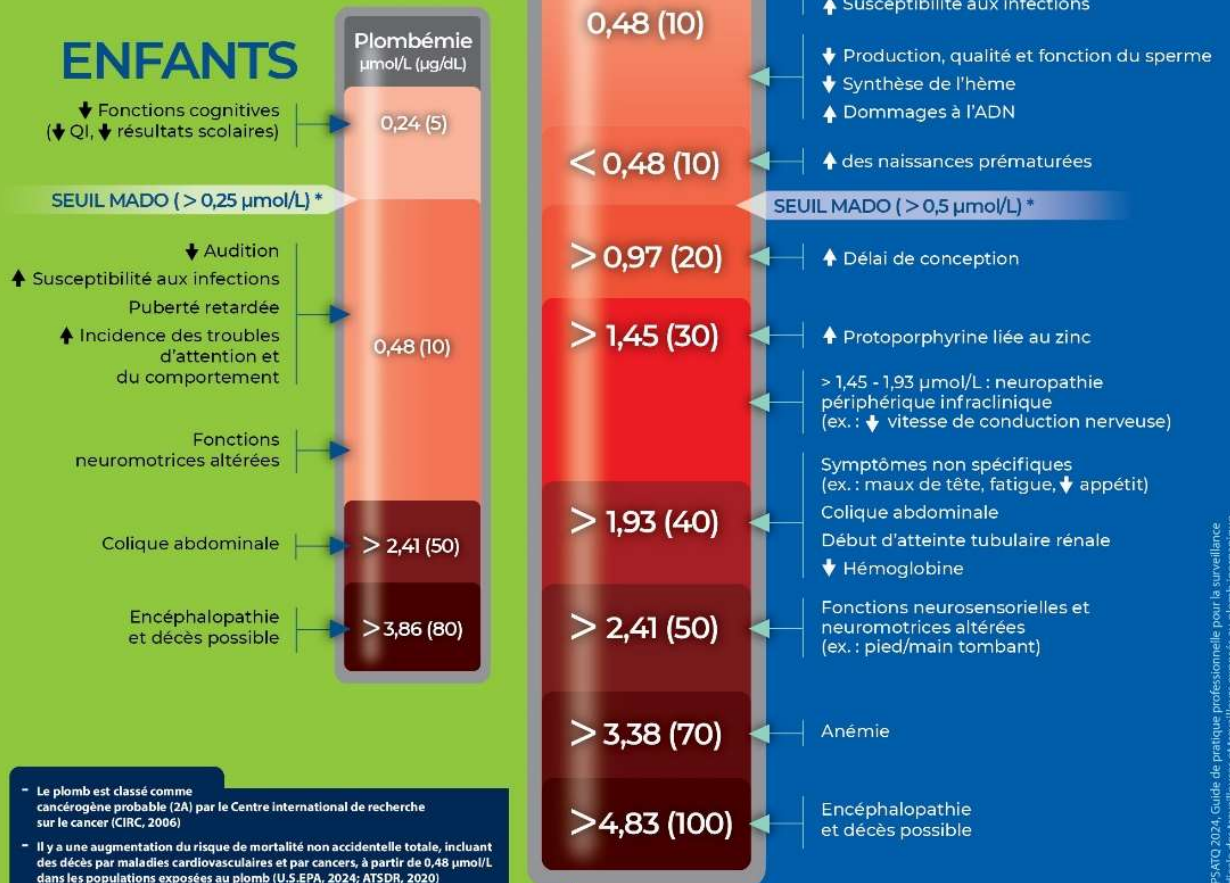
Globalement, d'après une compréhension qualitative des écrits consultés pour l'élaboration de la figure 1 (ANSES, 2019; ATSDR, 2020; CIRC, 2006; Goldman et Hu, 2023; HCSP, 2017; NTP, 2012; OMS, 2022; U.S. EPA, 2013; U.S. EPA, 2015; U.S. EPA, 2024), il est possible de constater que :

- À un niveau de plombémie $\geq 1,93 \mu\text{mol/L}$, les effets sur la santé sont plus susceptibles d'être des effets aigus. La littérature scientifique les rapporte dans des études de cas. Ils sont associés à une exposition importante au Pb;
- À un niveau de plombémie $< 1,93 \mu\text{mol/L}$, les effets sur la santé sont plus susceptibles d'être des effets chroniques. Ils peuvent être en lien avec une exposition aiguë passée ou une exposition chronique au Pb.

FIGURE 1 EFFETS POSSIBLES SUR LA SANTÉ CHEZ L'INDIVIDU SELON LE NIVEAU DE PLOMBÉMIE

Effets possibles sur la santé chez l'individu selon le niveau de plombémie

Les effets du plomb sur la santé présentés sont ceux les mieux documentés dans la littérature scientifique récente, provenant principalement d'études faites auprès des populations (ATSDR, 2020; U.S. EPA, 2024; NTP, 2012; OMS, 2022). Pour un individu donné, ces effets ne vont pas nécessairement se manifester, mais le risque de les développer augmente. Aux plus faibles niveaux de plombémies illustrés (< 0,24 - 0,48 µmol/L), le risque individuel de développer un effet assez important pour être perçu ou détecté est faible. Toutefois, plus l'exposition au plomb est élevée ou plus elle persiste dans le temps, plus le risque individuel d'avoir des effets sur la santé augmente. Le risque est aussi variable d'un individu à l'autre.



* Le plomb est classé comme cancérogène probable (2A) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, 2006)

* Il y a une augmentation du risque de mortalité non accidentelle totale, incluant des décès par maladies cardiovasculaires et par cancers, à partir de 0,48 µmol/L dans les populations exposées au plomb (U.S.EPA, 2024; ATSDR, 2020)

* Maladie à déclaration obligatoire (MADO), seuils à 0,25 µmol/L (< 12 ans) ou à 0,50 µmol/L (≥ 12 ans)

2.1 GROUPES SENSIBLES[¶]

Certains individus sont plus sensibles aux effets d'une exposition au Pb, soient principalement :

Les fœtus, nourrissons et enfants : leur plus grande sensibilité au Pb pourrait s'expliquer par le fait que leurs différents systèmes sont en développement. Ceux-ci sont donc plus sensibles aux effets néfastes du Pb, en particulier le système neurologique qui serait l'un des plus vulnérables. Ils absorbent aussi davantage de Pb que les adultes. Par ailleurs, ils ont des comportements ou caractéristiques qui peuvent mener à une ingestion ou inhalation accrue de poussières de Pb sur les surfaces (ex. : port des mains à la bouche, pica, proximité des surfaces contaminées avec leur zone respiratoire) (ATSDR, 2020).

Les femmes en âge de procréer ou enceintes : étant donné l'accumulation du Pb dans l'organisme, les femmes exposées avant la grossesse pourraient avoir une plombémie élevée pendant la grossesse. De plus, le Pb accumulé dans les os peut être mobilisé dans le sang lors de la grossesse et de l'allaitement et ainsi exposer le fœtus et l'enfant allaité puisque le Pb traverse la barrière placentaire et est excrété dans le lait maternel.

Les individus avec certaines conditions médicales : les conditions médicales qui compromettent les fonctions physiologiques des différents systèmes du corps humain sont susceptibles d'augmenter la sensibilité des individus qui en sont atteints aux effets du Pb (ATSDR, 2020). En particulier, l'hypertension et le diabète pourraient augmenter le risque d'effets rénaux associés au Pb (U.S. EPA, 2024). Les personnes avec une maladie rénale préexistante pourraient aussi être plus sensibles aux effets toxiques du Pb (ATSDR, 2020; Kosnett et al., 2007).

3 ÉVOLUTION DES PLOMBÉMIES CHEZ LES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS AU QUÉBEC

3.1 MÉTHODOLOGIE

Le Système d'information en santé au travail (SISAT) du RSPSAT contient tous les résultats de plombémies inhérents aux activités de surveillance médicale prescrites par les médecins du RSPSAT. Le Système provincial d'enregistrement, de surveillance et de vigie sanitaire des maladies à déclaration obligatoire (MADO) attribuables à un agent chimique ou physique regroupe seulement les résultats de plombémies $>0,5 \mu\text{mol/L}$. Ainsi, il a été choisi d'utiliser les données du SISAT pour effectuer ce portrait.

Les plombémies pour la période du 1^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2022 ont été extraites⁶ à partir du SISAT en novembre 2023, pour un total de 24 878 résultats. Les données sont majoritairement représentatives des secteurs d'activité économiques des groupes prioritaires 1 à 3 qui étaient ciblés pour les services du RSPSAT au cours de la période. En effet, 82 % des travailleuses et travailleurs avec au moins une plombémie au SISAT font partie de ces groupes prioritaires.

3.2 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Les 24 878 résultats de plombémie, obtenus à partir du SISAT, concernent 8 494 individus dont la majorité sont des hommes (92 %). L'âge médian est de 43 ans, alors que 15 % des individus sont âgés de 25 ans ou moins, période de la vie où le cerveau est encore en développement (Arain et al., 2013). En outre, les individus de 65 ans et plus, tranche d'âge où le risque de maladies chroniques est accru (Gouvernement du Canada, 2021), représentent 1 %.

Les secteurs d'activité économique (SAE) comportant le plus grand nombre de travailleuses et travailleurs ayant eu au moins une plombémie sont : « première transformation des métaux » (26 %), « bâtiments et travaux publics » (15 %), « fabrication des produits en métal » (13 %) et « mines, carrières et puits de pétrole » (12 %).

3.3 ÉVOLUTION DES PLOMBÉMIES

Le nombre d'individus ayant eu au moins une plombémie prescrite par un médecin du RSPSAT a diminué de 2008 à 2022 (**figure 2**), passant de 1 955 en 2008 à 806 en 2022. Cette tendance à la baisse est représentée aussi par une courbe de lissage⁷ ainsi que son intervalle de confiance à 95 % (en vert) à la figure 2.

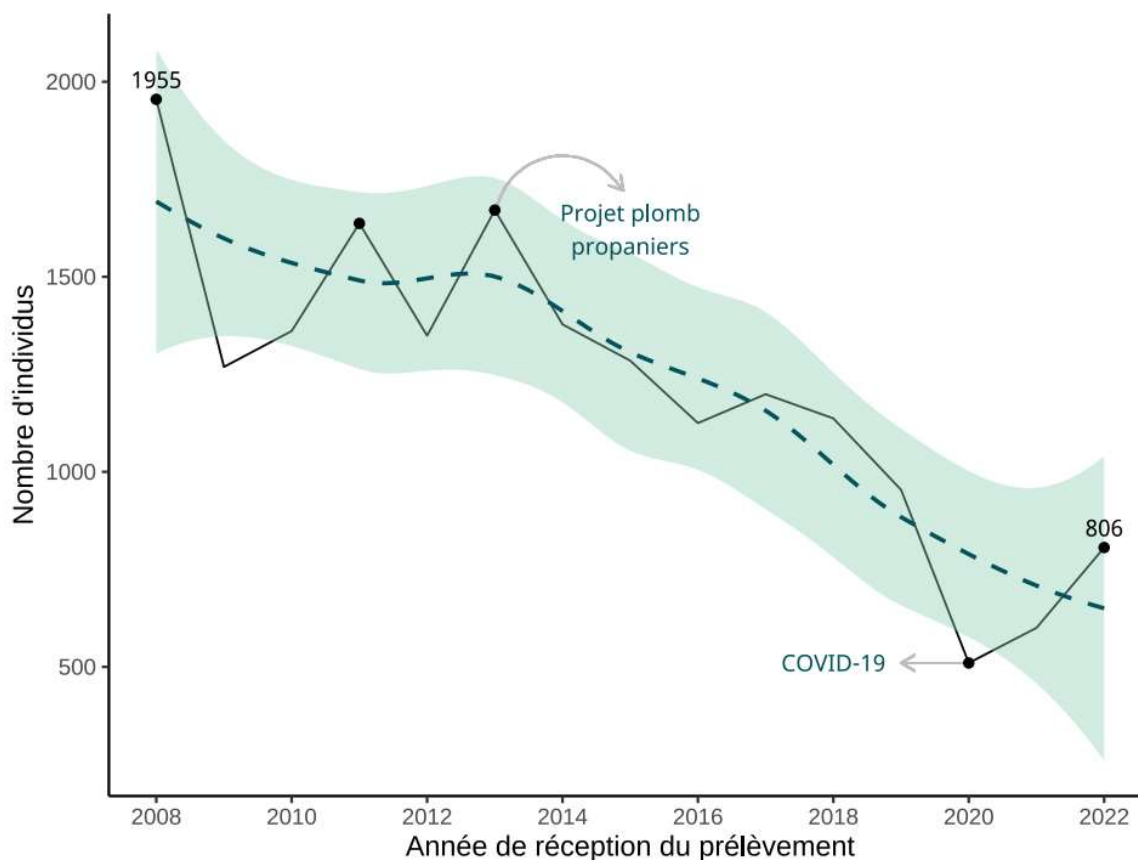
Plusieurs raisons pourraient expliquer cette tendance. Par exemple, il est possible que les interventions préventives du RSPSAT aient pu réduire l'exposition des travailleuses et travailleurs ou qu'il y ait moins de milieux de travail comportant une exposition au Pb. La diminution observée dans le nombre d'analyses pourrait aussi être expliquée par l'augmentation de l'utilisation de la stratégie des groupes d'exposition similaire⁸ dans les établissements suivis par le RSPSAT, ou encore la remise de la responsabilité pour la poursuite des activités de surveillance médicale à l'établissement.

⁶ Extraction réalisée par l'équipe de pilotage du SISAT.

⁷ Courbe de lissage locale par la méthode « LOESS », une méthode de régression polynomiale non paramétrique (Cleveland et Devlin, 1988).

Certaines variations temporelles observées pourraient être influencées par différents contextes dont : le projet provincial visant à prévenir les intoxications causées par les pâtes scellantes à base de Pb chez les travailleuses et travailleurs à risque en 2013 (« Projet plomb propanier », RSPSAT, 2015) et le déclenchement de l'urgence sanitaire liée à la pandémie de la COVID-19, en mars 2020 (Gouvernement du Québec, 2022), ayant comme conséquence une réduction des activités de SBE dans les milieux de travail.

FIGURE 2 - ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INDIVIDUS AYANT EU AU MOINS UNE PLOMBÉMIE ENTRE 2008 ET 2022



De 2008 à 2022, la majorité des travailleuses et travailleurs surveillés (57 %) ont eu seulement une plombémie. La plombémie médiane était plus faible pour ce groupe comparativement à ceux qui ont eu plus d'une plombémie (0,18 $\mu\text{mol/L}$ c. 0,37 $\mu\text{mol/L}$). Le temps médian de suivi des travailleuses et travailleurs, qui ont eu plus d'une plombémie (43 %), est d'environ 3 ans.

Le **tableau 1** présente la distribution des plombémies par période de trois ans de 2008 à 2022. Chaque travailleuse et travailleur est compté une fois par période. Il est représenté par la médiane de ses résultats obtenus sur les trois années en question. Il est donc possible qu'il soit compté plus d'une fois s'il est suivi sur plusieurs périodes. La moyenne et la médiane sont sous le seuil

MADO de $\mu\text{mol/L}$. Une baisse statistiquement significative est observée dans les résultats moyens entre les périodes de 2008-2010 et de 2017-2019⁸.

Bien qu'une certaine baisse de résultats moyens de plombémie ait été constatée parmi l'ensemble des individus, la proportion de ceux-ci au-dessus des indices biologiques d'exposition (IBE) déterminés pour les travailleurs ($\geq 0,97 \mu\text{mol/L}$, voir le tableau 3 à la section 4.3.1), elle, ne présente pas une telle décroissance. En effet, les proportions d'individus, avec des résultats de plombémies selon différentes catégories, par période de trois ans de 2008 à 2022, sont assez stables (**figure 3**).

TABEAU 1 - DISTRIBUTION DES PLOMBÉMIES MÉDIANES PAR PÉRIODE DE 3 ANS DE 2008-2022

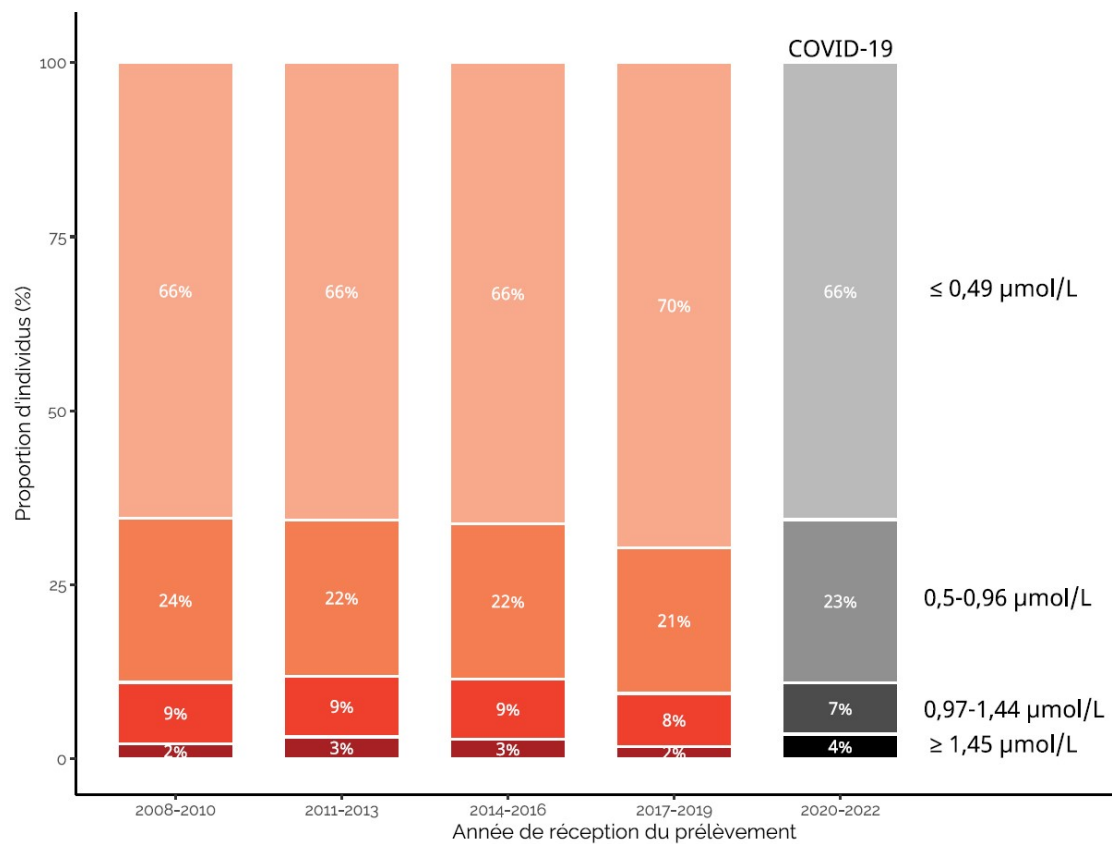
Périodes	Nombre d'individus	Résultats de plombémies (en $\mu\text{mol/L}$)						
		Moyenne	5 ^e centile	25 ^e centile	Médiane (50 ^e centile)	75 ^e centile	95 ^e centile	Maximum
2008-2010	2 953	0,45	0,07	0,15	0,33	0,63	1,22	3,53
2011-2013	3 251	0,45	0,07	0,15	0,32	0,63	1,28	3,44
2014-2016	2 572	0,43	0,07	0,12	0,30	0,61	1,24	2,63
2017-2019	2 250	0,39	0,07	0,10	0,26	0,56	1,15	3,26
2020-2022	1 286	0,44	0,06	0,10	0,29	0,64	1,23	5,40
2008-2022	8 494	0,39	0,07	0,11	0,25	0,53	1,17	3,53

La période de 2020 à 2022 correspond à la période pandémique (zone grisée de la Figure 3). Pendant cette période, la SBE a été réduite et possiblement priorisée pour les travailleuses et travailleurs avec d'importantes expositions au Pb, ce qui pourrait influencer la comparabilité des données.

Il importe de mentionner qu'un grand nombre d'individus présente encore des niveaux de plombémies élevées soit, de 2017 à 2019 : 470 travailleurs (0,5-0,96 $\mu\text{mol/L}$), 171 travailleurs (0,97-1,44 $\mu\text{mol/L}$) et 40 travailleurs ($\geq 1,45 \mu\text{mol/L}$).

⁸ Tests-non paramétriques de Wilcoxon, au seuil de 0,01, réalisés en deux temps soit l'un parié sur les travailleurs et travailleuses présents sur les deux groupes d'années et l'autre non parié sur les échantillons indépendants

FIGURE 3 – PROPORTION D’INDIVIDUS SELON DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE VALEURS MÉDIANES DE PLOMBÉMIE PAR PÉRIODE DE 3 ANS DE 2008 À 2022



4 LA SURVEILLANCE MÉDICALE DES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS EXPOSÉS AU PLOMB

La surveillance médicale est une pratique courante dans le domaine de la santé au travail. Elle fait appel à des activités telles que des examens médicaux et des analyses biologiques appliquées de manière récurrente chez des travailleuses et travailleurs, qui doivent mener à des interventions de suivis préventifs (INSPQ, 2009).

Dans le cas des travailleuses et travailleurs exposés au Pb, le suivi périodique de la plombémie permet d'apprécier l'importance de l'exposition globale récente. Plus précisément, elle permet d'évaluer la dose absorbée (ou dose interne) issue de toutes les sources et voies d'exposition. Par conséquent, la plombémie permet d'évaluer l'efficacité des mesures de prévention et de contrôle. Cette surveillance biologique de l'exposition (SBE) constitue l'assise des programmes de surveillance médicale pour le Pb à travers le monde (AEOC, 2007; CDPH, 2021; CSTE, 2021; Code du travail de la France; Gouvernement de l'Alberta, 2013; HSE, 2002; Holland et al., 2016; Kosnett et al., 2007; Manitoba Workplace Safety and Health, 2019; MIOSHA, 2021; Nova Scotia Health and Safety, 2019; Ontario Ministry of Labour, 2019; OSHA 1978; Safe Work Australia, 2018; U.S. Army Public Health Command, 2014; U.S. Department of Defence, 2022; Work Safe BC, 2017).

4.1 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AU PLOMB

L'évaluation quantitative de l'exposition des travailleuses et travailleurs à des contaminants chimiques sous forme de gaz ou d'aérosols (poussières et fumées) est le plus souvent réalisée par la mesure des concentrations dans l'air dans la zone respiratoire. Ces échantillonnages environnementaux sont utiles pour évaluer l'exposition associée à différentes tâches et l'efficacité des mesures de contrôle à la source. Ils permettent d'estimer la dose externe susceptible d'être absorbée par les voies respiratoires.

Bien que les évaluations environnementales tant quantitatives que qualitatives soient complémentaires, l'évaluation de l'exposition des travailleuses et travailleurs avec la SBE est généralement à privilégier pour le Pb (ANSES, 2019; IRSST, 2022; RAC ECHA, 2020). Ceci s'explique d'une part, par le fait que, contrairement aux mesures environnementales, la plombémie permet d'évaluer l'exposition globale des travailleuses et des travailleurs en intégrant les différentes sources et voies d'exposition. D'autre part, les indices biologiques d'exposition (IBE) pour le Pb sont fondés sur la connaissance de la relation entre la dose interne et les effets à la santé (IRSST, 2022) (voir la [section 4.3.1](#)).

En raison de l'importance de l'exposition au Pb par ingestion, la plombémie peut dépasser l'IBE même en absence de dépassements des valeurs limites d'exposition pour le Pb dans l'air (ACOEM, 2023; ECHA, 2020). En effet, en pratique, la corrélation entre des mesures de la dose externe (dans l'air) et interne du Pb (plombémie) peut être faible (ECHA, 2020), entre autres, parce que :

- Le Pb s'accumule dans l'organisme;
- L'exposition au Pb par ingestion en milieu de travail en lien avec la contamination des surfaces ou des mains peut être considérable;
- Les anciennes études portant sur la corrélation entre les niveaux dans l'air et les niveaux dans le sang ne sont plus représentatives du contexte actuel en raison de la diminution importante de l'exposition environnementale extra-professionnelle au Pb.

La SBE est aussi un outil précieux pour évaluer l'efficacité des mesures d'hygiène personnelles et des équipements de protection individuels (ÉPI). En complément de la SBE, l'évaluation environnementale (incluant les frottis de surface) permet de mieux cerner les sources d'exposition et d'évaluer l'efficacité des mesures d'hygiène environnementales (ex. : décontamination des surfaces).

4.2 LA TOXICOCINÉTIQUE DU PLOMB

Les connaissances sur la toxicocinétique[¶] du Pb sont nombreuses et elles aident à faire l'interprétation de la plombémie et de comprendre ses limites. Un résumé de l'absorption[¶], de la distribution et de l'élimination[¶] du Pb dans l'organisme est présenté dans cette section.

4.2.1 Absorption

4.2.1.1 Voie respiratoire

Chez les travailleuses et travailleurs, l'inhalation du Pb est l'une des principales voies d'exposition. La demi-vie d'absorption du Pb des voies respiratoires vers le sang est estimée être de 1 à 10 heures selon la taille des particules (U.S. EPA, 2024). La quantité de particules déposées dans l'arbre respiratoire ainsi que leur taux d'absorption varient notamment selon leur granulométrie, leur solubilité et la ventilation pulmonaire (ATSDR, 2020; INERIS, 2016).

À partir de modélisations de scénarios d'exposition professionnelle, il a été estimé qu'environ 30 % de la fraction totale des particules de Pb inhalées serait absorbée, mais ce paramètre est variable (U.S. EPA 2024). Les particules inférieures à 1 µm atteignant les bronchioles et les alvéoles sont rapidement et presque complètement absorbées dans la circulation sanguine (ATSRD, 2020; Bergdahl et Skerfving, 2022; ECHA, 2019; U.S. EPA, 2024). Les particules avec un diamètre aérodynamique supérieur à 2,5 à 5 µm sont principalement déposées au niveau des voies respiratoires ciliées (nasopharynx, trachée et bronches), d'où elles sont transportées, par clairance mucociliaire, vers le tractus gastro-intestinal.

4.2.1.2 Voie digestive

L'absorption du Pb à la suite de l'ingestion des particules contribue de façon importante à l'exposition professionnelle. La biodisponibilité[¶] du Pb gastro-intestinale est influencée à la fois par des facteurs physiologiques (voir le **tableau 2**), par des caractéristiques physicochimiques de l'ingesta (ex. : taille des particules, minéralogie, solubilité) ainsi que par la dose ingérée (ATSDR, 2020).

L'absorption digestive du Pb est plus élevée chez les enfants que chez les adultes (U.S. EPA, 2024), variant de 40 à 50 % chez les moins de 8 ans (ATSDR 2020, U.S. EPA 2023). Chez les adultes, l'absorption varie de 3 % à 10 % en postprandiale, mais serait plus élevée à jeun, soit de 26 % à 70% (U.S. EPA, 2024). L'état de grossesse pourrait aussi favoriser une absorption accrue du Pb (ATSDR, 2020; CDC, 2010). L'influence des facteurs nutritionnels sur l'absorption du Pb est complexe et n'est pas parfaitement élucidée, mais plusieurs études indiquent que des carences en fer et en calcium favorisent une absorption digestive accrue du Pb (ATSDR, 2020; OMS, 2022; U.S. EPA 2024).

4.2.1.3 Voie cutanée

À l'exception des composés organiques du Pb, et en particulier, les dérivés alkylés comme le Pb tétraéthyle, l'absorption par la peau est considérée négligeable (ATSDR, 2020; ECHA, 2019; INERIS 2016).

4.2.2 Distribution

Le Pb absorbé est distribué largement dans l'organisme et peut traverser la barrière placentaire. Par conséquent, le Pb se trouve dans de nombreux organes et tissus du corps. Du point de vue de la toxicocinétique, les principaux compartiments dans lesquels le Pb se répartit sont le sang, les tissus mous et les os.

Le Pb sanguin constitue environ 1 % de la charge corporelle à l'état d'équilibre et se trouve essentiellement dans les globules rouges. Seule une petite fraction (< 1 %) est retrouvée dans le plasma, mais elle est labile et davantage disponible pour la distribution aux tissus mous (U.S. EPA, 2024). Les tissus mous et organes peuvent contenir environ 2 à 8 % de la charge corporelle en Pb et les plus grandes concentrations sont retrouvées dans le foie et les reins (ATSDR, 2020; Bergdahl et Skerfving, 2022; NRC, 2013; U.S. EPA, 2024).

Une proportion importante de Pb est incorporée au squelette, soit plus de 90 % de la charge corporelle chez l'adulte (ATSDR, 2020; U.S. EPA, 2024). Le Pb forme des complexes stables avec le phosphate et peut remplacer le calcium dans la matrice osseuse. Ainsi, il s'accumule dans le tissu osseux et forme un réservoir qui peut être continuellement relargué dans le sang par les processus de remodelage ou de résorption osseuse associés à des états physiologiques ou pathologiques (**tableau 2**) (ATSDR, 2020; É.-U., EPA, 2024).

Le tissu osseux est constitué de deux sous-compartiments : un dans lequel le Pb est très captif (os cortical, demi-vie d'éliminationⁿ de l'ordre de plusieurs années-décennies), et un autre qui est un site d'échange plus actif entre le Pb et le sang (os trabéculaire, demi-vie d'élimination de quelques mois-années) (ATSDR, 2020; U.S. EPA, 2024).

4.2.3 Métabolisme

Une fois distribué dans le corps, la plupart du Pb inorganique se lie à différentes biomolécules (ex. : protéines et enzymes). Les composés de Pb organiques sont métabolisés en Pb inorganique (ATSDR, 2020; OMS, 2022).

TABLEAU 2 - FACTEURS INFLUENÇANT LA PLOMBÉMIE

MÉCANISME	FACTEURS
↑ Absorption digestive du Pb	Jeune âge (enfance/croissance)
	Jeûne
	Carence en fer ou en calcium
	Grossesse et allaitement
↑ Mobilisation du Pb osseux	Âge avancé
	Ostéoporose
	Ménopause
	Grossesse et allaitement
	Fracture osseuse
	Néoplasie osseuse
	Immobilisation prolongée
	Perte de poids significative
Certaines maladies endocriniennes (ex. : hyperparathyroïdie, thyrotoxicose)	
↓ Excrétion du Pb	Diminution de la fonction rénale

Références : ATSDR, 2020; Bergdahl et Skerfving 2022; INERIS, 2016; OMS, 2022; U.S. EPA, 2024

4.2.4 Élimination

Le Pb absorbé dans l'organisme est principalement excrété par la voie urinaire et dans une moindre mesure par la voie fécale. La salive, la sueur, le lait maternel et les phanères sont des voies d'excrétion minoritaires (ATSDR, 2020).

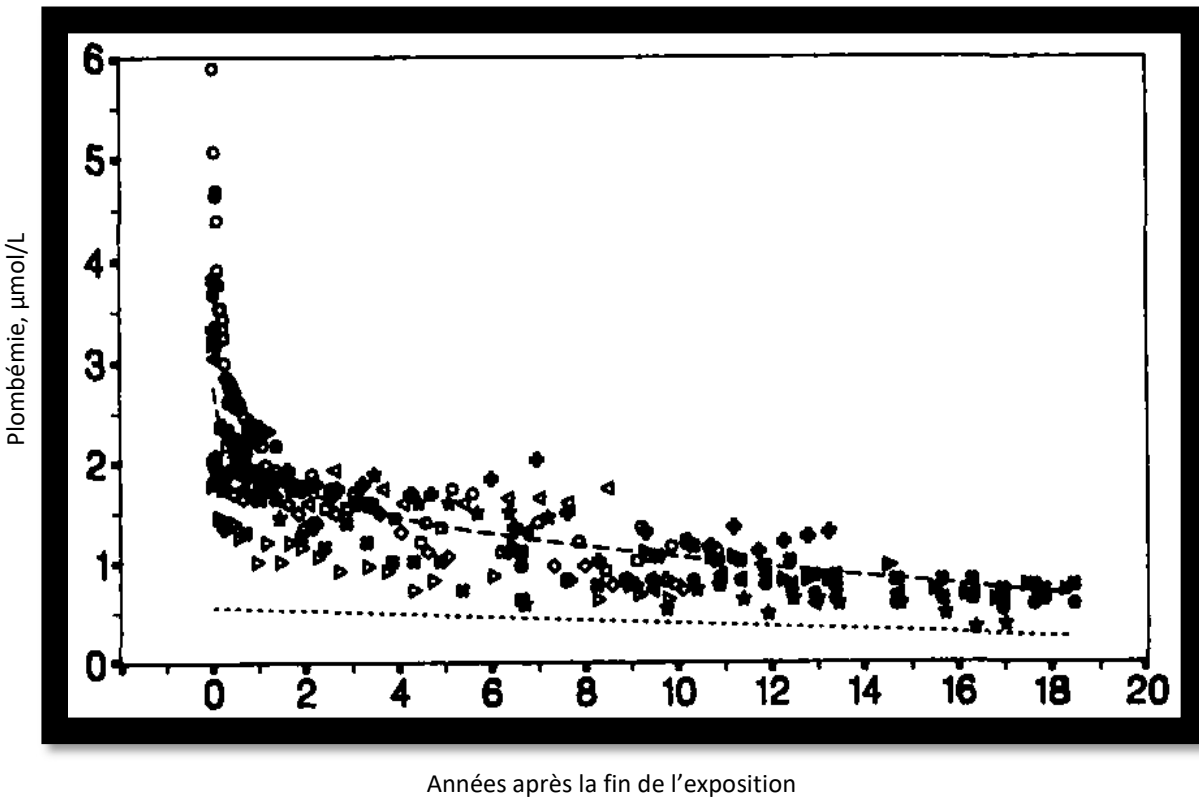
La cinétique d'élimination du Pb est *multiphasique* en raison de sa distribution dans de multiples compartiments ayant des temps de rétention variables. Elle varie aussi de façon importante entre les individus en fonction de l'âge et de la charge osseuse en Pb.

La première phase d'élimination du Pb dans le sang et les tissus mous est plus rapide. Lorsque l'exposition au Pb cesse, le Pb est initialement éliminé du compartiment sanguin avec une demi-vie d'élimination d'environ 30 à 40 jours. La demi-vie d'élimination des tissus mous est du même ordre de grandeur (~30-60 jours) (ACGIH, 2017; ANSES, 2019; ATSDR, 2020; ECHA, 2019; INERIS, 2016; Nilsson, 1991; Pounds, 1998; Rabinowitz, 1991; Rabinowitz, 1976; U.S. EPA, 2024). La fraction du Pb rapidement éliminée varie et diminue avec la durée d'exposition (U.S. EPA, 2024).

Après la phase rapide, il s'ensuit une élimination graduelle du Pb accumulé dans le compartiment osseux qui est relâché lentement, sur des années, voire des décennies (ATSDR, 2020; Bergdahl et Skerfving, 2022; U.S. EPA, 2024). Dans cette phase d'élimination, la demi-vie apparente du Pb dans le sang sera influencée par le taux de redistribution du Pb provenant du réservoir osseux, lequel dépend de l'importance de l'exposition antérieure en addition aux autres facteurs d'influence (**tableau 2**).

À titre d'exemple, chez des travailleurs retraités exposés chroniquement au Pb (temps médian d'exposition de 25-30 ans), le taux de diminution du Pb dans le sang est initialement rapide avec une demi-vie d'environ 34 jours après la fin de l'exposition professionnelle (**figure 4**). Puis, le taux de diminution du Pb dans le sang s'apparente au taux de diminution de la charge osseuse (Nilsson, 1991; Pounds, 1998). Ainsi, en présence d'une charge osseuse de Pb, la plombémie peut demeurer élevée longtemps après l'arrêt de l'exposition, surtout si l'exposition a été d'une plus grande intensité (U.S. EPA, 2024).

FIGURE 4 - CONCENTRATION DE PLOMB DANS LE SANG APRÈS LA FIN D'UNE EXPOSITION PROFESSIONNELLE CHEZ UNE COHORTE DE TRAVAILLEURS RETRAITÉS (NILSSON ET AL., 1991)



4.3 LA PLOMBÉMIE

Bien que le Pb puisse être quantifié dans différentes matrices biologiques (ex. : urine, plasma, cheveux), le Pb mesuré dans un échantillon de sang veineux (la plombémie) est le biomarqueur d'exposition au Pb qui corrèle le mieux avec l'exposition et pour lequel les connaissances sur la dose-réponse sont les plus complètes. Les méthodes pour la collecte et l'analyse des échantillons sont aussi très bien établies (AOEC, 2007; ATSDR, 2020; Hu et al., 2007; OMS, 2020; OMS, 2022). Par conséquent, la plombémie est le biomarqueur d'exposition au Pb le plus utilisé.

En général, la plombémie reflète l'exposition des semaines précédentes, bien que chez des populations de travailleuses et travailleurs exposés chroniquement, elle puisse représenter une mesure combinée de l'exposition récente et antérieure au Pb (U.S. Army Public Health Command, 2014; NRC, 2013). La plombémie n'est cependant pas un indicateur fiable de la charge corporelle, mais elle peut être influencée par celle-ci (ATSDR, 2020). Par ailleurs, une mesure unique de la

plombémie ne permet pas de distinguer entre une exposition aiguë à dose élevée d'une exposition chronique à plus faible dose (ATSDR, 2020; É.-U., EPA, 2013).

À partir des connaissances sur la toxicocinétique du Pb, les constats suivants peuvent guider la SBE au Pb :

- Des mesures répétées de la plombémie sont requises pour évaluer et comprendre la dynamique d'exposition au Pb;
- Les antécédents d'exposition au Pb pour un individu peuvent éclairer l'interprétation des plombémies;
- La cinétique d'absorption et d'élimination du Pb dans le sang peut orienter les décisions sur la fréquence de suivi de la plombémie chez des personnes exposées :
 - Dès la première journée d'exposition, une augmentation de la concentration de Pb sanguin peut être observée (IRSST, 2022). Une augmentation de l'exposition au Pb se reflétera aussi assez rapidement (heures-jours) par une augmentation du niveau de Pb dans le sang.
 - Si l'exposition continue est relativement stable, la plombémie augmentera graduellement pour atteindre un état d'équilibre proportionnel au niveau d'exposition après environ 90 jours (ANSES, 2019; U.S. EPA, 2024). L'atteinte du plateau peut prendre environ 120 jours si le niveau d'exposition est élevé (ACGIH, 2017; IRSST, 2022). Quant à la charge corporelle totale, elle continuera de grimper en raison de l'accumulation du Pb dans les os (Bergdahl et Skerfving, 2022; IRSST, 2022; É.-U., EPA, 2024).
 - Une réduction de l'exposition se reflétera dans le sang dans les jours et semaines suivantes et dépendra de l'ampleur de la réduction à laquelle s'ajoutera la contribution en Pb provenant de la charge osseuse. Lorsque les plombémies sont stables (plateau), il faudra attendre au moins 4 mois pour voir plus de 90 % de la dose éliminée à la suite d'un arrêt de l'exposition (IRSST, 2022). Cependant, un suivi de la plombémie après 1 mois suivant l'implantation de mesures visant à diminuer l'exposition pourrait mettre en évidence une baisse importante de la plombémie, soit près de 50 % du Pb dans le sang si les mesures sont très efficaces. Même chez un individu imprégné, une baisse initiale rapide de la plombémie pourrait être observée (demi-vie d'environ 1 mois), après quoi le taux de diminution sera ralenti (Nilsson, 1991; Pounds, 1998).
 - Dans la situation où l'exposition est stable et que la plombémie a atteint un état d'équilibre (plateau), il est moins pertinent de réaliser des plombémies de façon très fréquente (ex. : chaque mois). Toutefois, le suivi devrait être suffisamment rapproché afin d'identifier en temps opportun un changement au niveau de l'exposition se traduisant par une augmentation de la plombémie.

4.3.1 Indices biologiques d'exposition pour le plomb

Des valeurs de référence ont été déterminées pour permettre d'estimer le risque pour la santé résultant d'une exposition professionnelle au Pb (**tableau 3**). Ces valeurs sont fondées sur les connaissances de la relation entre la dose interne (estimée par la plombémie) et les effets à la santé. Les IBE proposés sont entre 0,72 et 0,97 $\mu\text{mol/L}$ (15-20 $\mu\text{g/dL}$) et s'appliquent aux adultes, à l'exception des femmes enceintes ou celles en âge de procréer. À noter que l'IBE retenu par l'IRSST est celui de l'ACGIH (IRSST, 2022). Le seuil de déclaration obligatoire par les laboratoires au Québec pour le Pb est aussi inclus dans ce tableau à titre de comparaison.

4.3.2 La protoporphyrine liée au zinc

Le Pb interfère avec plusieurs étapes de la synthèse de l'hème dans la moelle osseuse (Tadashi, 2000). L'une des principales enzymes inhibées par le Pb est la ferrochelatase qui catalyse l'insertion du fer dans la molécule de protoporphyrine IX, soit la dernière étape de la formation de l'hème. Il en résulte une accumulation de la protoporphyrine dans l'érythrocyte qui se lie au zinc formant la protoporphyrine liée au zinc (PPZ). Celle-ci demeure dans l'érythrocyte pour la durée de sa vie, soit environ 4 mois (Santos, 2021; Martin, 2004).

Le niveau de PPZ érythrocytaire reflète la concentration de Pb au niveau de la moelle osseuse au moment de l'érythropoïèse (Berdahl et Skerfving, 2022). Par conséquent, la PPZ est considérée comme un biomarqueur des effets précoces du Pb et reflète les niveaux moyens de Pb au cours des mois précédents (CTQ; Roh, 2000).

Suivant l'absorption du Pb, il y a un délai avant la détection d'une augmentation de la PPZ intraérythrocytaire et le plateau n'est atteint qu'après plusieurs semaines à mois dans des situations d'exposition chronique (Martin, 2004; Santos, 2021). Un délai similaire est observé suivant l'arrêt de l'exposition; en effet, la PPZ peut demeurer élevée pendant plusieurs semaines malgré une baisse de la plombémie (Martin, 2004; Santos, 2021). Suivant une exposition aiguë au Pb, les niveaux de PPZ peuvent être initialement normaux (Martin, 2004).

Historiquement, la PPZ était fréquemment utilisée dans les programmes de surveillance médicale au Pb, mais a été délaissée en raison de ses limites comme biomarqueur d'exposition (Martin, 2004; CMPSATQ, 2010). En effet, la PPZ a une faible sensibilité à des niveaux de Pb sanguin plus bas (Martin, 2004) et il n'y a pas de corrélation entre la PPZ et la plombémie lorsque celle-ci est inférieure à 0,97-1,43 $\mu\text{mol/L}$ (Roh, 2000; Martin, 2004; Santos, 2021). De plus, la PPZ est aussi non spécifique : une anémie (ferriprive, hémolytique, falciforme ou liée à une maladie chronique ou inflammatoire), un trouble du métabolisme de l'hémoglobine et des porphyrines ou une exposition au vanadium peuvent entraîner une augmentation de la PPZ (CTQ; Reeves, 1984; Roh, 2000; Martin, 2004). Par ailleurs, l'une des méthodes d'analyse utilisée pour doser la PPZ, l'hématofluorométrie, peut dans certaines situations surestimer la PPZ (Martin, 2004; Santos, 2021). Enfin, comme mentionné, le niveau de PPZ est modifié plus lentement que la plombémie lors des changements dans le niveau d'exposition au Pb.

**TABEAU 3 - INDICES BIOLOGIQUES D'EXPOSITION POUR LE PLOMB INORGANIQUE ET SEUIL DE DÉCLARATION
PAR LES LABORATOIRES AU QUÉBEC**

Référence : IBE ou seuil	Justification	Limites et précisions
ACGIH, 2017 : 0,97 µmol/L (20 µg/dL)	Vise à réduire le risque d'effets néfastes neurologiques, neurocomportementaux et reproducteurs chez la majorité des travailleuses et travailleurs.	L'ACGIH encourage les personnes qui appliquent cet IBE à informer les travailleuses en âge de procréer sur les risques de donner naissance à un enfant en ayant une plombémie supérieure à la valeur de référence du CDC (3,5 µg/dL ou 0,17 µmol/L depuis 2021).
ANSES, 2019 : 0,87 µmol/L (18 µg/dL)	Correspond au NOAEL ⁿ identifié pour l'effet néfaste le plus sensible du Pb, soit les effets neurocomportementaux.	L'ANSES précise que l'IBE ne s'applique pas aux femmes susceptibles de procréer, en raison des effets néfastes sur le neurodéveloppement ainsi que des issues défavorables de la grossesse qui peuvent survenir à de plus faibles niveaux et sans seuil identifié. Il est recommandé de ne pas dépasser la Valeur biologique de référence de 0,22 µmol/L (4,5 µg/dL) pour ces femmes.
RAC ECHA, 2020 : 0,72 µmol/L (15 µg/dL)	Pour protéger les travailleuses et travailleurs des effets toxiques chroniques du Pb incluant les effets cancérigènes. Cette valeur est fondée sur un NOAEL de 0,87 µmol/L (18 µg/dL) pour les effets neurotoxiques plus subtils qui constituent l'effet le plus sensible et un LOAEL ⁿ de 1,45 µmol/L (30 µg/dL) pour les effets clastogènes ⁿ sur lequel est appliqué un facteur de sécurité de 2.	L'ECHA mentionne que l'IBE n'est pas considéré comme protecteur pour les enfants des femmes en âge de procréer en raison des effets toxiques possibles sur le neurodéveloppement. Ainsi, ils précisent que la plombémie des femmes en âge de procréer ne devrait pas dépasser la valeur de référence (95 ^e percentile) pour la population générale non exposée au Pb au travail. L'ECHA mentionne aussi qu'il persiste des incertitudes par rapport aux effets génotoxiques à des niveaux d'exposition inférieurs à 1,45 µmol/L (30 µg/dL).
DFG, 2022 : 0,72 µmol/L (15 µg/dL)	Non précisé.	Le Pb est classé dans le groupe de risque « A », signifiant que des effets néfastes sur le fœtus ont été clairement démontrés et peuvent survenir même si l'IBE est respecté.
Seuil de déclaration par les laboratoires MSSS, 2017 : 0,5 µmol/L (10 µg/dL)	« Chez les enfants, c'est à partir de ce niveau de plombémie qu'on a plus de risque d'observer des difficultés d'apprentissage et des troubles du comportement; à ce même niveau, chez l'adulte, la tension artérielle serait elle aussi influencée. » (INSPQ, 1998)	Depuis 2017, s'applique seulement aux ≥ 12 ans. Le seuil a été abaissé à 0,25 µmol/L pour les enfants de < 12 ans (INSPQ, 2016, MSSS 2017).

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail; DFG: German Research Foundation - Permanent Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area; CDC: Centers for Disease Control and Prevention; LOAEL: Lowest observed adverse effect level ; NOAEL: No observed adverse effect level; RAC ECHA: Risk Assessment Committee of the European Chemicals Agency

4.4 LA SURVEILLANCE MÉDICALE DES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS EXPOSÉS AU PLOMB : RECENSION DE LA LITTÉRATURE

Une recherche de la littérature grise a été effectuée afin de repérer les principales recommandations et exigences encadrant la surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au Pb en Amérique du Nord, en Europe et en Australie. Une synthèse au sujet de la fréquence de suivi des plombémies, de l'évaluation médicale ainsi que des pratiques sur le retrait de l'exposition des travailleuses et travailleurs est présentée dans les sections suivantes (4.4.1-4.4.3).

4.4.1 Le suivi de la plombémie des travailleuses et travailleurs exposés au plomb

La fréquence de suivi de la plombémie recommandée ou exigée varie selon les auteurs et organisations ([annexe 2](#)). La majorité mentionne de réaliser trois plombémies durant la première année après l'embauche des travailleuses et travailleurs avec un intervalle d'un à quatre mois entre elles. Par la suite, la périodicité est modulée en fonction de la dernière plombémie :

- Lorsqu'elle est inférieure à 0,48 $\mu\text{mol/L}$ (10 $\mu\text{g/dL}$), la grande majorité recommande un suivi aux 6 mois, mais la périodicité recommandée varie de 6 semaines à 12 mois;
- Lorsqu'elle se situe entre 0,48 et 0,96 $\mu\text{mol/L}$ (10 et 19 $\mu\text{g/L}$), la majorité recommande un suivi aux 3 mois, mais cela varie entre 2 et 6 mois;
- Lorsqu'elle est supérieure ou égale à 0,97 $\mu\text{mol/L}$ (20 $\mu\text{g/dL}$), sauf quelques exceptions, un suivi chaque mois est recommandé.

Plusieurs proposent un suivi plus étroit pour les femmes en âge de procréer (Code du travail de la France, 2016; HSE, 2002; Holland et al., 2016; Nova Scotia Health and Safety, 2019; Safe Work Australia, 2018). Selon le HSE, les jeunes de moins de 18 ans doivent aussi avoir un suivi plus fréquent, soit aux 3 mois. Par ailleurs, certains précisent que la périodicité recommandée pourrait être inadéquate pour les travailleuses et travailleurs avec des expositions très élevées ou hautement variables. Dans ces situations, le médecin peut adapter le suivi pour tenir des particularités du travail et de l'exposition. Enfin, mentionnons que l'augmentation de la fréquence de surveillance de la plombémie s'effectue parallèlement à un renforcement des mesures visant l'identification et le contrôle de l'exposition des travailleuses et travailleurs au Pb.

L'évaluation médicale des travailleuses et travailleurs exposés au plomb

Outre la plombémie, le suivi des travailleuses et travailleurs exposés au Pb dans plusieurs provinces canadiennes, aux États-Unis, en Europe et en Australie comprend une évaluation médicale à l'embauche puis périodiquement en cours d'emploi ([annexe 3](#)). La majorité recommande ou exige une évaluation médicale à l'embauche. L'évaluation peut comprendre une histoire médicale, un examen physique et des tests de laboratoires.

Pour l'évaluation médicale périodique en cours d'emploi, les pratiques sont très variées, à la fois pour le contenu de l'évaluation ainsi que pour le moment et la fréquence. Néanmoins, plusieurs mentionnent qu'un niveau de plombémie de 1,45-1,93 $\mu\text{mol/L}$ (30-40 $\mu\text{g/dL}$) devrait initier une évaluation médicale de la travailleuse ou du travailleur (AOEC, 2007; U.S. Army Public Health Command, 2014; CSTE, 2021; CDPH, 2021; Kosnett et al., 2007). Pour des niveaux de plombémies plus faibles, une évaluation médicale annuelle est parfois proposée.

Au niveau des tests de laboratoire, ce qui est le plus souvent recommandé est une formule sanguine complète et la mesure de la fonction rénale.

4.4.2 Le retrait de l'exposition des travailleuses et travailleurs

La loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) du Québec ne précise pas un niveau de plombémie à ne pas dépasser et qui mènerait au retrait des travailleuses et travailleurs de l'exposition au Pb. Au Québec, pour exercer le droit d'être réaffecté à un poste sans exposition, le fardeau de la preuve incombe aux travailleuses et travailleurs, lesquels doivent démontrer la présence d'un signe d'altération de la santé (LSST, article 32). Des seuils de retrait sont enchâssés dans la législation en santé au travail dans plusieurs autres provinces canadiennes, aux États-Unis, en Europe et en Australie ([annexe 4](#)). En général, ces lois prévoient aussi des mesures de protection des travailleuses et travailleurs retirés en particulier à l'égard du revenu et du lien d'emploi.

Au cours de la dernière décennie, la plupart des autorités réglementaires en santé et en sécurité au travail retiennent des seuils qui s'alignent avec les recommandations des associations détenant une expertise en santé au travail ou en santé publique (AOEC, 2007; CDPH, 2021; CSTE, 2021; Kosnett et al., 2007; Holland et al., 2016). Ainsi, dans la majorité des cas, le retrait des travailleuses et travailleurs est recommandé ou exigé après une seule mesure de la plombémie supérieure ou égale à 1,45 µmol/L (30 µg/dL), ou si deux plombémies à 1 mois d'intervalle sont supérieures ou égales à 0,97 µmol/L (20 µg/dL).

Certains recommandent de proposer un retrait pour les travailleuses et travailleurs ayant une plombémie supérieure à 0,48 µmol/L (10 µg/dL) de manière persistante et un retrait plus précoce pour les personnes ayant certains problèmes de santé qui les mettent plus à risque (CSTE, 2021; Kosnett et al., 2007; U.S. Army Public Health Command, 2014). Plusieurs instances établissent aussi un seuil plus faible pour les femmes enceintes et pour celles en âge de procréer (Gouvernement de l'Alberta, 2013; HSE, 2002; Holland et al., 2016; MIOSHA, 2021; Nova Scotia Health and Safety, 2019; Ontario Ministry of Labour, 2019; Safe Work Australia, 2018; U.S. Army Public Health Command, 2014). Le Haut Conseil de la santé publique de la France (HCSP) est d'avis que la plombémie des travailleuses et travailleurs de moins de 18 ans devrait être maintenue à un niveau aussi bas que possible (HCSP, 2017).

Les codes de travail en Ontario et au Royaume-Uni (HSE) intègrent des exceptions pour des travailleuses et travailleurs avec plus d'ancienneté et ayant des plombémies qui persistent au-dessus du seuil de retrait en raison de la charge osseuse accumulée. En Ontario, ces mesures sont transitoires et prendront fin cinq ans après l'implantation du nouveau code. Dans les deux cas, le médecin doit encadrer ces situations d'exception.

Par ailleurs, quelques instances américaines (AOEC, 2007; CSTE, 2021; CDPH 2021) mentionnent que le retrait des travailleuses et travailleurs, selon leurs recommandations, pourrait s'avérer complexe étant donné l'écart avec le seuil réglementaire de OSHA qui est de 50 µg/dL ou plus ($\geq 2,4$ µmol/L). Elles conseillent de considérer les impacts sociaux et financiers potentiels dans ce contexte et d'en discuter avec les travailleuses et travailleurs. Néanmoins, l'ACOEM souligne que les employeurs et médecins ne devraient pas attendre la mise à jour des standards d'OSHA et prendre des actions pour mieux protéger les travailleuses et travailleurs (Kosnett et al., 2023).

En ce qui concerne le retour au travail, deux grandes lignes de conduite se dégagent :

- soit le retour au travail suivant une ou deux plombémies en bas de 0,72 $\mu\text{mol/L}$ (15 $\mu\text{g/dL}$) à 1 mois d'intervalle (position majoritaire);
- ou encore un critère plus souple basé sur l'acceptabilité de la plombémie selon le jugement du médecin et intégrant parfois une évaluation de l'efficacité des mesures de prévention et de contrôle.

Finalement, les autorités du Manitoba soulignent que le retrait, selon leurs critères, pourrait être prolongé dans certains cas. De même, le U.S. Army Public Health Command mentionne que, dans certains cas, la plombémie demeurera élevée même lorsque l'exposition est éliminée de sorte que l'atteinte d'une plombémie sous 0,72 $\mu\text{mol/L}$ (15 $\mu\text{g/dL}$) pourrait s'avérer impossible à court terme. Dans ces situations, il est recommandé que le médecin évalue chaque cas.

4.5 RECOMMANDATIONS DE LA CMPSATQ

Objectif

Afin de protéger les travailleuses et travailleurs des effets du Pb sur la santé, la CMPSATQ est d'avis que l'objectif des mesures de prévention et de contrôle de l'exposition au Pb soit de maintenir la plombémie en bas de 0,5 µmol/L (Kosnett et al., 2023)⁹. Néanmoins, il est recommandé de viser une exposition au plus faible niveau possible de manière à se rapprocher des niveaux de plombémie populationnels ($\leq 0,11$ µmol/L)¹⁰, en particulier pour les groupes sensibles.

Pour atteindre cet objectif, la protection des travailleuses et travailleurs exposés au Pb nécessite une approche de prévention globale et intégrée. Cette approche devrait comprendre la surveillance environnementale et biologique de l'exposition, l'évaluation et le renforcement de la hiérarchie des mesures de prévention et de contrôle, incluant des activités d'information sur les risques à la santé et les mesures préventives. Par ailleurs, la réalisation de plombémies est un acte médical qui peut nécessiter des interventions individuelles auprès des travailleuses et travailleurs et la prise de décisions éclairées. L'intensité des interventions collectives et individuelles devrait être proportionnelle au risque estimé à partir de l'analyse des plombémies des travailleuses et travailleurs ainsi que des évaluations en hygiène du travail.

Il importe de souligner que l'efficacité de la SBE au Pb comme intervention pour diminuer l'exposition des travailleuses et travailleurs au Pb ou pour prévenir les effets à la santé n'a pas encore fait l'objet d'étude à la connaissance des auteurs de ce guide. Comme mentionné précédemment, la SBE est un outil pour évaluer l'efficacité de la hiérarchie des mesures de prévention et de contrôle et doit mener à des interventions pour réduire l'exposition, le cas échéant.

Les sous-sections suivantes présentent les recommandations de la CMPSATQ relativement aux meilleures pratiques pour la surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au Pb dont la SBE constitue l'élément central.

4.5.1 L'encadrement des activités de surveillance biologique de l'exposition au plomb

- Pour les milieux de travail où il y a un risque d'exposition des travailleuses et travailleurs au Pb, le programme de prévention de l'établissement devrait comprendre des activités de SBE au Pb. Celles-ci sont idéalement encadrées par un programme structuré.
- L'objectif de la SBE au Pb, les travailleuses et travailleurs ciblés et les actions à prendre en fonction des résultats devraient être précisés en amont. De plus, en raison de l'absence d'un règlement d'application encadrant le droit de retrait préventif au Québec (article 32, LSST),

⁹ L'ACOEM a établi un objectif pour la plombémie de < 10 µg/dL (0,48 µmol/L) comme le niveau de Pb *osseux* ne devrait pas dépasser 15 µg/g, ce qui correspond au niveau à partir duquel le risque d'effets sur la santé chronique du Pb est accru (Schwartz et Hu, 2007). La CMPSATQ a préféré établir l'objectif à 0,5 µmol/L par mesure de simplicité et de cohérence avec le seuil de déclaration obligatoire par les laboratoires au Québec pour les adultes.

¹⁰ Le 95^e percentile pour la population canadienne est de 0,11 µmol/L (Santé Canada, 2021).

les établissements effectuant la SBE au Pb devraient se doter d'une politique de retrait préventif. Celle-ci devrait identifier les postes d'affectation temporaires possibles qui permettront aux travailleuses et travailleurs surexposés de rester au travail, tout en éliminant ou en réduisant significativement l'exposition au Pb.

- La SBE au Pb en milieu de travail devrait être sous la responsabilité d'un médecin¹¹ avec des connaissances et compétences en santé au travail, en particulier en toxicologie, avec la collaboration d'une infirmière ou d'un infirmier. L'implication des hygiénistes du travail est aussi nécessaire pour les activités complémentaires en hygiène.

4.5.2 Population ciblée pour la surveillance biologique de l'exposition au plomb

- La surveillance biologique de l'exposition est recommandée pour les travailleuses et travailleurs dont la présence du Pb est identifiée au lieu de travail et qui sont susceptibles d'y être exposés.
- La participation des travailleuses et travailleurs à la SBE au Pb se fait sur une base volontaire à la suite d'un consentement libre et éclairé. Les travailleuses et travailleurs doivent notamment être informés des effets du Pb sur la santé, des facteurs de risque qui pourraient augmenter leur sensibilité à ces effets, des mesures de prévention et de contrôle propres à leur situation de travail ainsi que de l'objectif, des avantages et désavantages de la SBE au Pb.
- Pour chaque travailleuse et travailleur participant à la SBE au Pb, une histoire professionnelle devrait être faite au préalable pour documenter : les expositions actuelles et antérieures au Pb, les tâches, les mesures de prévention et de contrôle en place, les habitudes d'hygiène et les ÉPI utilisés. Le questionnaire devrait aussi identifier s'il y a des sources d'exposition extraprofessionnelles au Pb. Les plombémies antérieures effectuées devraient également être documentées, le cas échéant.

4.5.3 La périodicité de la surveillance biologique de l'exposition au plomb

- Selon l'évaluation de l'exposition, un suivi périodique de la plombémie est recommandé et les périodicités suggérées sont présentées au **tableau 4**.
- Le médecin peut toutefois moduler ces fréquences en fonction des particularités de chaque situation. Par exemple, certaines travailleuses et travailleurs peuvent avoir une plombémie élevée persistante en raison d'un relargage du Pb osseux accumulé. Pour ces travailleuses et travailleurs, les plombémies peuvent être davantage espacées, si l'exposition actuelle est bien contrôlée.

¹¹ Les autres professionnelles et professionnels de la santé, notamment les infirmières et infirmiers praticiens spécialisés, qui sont autorisés par la loi pour prescrire des tests tels que la plombémie, pourraient aussi éventuellement avoir un rôle à jouer dans l'encadrement des activités de surveillance médicale en entreprise suivant une formation adéquate en santé au travail.

- Une stratégie de surveillance des *groupes d'exposition similaires (GES)*¹² peut être pertinente afin de diminuer la fréquence des plombémies pour chaque travailleuse et travailleur et ainsi améliorer l'acceptabilité et la faisabilité de la SBE, en plus de diminuer les coûts.
- Compte tenu de la demi-vie du Pb sanguin, le moment du prélèvement de l'échantillon pendant la semaine de travail a généralement peu d'importance. Toutefois, pour minimiser le risque de contamination de l'échantillon, un prélèvement avant le quart de travail est préférable. Il faut aussi s'assurer d'utiliser la méthode et le matériel adéquats pour les prélèvements (IRSST, 2019).
- Au niveau des services de laboratoire, pour assurer l'exactitude (justesse et fidélité) des plombémies, il est recommandé d'avoir recours à un laboratoire accrédité ou qui se conforme à la norme ISO/IEC 17025 et qui peut démontrer sa conformité avec un système de gestion qualité (OMS, 2020; communication personnelle, Sébastien Gagné, IRSST). Au Québec, l'IRSST offre des services d'analyses toxicologiques aux intervenants en santé au travail et le CTQ offre des services d'analyse toxicologiques au réseau de la santé. Tous deux sont conformes à la norme ISO/IEC 17025.
- À noter que chez un même individu, lorsque les conditions de prélèvements sont respectées, une différence de plus de 10 % entre dosages successifs de la plombémie réalisés au même laboratoire (à l'IRSST ou le CTQ) peut être considérée comme statistiquement significative. C'est-à-dire que la différence ne serait pas attribuable à la variabilité analytique ou intra-individuelle (calculs Dr Martin Viau (auteur); Sallsten et al., 2022; IRSST, 2018; communication personnelle Ciprian Mihai Cirtu, CTQ).

¹² Pour plus de détails sur cette approche, consulter : [Occupational biomonitoring guidance document \(OECD 2022\)](#).

TABLEAU 4 - PÉRIODICITÉS SUGGÉRÉES POUR LA SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION AU PLOMB EN MILIEU DE TRAVAIL

★ MISE EN GARDE ★					
La SBE est un outil pour évaluer l'efficacité de la hiérarchie des mesures de prévention et de contrôle et doit mener à des interventions pour améliorer le contrôle de l'exposition des travailleuses et travailleurs, le cas échéant. Les périodicités suggérées s'appuient principalement sur la toxicocinétique du Pb et sont présentées à titre indicatif. Une modulation est possible en fonction des particularités de chaque situation.					
Situation	Plombémie (µmol/L) ^{1,2,3}				
	≤0,11	0,12-0,50	0,51-0,71	0,72-0,96	≥0,97
Première caractérisation de l'exposition d'un milieu	Au moins 1 à 3 plombémies sur une période de 3 à 12 mois selon la situation				
Exposition ponctuelle ou travaux/tâches à risque très élevé⁴	Au besoin, si modification susceptible d'augmenter l'exposition au Pb	Pendant l'exposition ou dans les jours suivants ⁵			
Exposition continue et généralement stable⁶		Plombémies stables ou à la baisse⁷			
		~12-18 mois ⁸	~3-12 mois	~3-6 mois	
		Plombémies à la hausse			
		~3-6 mois		~1-3 mois	

1. Une différence de plus de 10 % entre dosages successifs de la plombémie réalisés au même laboratoire (à l'IRSST ou le CTQ) peut être considérée comme statistiquement significative lorsque les conditions de prélèvements sont respectées.
2. Une stratégie de surveillance des groupes d'exposition similaires peut être pertinente afin de diminuer la fréquence des plombémies pour chaque travailleuse et travailleur.
3. Chez une travailleuse ou un travailleur retiré, un suivi régulier de la plombémie (environ chaque mois ou selon le jugement clinique) est recommandé.
4. Lorsque l'exposition est très variable, il peut être difficile de l'évaluer. Dans ces situations, il est important d'adapter le suivi à chaque cas (type de tâche, fréquence, durée, etc.).
5. Il peut aussi être pertinent d'évaluer la plombémie avant l'exposition.
6. À la suite d'une modification au poste ou aux tâches de travail susceptible d'augmenter l'exposition, un suivi plus précoce serait judicieux (~1 à 4 semaines après).
7. Si le niveau de plombémie est expliqué principalement par un relargage du Pb osseux et que les plombémies sont en décroissance constante, les suivis peuvent être davantage espacés.
8. Selon le jugement du médecin, le suivi périodique peut être cessé et repris au besoin s'il y a une modification susceptible d'augmenter l'exposition au Pb.

4.5.4 La gestion des résultats de plombémie

- Dans le cadre de la SBE, il faut prévoir les moyens de communication et de suivi avec chaque travailleuse et travailleur pour la transmission des résultats avec une explication sur leur signification ainsi que des conseils préventifs et des suivis pertinents (ex. : par le biais d'une lettre, d'un appel téléphonique ou d'une rencontre). Le résultat de Pb sanguin constitue un renseignement médical personnel devant être consigné au dossier médical des travailleuses et travailleurs et dont la confidentialité doit être assurée.

- Pour les travailleuses et travailleurs avec une plombémie $\geq 0,97 \mu\text{mol/L}$, un suivi individuel est recommandé pour évaluer les causes possibles de la plombémie élevée, donner des conseils préventifs personnalisés, discuter d'un retrait de l'exposition et référer la travailleuse ou le travailleur pour une évaluation médicale au besoin (ex. : rapporte des symptômes compatibles).

4.5.5 La gestion du risque d'exposition au plomb

- Le **tableau 5** présente les recommandations selon l'évaluation du risque indiqué par le niveau de plombémie. Il est à noter que des travailleuses et travailleurs fortement imprégnés pourraient avoir une plombémie élevée persistante malgré une exposition actuelle au Pb bien contrôlée, en raison du relargage du Pb osseux. Dans ces cas, les mesures proposées dans le tableau 5 devraient être adaptées à la situation.

4.5.5.1 La gestion des plombémies élevées et le retrait de l'exposition au plomb

- « L'action la plus importante dans la gestion de toute exposition au plomb est d'adopter des mesures visant à arrêter l'exposition le plus rapidement possible » (OMS, 2022). Pour les expositions professionnelles, lorsque l'élimination du Pb de l'environnement de travail n'est pas possible, il peut être indiqué de retirer temporairement de l'environnement ou des tâches à risque une travailleuse ou un travailleur avec une plombémie élevée, et ce, même en absence de signes ou symptômes d'intoxication.
- L'objectif d'un retrait de l'exposition¹³ est de cesser l'accumulation du Pb dans l'organisme et de permettre son élimination en vue de prévenir les effets toxiques. Cette mesure peut s'avérer complexe pour certaines travailleuses et travailleurs en raison de l'absence d'un cadre réglementaire pour le retrait préventif au Québec (LSST, article 32)¹³. Dans ce contexte, il est important de reconnaître que le retrait des travailleuses et travailleurs peut avoir des effets non souhaités par ses conséquences sur d'autres déterminants de la santé (ex. : lien d'emploi, revenu). C'est pourquoi la prise de décisions libres et éclairées est importante.
- La CMPSATQ est d'avis qu'un retrait de l'exposition doit être envisagé lorsque la plombémie est $\geq 0,97 \mu\text{mol/L}$ et que les travailleuses et travailleurs soient informés des avantages et désavantages de cette mesure pour prendre une décision éclairée. Lorsque l'exposition occasionne une plombémie $\geq 1,45 \mu\text{mol/L}$ ou lorsque les travailleuses et travailleurs présentent des signes ou symptômes compatibles avec une intoxication au Pb, un retrait devrait toujours être recommandé. Toutefois, rappelons que les travailleuses et travailleurs doivent ultimement prendre une décision libre et éclairée.

¹³ Pour plus d'information sur l'application du droit au retrait préventif, consultez le *Guide de pratique professionnelle : le retrait préventif du travailleur ou de la travailleuse exposée à un contaminant (LSST, article 32). Guide d'utilisation à l'usage des médecins. Comité médical provincial en santé au travail du Québec. 2002.*

- Suivant un retrait de l'exposition, l'objectif est de réintégrer la travailleuse ou le travailleur dans des conditions de travail améliorées et idéalement lorsque la plombémie est inférieure à 0,72 µmol/L ou, pour les travailleuses et travailleurs imprégnés, à un niveau acceptable selon le jugement du médecin. Chez une travailleuse ou un travailleur retiré, un suivi régulier de la plombémie (environ chaque mois ou selon le jugement clinique) est recommandé.
- Il est important de souligner que le retrait des travailleuses et des travailleurs est une mesure de protection temporaire qui s'avérera à porter limitée s'il ou elle est retourné dans les mêmes conditions de travail. D'autres travailleuses ou travailleurs pourraient aussi être affectés temporairement au poste de l'individu retiré en remplacement. Par ailleurs, parfois un retrait de l'exposition n'est pas réalisé. Par conséquent, il est *essentiel* de voir à renforcer les mesures de prévention et de contrôle mises en place dans le lieu de travail¹⁴. En priorité, des mesures de contrôle à la source (ex. : substitution, captation locale) doivent être mises en place ou optimisées. Les mesures administratives (ex. : méthodes de travail incluant les méthodes de nettoyage et d'entretien ménager, les pratiques d'hygiène personnelle, politiques et programmes) et les mesures de protection personnelle (ÉPI requis) doivent aussi être rigoureusement appliquées. Enfin, les travailleuses et travailleurs doivent être adéquatement formés pour bien utiliser les mesures de prévention et de contrôle collectives et individuelles disponibles.
- Par ailleurs, rappelons que la présence d'une déficience ou d'un danger dans les conditions de santé, de sécurité ou de salubrité d'un établissement qui est susceptible de nécessiter une mesure de prévention doit être signalée, notamment à la CNESST (LSST, article 123).

4.5.5.1.1 Groupes sensibles au plomb

- Pour les travailleuses et travailleurs sensibles, la plombémie ne devrait pas dépasser 0,24-0,50 µmol/L.
- Les groupes sensibles sont principalement les femmes en âge de procréer, enceintes ou non, ainsi que les jeunes¹⁵ (CDC, 2010; OMS, 2022; U.S. EPA, 2013). Les personnes atteintes de certaines maladies chroniques pourraient aussi être plus sensibles (voir la [section 2.1](#)).
- Il est recommandé d'informer les travailleuses et travailleurs des facteurs qui pourraient augmenter leur sensibilité au Pb et de les encourager à discuter avec leur médecin traitant au besoin qui pourra les conseiller selon leur situation. Enfin, rappelons que les travailleuses exposées qui sont enceintes ou qui allaitent devraient se prévaloir du Programme PMSD.

¹⁴ Consulter le [Guide de prévention de l'exposition au plomb](#) de la CNESST.

¹⁵ L'OMS inclut les adolescents de moins de 19 ans dans les groupes sensibles (OMS, 2022).

4.5.5.2 *Le questionnaire des symptômes et l'évaluation médicale*

- Les effets toxiques du Pb sont généralement asymptomatiques ou infracliniques lorsque la plombémie est inférieure à 1,93 µmol/L (40 µg/dL). C'est-à-dire que la présence de signes ou de symptômes d'une intoxication n'est habituellement pas observé ou rapporté à ces niveaux, bien qu'il existe une grande variabilité interindividuelle (ATSDR, 2020; Goldman et Hu, 2023; OMS, 2022). Par conséquent, la recherche systématique de symptômes d'intoxication dans le cadre de la SBE s'avère peu pertinente et peut être réservée pour les travailleuses et travailleurs ayant une plombémie supérieure à 1,45 µmol/L (AOEC, 2007; Kosnett et al., 2007; CSTE, 2021; CDPH, 2021).
- Il est à noter que la présence de signes ou de symptômes compatibles avec une intoxication au Pb et en absence d'une autre cause pourrait appuyer des « signes d'altération » de la santé au sens de l'article 32 de la LSST sur le retrait préventif¹⁶. Dans le même ordre d'idée, la documentation d'une augmentation de la PPZ peut témoigner d'un effet biologique (voir la [section 4.3.2](#)). Une élévation des PPZ peut être observée lorsque la plombémie est supérieure à 1,20-1,50 µmol/L (ATSDR, 2020; CTQ, 2023; Goldman et Hu, 2023).
- L'évaluation médicale des travailleuses et travailleurs référés par le médecin en santé au travail pour une intoxication au Pb devrait comporter une anamnèse et un examen physique ciblés sur les systèmes atteints par le Pb ainsi que des tests de laboratoires pertinents, dont une formule sanguine complète, et une mesure de la fonction rénale (CDPH, 2021; Goldman et Hu, 2023; OMS, 2022). Cette recommandation est formulée à partir des éléments qui semblent faire consensus selon la littérature consultée présentée à [l'annexe 3](#).
- Concernant le traitement d'une intoxication au Pb par chélation, les recommandations varient selon l'âge, le sexe et la gravité de l'intoxication. En général, une chélation n'est pas indiquée lorsque la plombémie est inférieure à 2,17-2,41 µmol/L (Goldman et Hu, 2023; OMS, 2022). Pour plus de détails, le lecteur peut se référer aux [Lignes directrices de l'OMS sur la prise en charge clinique de l'exposition au plomb](#). Le Centre antipoison du Québec peut aussi être consulté pour des cas d'intoxication aigus ou Pb et pour des questions sur la chélation.

4.5.5.3 *Réclamation pour une maladie professionnelle*

- Les travailleuses et travailleurs atteints d'une intoxication par les métaux et leurs composés toxiques organiques ou inorganiques bénéficient de la présomption de maladie professionnelle prévue à l'article 29 de la Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (LATMP) s'ils ont exercé un travail impliquant l'utilisation, la manipulation ou une autre forme d'exposition à ces métaux (chapitre A-3.001, r.8.1 Règlement sur les maladies professionnelles).

¹⁶ « Un travailleur qui fournit à l'employeur le certificat prescrit par la Commission qui atteste que son exposition à un contaminant comporte pour lui des dangers, eu égard au fait que sa santé présente des signes d'altération, peut demander d'être affecté à des tâches ne comportant pas une telle exposition et qu'il est raisonnablement en mesure d'accomplir, jusqu'à ce que son état de santé lui permette de réintégrer ses fonctions antérieures et que les conditions de son travail soient conformes aux normes établies par règlement pour ce contaminant ».

- Dans la [Politique d’admissibilité de la lésion professionnelle de la CNESST](#), il est mentionné que cette présomption s’applique d’emblée lorsque la plombémie est supérieure ou égale à 3,38 µmol/L (70 µg/dL) tandis qu’elle ne s’applique pas lorsque la plombémie est inférieure à ce niveau. Par conséquent, le fardeau de la preuve de la relation entre la maladie et le travail reviendra aux travailleuses ou travailleurs qui désirent déposer une réclamation pour une intoxication au Pb si leur plombémie est inférieure à 3,38 µmol/L (70 µg/dL). De plus, selon cette politique, la professionnelle ou le professionnel de la santé qui a charge de la travailleuse ou du travailleur devra attester que sa plombémie est supérieure à 1,93 µmol/L (40 µg/dL) et qu’il ou elle présente des manifestations pathologiques incapacitantes ou un état d’imprégnation nécessitant un retrait complet de son poste de travail.
- Nonobstant les critères mentionnés dans cette politique, tout travailleur ou travailleuse qui considère être victime d’une maladie professionnelle en lien avec son exposition au Pb peut entamer les démarches en vue de déposer une réclamation auprès de la CNESST.

4.5.6 Risque d’exposition au plomb pour la famille des travailleuses et travailleurs

- Les travailleuses et travailleurs exposés au Pb sont susceptibles de contaminer leur véhicule ou leur domicile et ainsi exposer les membres de la famille, en particulier leurs enfants, d’où l’importance des mesures d’hygiène au travail (hygiène des mains, retrait des vêtements de travail, douche avant le départ du travail, etc.) pour réduire ce risque.
- Une mesure de la plombémie des membres de la famille d’une travailleuse ou d’un travailleur exposé au Pb qui habitent dans le même domicile peut être considérée lorsque ceux-ci sont à risque d’exposition en raison de déficiences importantes dans les mesures d’hygiène susceptible de contaminer le domicile familial ou le véhicule familial.
 - **À noter** que ce sont principalement les jeunes enfants ayant une activité main-bouche importante qui sont susceptibles d’être exposés. De ce fait, le HCSP recommande un suivi de la plombémie pour les enfants de 5 ans et moins dont les parents sont exposés au Pb au travail ou dans les loisirs (HCSP, 2017).
- Les médecins traitants des membres de la famille peuvent consulter le médecin de santé au travail afin d’évaluer le risque pour ces derniers et déterminer la pertinence de prescrire des plombémies. Le médecin de santé au travail peut aussi recommander une plombémie aux membres de la famille, lorsque pertinent, et communiquer avec leur médecin traitant.

TABLEAU 5 - PRINCIPALES RECOMMANDATIONS EN FONCTION DE LA PLOMBÉMIE¹

0,12 – 0,50 µmol/L	0,51 – 0,96 µmol/L	0,97 – 1,44 µmol/L	≥ 1,45 µmol/L
La plombémie est plus élevée que la population en général	La plombémie dépasse l'objectif de la CMPSATQ pour les travailleuses et travailleurs	La plombémie dépasse les IBE² établis pour les travailleuses et travailleurs	
<ul style="list-style-type: none"> Sensibiliser les travailleuses et travailleurs et l'employeur (et le comité de santé et sécurité) aux risques et mesures préventives. Informer les travailleuses et travailleurs de leur résultat de plombémie, de leur exposition et des conditions qui pourraient augmenter leur sensibilité aux effets du Pb; les encourager à en discuter avec leur médecin traitant. Signaler les déficiences/dangers dans les conditions de santé et de salubrité nécessitant une mesure de prévention s'il y a lieu (LSST, article 123). 			
Maintenir, ou au besoin, renforcer les mesures de prévention et de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> Renforcer, et au besoin, réévaluer les mesures de prévention et de contrôle³. Déclarer les cas à la directrice ou au directeur de santé publique du territoire concerné (LSP, chapitre VIII). 		
	<ul style="list-style-type: none"> Effectuer un suivi individuel avec les travailleuses et travailleurs pour : <ul style="list-style-type: none"> Évaluer les causes de la plombémie élevée; Discuter du retrait de l'exposition^{4,5}; Donner des conseils préventifs et recommander les suivis pertinents. 		<ul style="list-style-type: none"> Recommander un retrait de l'exposition^{4,5}; Considérer un dosage de la PPZ; Considérer un questionnaire sur la présence de symptômes (surtout si plombémie ≥ 1,93 µmol/L); Référer au besoin pour une évaluation médicale (considérer si plombémie ≥ 1,93 µmol/L; urgent si ≥ 3,38 µmol/L)⁶; Informé sur la démarche de réclamation à la CNESST.

- Pour les travailleuses et travailleurs fortement imprégnés qui ont une plombémie élevée persistante en raison du relargage du Pb osseux malgré une exposition actuelle au Pb bien contrôlée, les mesures proposées devraient être adaptées à la situation.
- Les IBE suivants ont été identifiés : 0,97 µmol/L (ACGIH, 2017); 0,87 µmol/L (ANSES, 2019) et 0,72 µmol/L (RAC ECHA, 2020; DFG, 2022).
- Consulter le [Guide de prévention de l'exposition au plomb](#) de la CNESST.

4. Une décision libre et éclairée est primordiale, en particulier en absence d'une politique sur la réaffectation et le retrait préventif. De plus, lors d'un retrait de l'exposition, il est *essentiel* de voir à renforcer les mesures de prévention et de contrôle mises en place dans le lieu de travail.
5. Critères de réintégration : les conditions de travail sont améliorées et la plombémie est inférieure à 0,72 µmol/L, ou pour les travailleuses et travailleurs imprégnés, lorsque la plombémie est à un niveau acceptable selon le jugement du médecin.
6. En général, une chélation n'est pas indiquée lorsque la plombémie est inférieure à 2,17-2,41 µmol/L, mais les recommandations varient selon l'âge, le sexe et la gravité de l'intoxication. Pour plus de détails, se référer aux [Lignes directrices de l'OMS sur la prise en charge clinique de l'exposition au plomb](#) ou consulter le Centre antipoison du Québec en cas d'une intoxication aiguë ou Pb.

5 CONCLUSION

Cette mise à jour du Guide de pratique professionnelle (CMPSATQ, 2008) constitue une référence en matière de surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au Pb inorganique au Québec. Il contient les recommandations actualisées de la CMPSATQ à partir d'une recension de la littérature scientifique et des recommandations récentes des organisations phares en santé au travail.

Dans ce GPP, la CMPSATQ présente les bonnes pratiques pour la réalisation des activités de SBE au Pb dans les milieux de travail, énonce des repères pour décider de la fréquence du suivi de la plombémie, et indique les actions à prendre en fonction des résultats. Il importe de souligner que la protection des travailleuses et travailleurs exposés au Pb nécessite une approche de prévention globale et intégrée qui comprend la surveillance environnementale et biologique de l'exposition, l'évaluation et le renforcement de la hiérarchie des mesures de prévention et de contrôle, incluant des activités d'information sur les risques à la santé et les mesures préventives.

Enfin, les données présentées, issues majoritairement des entreprises des groupes prioritaires 1 à 3 au Québec, montrent que la proportion des travailleuses et travailleurs exposés au Pb avec une plombémie supérieure à l'objectif de la CMPSATQ ($0,5 \mu\text{mol/L}$) se maintient à un peu plus de 30 %. Par conséquent, l'exposition au Pb en milieu de travail doit demeurer une préoccupation de santé publique. Pour mieux protéger la population des nombreux effets toxiques du Pb, tous les acteurs concernés doivent déployer des efforts supplémentaires pour mieux contrôler l'exposition au Pb dans les milieux de travail. L'encadrement du retrait préventif des travailleuses et des travailleurs surexposés au Pb est aussi un besoin fondamental et une nécessité non répondue à l'heure actuelle au Québec.

6 RÉFÉRENCES

Alarcon W, Davidson S, Dufour B, Roach M et al. 2016. Elevated Blood Lead Levels Among Employed Adults — United States, 1994–2013. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*. 63. 59-65.

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). 2010. Valeurs toxicologiques de référence. Méthode de construction de valeurs toxicologiques de référence pour les substances chimiques cancérogènes. France. Disponible à : <https://www.anses.fr/fr/system/files/CHIM2004etAS16Ra.pdf>

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). 2019. Valeurs biologiques d'exposition en milieu professionnel : Le plomb et ses composés inorganiques. France. Disponible à : <https://www.anses.fr/fr/system/files/VLEP2013SA0042.pdf>

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2020. Toxicological profile for Lead. U.S Department of Health and Human Services. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13.pdf>

Arain M, Haque M, Johal L, Mathur P, Nel W, Rais A, Sandhu R & Sharma S. 2013. Maturation of the adolescent brain, Neuropsychiatric disease and treatment. 9. 449–46.

Association of Occupational and Environmental Clinics (AEOC). 2007. Medical Management Guidelines for Lead-Exposed Adults. Washington, DC. Disponible à : http://www.aoec.org/documents/positions/MMG_FINAL.pdf

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2017. Lead and inorganic compounds BEI.

Armatas C, Loper B, Tandoc A, Materna B. 2022. Industries with the highest occupational blood lead test results, California Occupational Blood Lead Registry, 2020-2021. *Am J Public Health*. 112(S7):S690–S694.

Bergdahl IA, Skerfving S. 2022. Lead. In : *Handbook on the toxicology of metals*. Fifth edition. Volume II : Specific Metals.

Bureau international du travail, Encyclopédie de sécurité et de santé au travail - 3e édition française, partie 4, la toxicologie, définitions et concepts. Disponible à : <https://www.ilocis.org/fr/documents/ilo033.htm>

California Department of Public Health (CDPH). 2021. Health-based guidelines for blood lead levels in adults. Disponible à : <https://www.cdph.ca.gov/Programs/CCDC/DEODC/OHB/OLPPP/CDPH>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2010. Guidelines for the identification and management of lead exposure in pregnant women. Atlanta (GA). Disponible à : <https://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/leadandpregnancy2010.pdf>

Centre de toxicologie du Québec (CTQ). Répertoire des analyses. Disponible à : <https://www.inspq.qc.ca/ctq/repertoire-des-analyses>

Cleveland WS, Devlin S J. 1998. Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting. Journal of the American statistical association, 596-610.

CNESST. Politique 1.02 L'admissibilité de la lésion professionnelle. Disponible à : [Politique 1.02 - L'admissibilité de la lésion professionnelle | Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail - CNESST \(gouv.qc.ca\)](#)

Comité médical provincial en santé au travail du Québec (CMPSATQ). 2010. Guide de pratique professionnelle : La prévention et le contrôle des intoxications par le plomb en milieu de travail et addendum sur l'utilisation de la mesure des protoporphyrines liées au zinc lors du monitoring de l'exposition au plomb.

Code du travail de la France. Sous-section 4 : Plomb et ses composés (Articles R4412-156 à R4412-160) et sous-section 2 : Suivi individuel renforcé de l'état de santé des travailleurs (Articles R4624-22 à R4624-28-3). Disponible à : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006072050/

Council of State and Territorial Epidemiologists (CSTE). 2021. Management guidelines for blood lead levels in adults. Atlanta, GA. Disponible à : <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/occupationalhealth/publications/ManagementGuidelinesforAdult.pdf>

European Chemicals Agency (ECHA) 2019. Scientific report for evaluation of limit values for lead and its compounds at the workplace. Helsinki, Finland. Disponible à : <https://echa.europa.eu/documents/>

European Chemicals Agency (ECHA). 2020. Committee for Risk Assessment (RAC). Opinion on scientific evaluation of occupational exposure limits for Lead and its compounds. Helsinki, Finland. Disponible à : <https://echa.europa.eu/documents/>

German Research Foundation - Permanent Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area

Goldman R, Hu H. 2023. Lead exposure, toxicity and poisoning in adult. UpToDate. Waltham, MA.

Gouvernement de l'Alberta. 2013. Occupational Health and Safety Bulletin. Lead at the worksite. Disponible à : <https://open.alberta.ca>

Gouvernement du Canada. 2021. Vieillesse et maladies chroniques : profil des aînés canadiens, Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/services/sante/publications/maladies-et-affections/vieillesse-maladies-chroniques-profil-aines-canadiens-rapport.html>

Gouvernement du Québec. 2022. Pandémie de la COVID-19 - Fin de l'urgence sanitaire, tirée de : www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/pandemie-de-la-covid-19

Haut Conseil de la santé publique (HCSP). 2017. Mise à jour du guide pratique de dépistage et de prise en charge des expositions au plomb chez l'enfant mineur et la femme enceinte. Disponible à : <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=643>

Health and Safety Executive (HSE). 2002. Control of lead at work (Third edition). Control of Lead at Work Regulations 2002 Approved Code of Practice and guidance. Disponible à : <https://www.hse.gov.uk/pubns/books/l132.htm>

Holland MG, Cawthon D. 2016. ACOEM Position statement. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 58(12).

Hu H, Shih R, Rothenberg S, Schwartz B. 2007. The Epidemiology of Lead Toxicity in Adults: Measuring Dose and Consideration of Other Methodologic Issues. Environmental Health Perspectives. 115:3:455-462.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2009. Cadre de référence pour le dépistage et la surveillance médicale en santé au travail. Disponible à : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1224_cadrerefdepistagesat_resume.pdf

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Répertoire des analyses du Centre de toxicologie du Québec : Zinc protoporphyrine, dernière mise à jour 26-04-2023. Disponible à : <https://www.inspq.qc.ca/ctq/repertoire-des-analyses>

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 1998. Définition nosologique d'une maladie à déclaration obligatoire ou d'une intoxication et d'une exposition significative : le plomb. Disponible à : <https://www.inspq.qc.ca/es/node/2217>

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2016. Maladies à déclaration obligatoire d'origine chimique : révision des seuils de déclaration par les laboratoires. Disponible à : <https://www.inspq.qc.ca/en/node/6402>

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2022. Données non publiées. Maladies à déclaration obligatoire liées au plomb entre 2008 et 2022. Données extraites de l'Infocentre de santé publique en mars 2023 et analysées par G. Adib, INSPQ.

Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS). 2016. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Plomb et ses dérivés inorganiques. France. Disponible à : <https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/9987>

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). 2018. Méthodes de laboratoires MA-14 : Méthode analytique – analyse du plomb sanguin. Disponible à : <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/MA-14.pdf?v=2020-12-11>

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). 2019. Guide de prélèvement des échantillons biologiques. 2^e édition. Disponible à : <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/T-25.pdf>

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). 2022. Guide technique T-03. Guide de surveillance biologique de l'exposition : Stratégie de prélèvement et interprétation des résultats, 8^e édition, corrigée 3. Disponible à : <https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/336/n/surveillance-biologique>

Klotz K, Goen G. 2017. Human Biomonitoring of Lead Exposure. Metal Ions in Life Sciences. 17:99–121

Kosnett MJ, Wedeen RP, Rothenberg SJ, Hipkins KL, Materna B et al. 2007. Recommendations for Medical Management of Adult Lead Exposure. Environmental Health Perspectives. 115:3:463-471

Kosnett MJ, Berenji M, Burton AD, Durand-Moreau Q, et al. 2023. ACOEM Position statement. Workplace Health and Safety Necessitates an Update to Occupational Lead Standard Provisions for Medical Removal Protection, Medical Surveillance Triggers, and the Action Level and

Permissible Exposure Level for Lead in Workplace Air: ACOEM Response to OSHA. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 65(3)

Langer EE, Haining RG et al. Erythrocyte protoporphyrin. *Blood* 1972; 40:112-128.

Larsen, B et Sanchez-Triana E. Global health burden and cost of lead exposure in children and adults: a health impact and economic modelling analysis. *Lancet Planeta Health* 2023; 7:e831-40.

Manitoba Department of Growth Enterprise and Trade Workplace Safety and Health. 2019. Lead exposure : Medical screening guideline for workers. Disponible à : https://www.gov.mb.ca/labour/safety/pdf/lead_medical_screening_guideline.pdf

Martin CJ, Werntz CL, Ducatman AM. 2004. The interpretation of zinc protoporphyrin changes in lead intoxication: a case report and review of the literature. *Occupational medicine*. 54:587-591

Michigan Occupational safety and health authority (MIOSHA). 2021. General industry safety and health standard part 310. Lead in general industry. Disponible à : <https://www.michigan.gov/>

National Research Council. 2013. Potential Health Risks to DOD Firing-Range Personnel from Recurrent Lead Exposure. Washington, DC: The National Academies Press. Disponible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK206966/>

National Toxicology Program. 2012. NTP Monograph : Health Effects of Low-Level Lead. Disponible à : <https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/assessments/noncancer/completed/lead>

Nilsson U, Attewell R, Christoffersson JO, Schutz A, Ahlgren L, Skerfving S, Mattsson S. 1991. Kinetics of lead in bone and blood after end of occupational exposure. *Pharmacology and toxicology*. 69:477-484.

Nova Scotia Health and Safety. 2019. Lead in the Workplace: A Guide to Working with Lead. Disponible à : https://novascotia.ca/lae/healthandsafety/docs/Lead_COP.pdf

Occupational safety and health authority (OSHA). Lead Standard. Disponible à : <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1025>

Ontario Ministry of Labour. Code for Medical Surveillance for Designated Substances in Ontario Regulation 490/09 (2019) under the Occupational Health and Safety Act. Disponible à : https://files.ontario.ca/books/final_medical_surveillance_code_for_desig_subs_2019_in_o_reg_490.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2022. *Occupational Biomonitoring Guidance Document*, OECD Series on Testing and Assessment, No. 370, Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD.

Organisation mondiale de la santé (OMS). 2020. Guide succinct des méthodes de dosage de plomb dans le sang. Deuxième édition. Disponible à : <https://www.who.int/fr/publications-detail/9789240009776>

Organisation mondiale de la Santé (OMS). 2021. The public health impact of chemicals : knowns and unknowns. Data addendum for 2019. Disponible à : [WHO-HEP-ECH-EHD-21.01-eng.pdf](https://www.who.int/fr/publications-detail/9789240037045)

Organisation mondiale de la Santé (OMS). 2022. Lignes directrices de l'OMS sur la prise en charge clinique de l'exposition au plomb. Genève. Disponible à : <https://www.who.int/fr/publications-detail/9789240037045>

Pounds JG, Leggett RW. 1998. The ICRP Age-specific biokinetic model for lead: validations, empirical comparisons, and explorations. *Environmental Health Perspectives*. 106:1505-1511.

Rabinowitz MB. 1991. Toxicokinetics of Bone Lead. *Environmental Health Perspectives*. 91. 33-37

Reeves JD, Yip R et al. 1984. Iron deficiency in infants: the influence of mild antecedent infection. *J Pediatrics*. 105:874–879.

Réseau de santé publique en santé au travail (RSPSAT). 2015. Projet plomb propanier 2013-2014, tiré de :

<https://www.santeautravail.qc.ca/web/projet-plomb-propaniers-2013/dossier-thematique>

Roh YM, Kim K, Kim H. 2000. Zinc protoporphyrin IX concentrations between normal adults and the lead-exposed workers measured by HPLC, spectrofluorometer, and hematofluorometer. *Industrial health*. 38:372-379.

Safe Work Australia. 2018. Health monitoring: Guide for lead (inorganic). Disponible à : https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/2002/health_monitoring_guidance_-_lead.pdf

Santé Canada. 2013. Rapport final sur l'état des connaissances scientifiques concernant les effets du plomb sur la santé humaine. Ottawa (Ont.) : ministre de la Santé. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/contaminants-environnementaux/rapport-final-etat-connaissances-scientifiques-concernant-effets-plomb-sante-humaine.html>

Santé Canada. 2021. Sixième Rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada. Résultat de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé Cycle 6 (2018-2019). Ottawa (Ont.) : ministre de la Santé. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/contaminants-environnementaux/sixieme-rapport-biosurveillance-humaine.html>

Santos NR, Bandeira MJ, Bah HAF, Rodrigues JLG, Cardoso MS, Rocha AR, Menezes-Filho JA. 2021. Zinc-protoporphyrin determination by HPLC with fluorescence detection as a biomarker of lead effect in artisanal pottery workers. *Biomedical Chromatography*. 35:e4983.

Sallsten G, Ellingsen DG, Berlinger B, Weinbruch S, Barregard L. 2022. Variability of lead in urine and blood in healthy individuals. *Environ Res*. 212(Pt C):113412.

Schwartz B, Hu H. Adult Lead Exposure: Time for Change. *Environmental Health Perspectives*. 115:3:451-454.

Tadashi S. 2000, Biomarkers of lead exposure. *Industrial health*. 38:372-379.

Tsai R, Lu J, Henn S, Hasanali S, Harduar-Morano, Nair A. 2022. Industry-specific prevalence of elevated blood lead levels among Pennsylvania workers, 2007-2018. *Occup Environ Med*. 0:1-6.

U.S. Army Public Health Command, Army Institute of Public Health. 2014. Provisional Blood Lead Guidelines for Occupational Monitoring of Lead Exposure in the DoD. Disponible à : <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1169209.pdf>

U.S. Department of Defence. 2022. DoD manual 6055.05. Occupational medical examinations: medical surveillance and medical qualification. Disponible à : <https://www.esd.whs.mil/>

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2024. Integrated science assessment for lead.. Washington, DC. Disponible à : <https://assessments.epa.gov/isa/document/&deid=359536>

Workers' compensation board of British Columbia (Work Safe BC). 2017. Safe work practices for handling lead. Disponible à : <https://www.worksafebc.com/>

Zhu, Xiang-Kun, Benefield, Jacqueline, Coplen, Tyler B., Gao, Zhaofu and Holden, Norman E. 2021. Variation of lead isotopic composition and atomic weight in terrestrial materials (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*. 93:155-166.

7.1 ANNEXE 1: MÉTHODE D'ÉLABORATION DE LA FIGURE DES EFFETS DU PLOMB SUR LA SANTÉ

Cette Annexe présente la méthode derrière l'élaboration de la figure 1 du *Guide de pratique professionnelle pour la surveillance médicale des travailleuses et travailleurs exposés au plomb*.

Pour convenir des effets sur la santé du plomb à mentionner dans la figure 1 selon les niveaux de plombémies, la démarche était la suivante :

1. Identification des références d'organisations scientifiques reconnues ayant revu la littérature scientifique concernant les effets sur la santé du plomb (ATSDR, 2020; NTP, 2012; OMS, 2022; U.S. EPA, 2024).
2. Extraction des données concernant les effets sur la santé identifiés avec le niveau de preuve et en fonction du niveau de plombémie, chez les adultes et les enfants/jeunes adultes :
 - ❖ Compilation des données dans des tableaux organisés par système du corps humain et pour le risque de mortalité et de cancer;
 - ❖ Recherche par mots clés dans chacun des documents afin d'identifier les passages pertinents à rapporter. Si le document n'en faisait pas mention, le symbole « - » est inscrit au tableau;
 - ❖ Les quatre références prises en compte au départ (ATSDR, 2020; NTP, 2012; OMS, 2022; U.S. EPA, 2024) sont citées dans chacun des tableaux. Puis, cinq autres références ont été ajoutées afin de bonifier certaines informations au sujet des effets sur la santé quant aux effets cliniques et hématologiques rapportés à de hauts niveaux de plombémie et quant au risque de cancer (ANSES, 2019; CIRC, 2006; HCSP, 2017; U.S. EPA, 2013).
3. Élaboration de critères d'inclusion et d'exclusion afin d'identifier les effets à mentionner à la figure de la gradation des effets sur la santé selon le niveau de plombémie rapportée dans la littérature. Voir les tables 1 et 2 pour plus de détails.

Les seuils de maladies à déclaration obligatoire (MADO) pour le plomb chez l'adulte ($> 0,5 \mu\text{mol/L}$) et l'enfant de moins de 12 ans ($> 0,25 \mu\text{mol/L}$) ont aussi été ajoutés à la figure.

TABLE 1. CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION DES EFFETS DU PLOMB SUR LA SANTÉ À RETENIR DANS LE GPP

Critères d'inclusion		Critères d'exclusion
Effets du plomb sur la santé : mentionnés dans la figure 1	Autres effets du plomb sur la santé : mentionnés dans la table 3 de cette annexe	
<p>Un niveau de plombémie est rapporté par ATSDR ou NTP ou l'OMS pour cet effet sur la santé.</p> <p>ET</p> <p>L'U.S. EPA considère qu'il y a une relation "causal" ou "likely to be causal" entre l'exposition au plomb et l'effet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indépendamment du niveau de preuve rapporté par NTP, 2012. <p>OU</p> <p>Le NTP considère qu'il y a "sufficient evidence of an association" entre l'exposition au plomb et l'effet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sauf si l'U.S. EPA mentionne, en 2023, que les évidences pour l'association sont « inadequate » ou « inconclusive » ou « inconsistent ». <p>Pour les effets sur la santé mentionnés à une plombémie $\geq 1,93 \mu\text{mol/L}$ ($\geq 40 \mu\text{g/dL}$) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ils sont plus susceptibles d'être des effets aigus rapportés dans des études de cas. Ils sont associés à une exposition importante au plomb. • Il est plus rare que le NTP ou l'U.S. EPA mentionne un niveau de preuve pour ces effets. • Ils sont inclus à la figure si une valeur de plombémie est mentionnée par l'une des organisations scientifiques suivantes : ANSES, 2019; ATSDR, 2020; HCSP, 2017; OMS, 2022. 	<p>L'U.S. EPA considère que l'association est "suggestive of, but not sufficient to infer, a causal relationship" entre l'exposition au plomb et l'effet.</p> <p>OU</p> <p>Le NTP considère qu'il y a « limited evidence of an association » entre l'exposition au plomb et l'effet.</p> <p>OU</p> <p>Le NTP considère qu'il y a "sufficient evidence of an association" mais l'EPA mentionne, en 2023, que les évidences pour cette association sont : « inadequate » ou « inconclusive » ou « inconsistent ».</p> <p>OU</p> <p>Un niveau de preuve important (ex. : « likely to be causal ») est mentionné pour une catégorie regroupant divers effets sur la santé (ex. : effets musculosquelettiques) mais un niveau de preuve limité est constaté pour chaque effet (ex. : ostéoporose) rapporté dans le regroupement.</p>	<p>L'U.S. EPA considère que l'association est "inadequate to infer a causal relationship" entre l'exposition au plomb et l'effet.</p> <p>OU</p> <p>Le NTP considère qu'il y a "inadequate evidence of an association" entre l'exposition au plomb et l'effet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niveau de preuve du U.S. EPA considéré comme prépondérant comme plus récent. <p>OU</p> <p>Catégorie d'effet trop générale sans niveau de plombémie mentionné et effets plus spécifiques rapportés.</p>

ATSDR, 2020; ANSES, 2019; CIRC, 2006; HCSP, 2017; NTP, 2012; OMS, 2022; U.S. EPA, 2013; U.S. EPA, 2024

TABLE 2. DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE PREUVES

É.-U. EPA, 2024	NTP, 2012
<p align="center"><i>« Causal relationship »</i></p> <p>Relation causale Les preuves sont suffisantes pour conclure à l'existence d'une relation causale avec les expositions aux contaminants concernés. C'est-à-dire, il a été démontré que le contaminant entraîne des effets sur la santé dans des études dans lesquelles le hasard, la confusion et les autres biais pouvaient être exclus avec une confiance raisonnable. (...) En général, le constat est basé sur plusieurs études de très bonne qualité menées par plusieurs groupes de recherche (traduit de U.S. EPA, 2015).</p>	<p align="center"><i>« Sufficient evidence of an association »</i></p> <p>Preuves suffisantes d'une association Une association est observée entre l'exposition et les issues de santé dans des études dans lesquelles le hasard, les biais et la confusion peuvent être exclus avec une confiance raisonnable (traduit de NTP, 2012).</p>
<p align="center"><i>« Likel to be causal »</i></p> <p>Probablement causal Les preuves sont suffisantes pour conclure qu'une relation causale est susceptible d'exister avec les expositions aux contaminants concernés. C'est-à-dire, il a été démontré que le contaminant entraîne des effets sur la santé dans des études dont les résultats ne sont pas expliqués par le hasard, la confusion ou d'autres biais, mais des incertitudes persistent dans l'ensemble des données scientifiques (traduit de U.S. EPA, 2015).</p>	
<p align="center"><i>« Suggestive of, but not sufficient to infer, a causal relationship »</i></p> <p>Suggestif, mais pas suffisant pour conclure à une relation causale Les preuves suggèrent une relation causale avec les expositions aux contaminants concernés, mais elles sont limitées. Le hasard, la confusion et les autres biais ne peuvent être exclus (traduit de U.S. EPA, 2015).</p>	<p align="center"><i>« Limited evidence of an association »</i></p> <p>Preuves limitées d'une association Une association est observée entre l'exposition et les issues de santé dans des études dans lesquelles le hasard, les biais et la confusion ne peuvent être exclus avec une confiance raisonnable (traduit de NTP, 2012).</p>
<p align="center"><i>« Inadequate to infer a causal relationship »</i></p> <p>Insuffisant pour conclure à une relation causale Les preuves sont insuffisantes pour déterminer s'il existe une relation causale avec les expositions aux contaminants concernés. Les études disponibles sont d'une quantité, d'une qualité, d'une cohérence ou d'une puissance statistique insuffisantes pour permettre de conclure sur la présence ou l'absence d'un effet (traduit de U.S. EPA, 2015).</p>	<p align="center"><i>« Inadequate evidence of an association »</i></p> <p>Preuves insuffisantes d'une association Les études disponibles sont insuffisantes en termes de qualité, de cohérence ou de puissance statistique pour permettre de conclure sur la présence ou l'absence d'une association entre l'exposition et les issues de santé, ou aucune donnée chez l'humain n'est disponible (traduit de NTP, 2012).</p>

TABLE 3. EFFETS SUR LA SANTÉ QUI ONT ÉTÉ ASSOCIÉS À UNE EXPOSITION AU PLOMB MAIS DONT LES PREUVES SCIENTIFIQUES DISPONIBLES SONT LIMITÉES

Adultes	Enfants
<p>≤10 µg/dL (0,48 µmol/L) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↑ Incidence des tremblements essentiels • ↓ Audition • Altération des fonctions neurosensorielles • ↑ Naissances prématurées • ↑ Sensibilisation aux allergènes • ↓ Fertilité chez les femmes • ↑ Risque de sclérose latérale amyotrophique <p>≥ 10 µg/dL (0,48 µmol/L) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↓ Fertilité chez les hommes • ↑ Enzymes hépatiques • ↑ Ostéoporose, ↓ densité osseuse <p>>30 µg/dL (1,45 µmol/L)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↑ Avortements spontanés • ↓ Poids de naissance <p>Niveau non mentionné (OMS, ATSDR, U.S. EPA, NTP) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↑ Incidence de la maladie de Parkinson 	<p>≤ 10 µg/dL (0,48 µmol/L) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altération des fonctions neurosensorielles • ↓ Croissance post-natale • ↑ Sensibilisation aux allergènes • ↑ Hypersensibilité aux allergènes communs (démonstré par tests cutanés et IgE) • ↑ caries dentaires <p>Niveau non mentionné (OMS, ATSDR, U.S. EPA, NTP) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↓ Cognition sociale • ↑ Comportements autistiques

7.2 ANNEXE 2 : RÉCENSION DES RECOMMANDATIONS OU EXIGENCES POUR LA PÉRIODICITÉ DES PLOMBÉMIES CHEZ LES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS

Références	À l'embauche ou si modification de tâche	Niveau de plombémie en µg/dL (µmol/L)				Commentaires
		< 5 (0,24)	< 10 (0,48)	10-19 (0,48-0,96)	≥ 20 (0,97)	
OSHA	Si exposition ≥ 30 µg/m³ > 30 jrs/année	6 mois			20-39 µg/dL: 6 mois ≥40 µg/dL (1,93 µmol/L): 2 mois	
HSE, 2002	Répéter après 3 mois	≤ 3 mois (femmes en âge de procréer et jeunes < 18 ans)		6-12 mois (les autres)	30-39 µg/dL: 6 mois ≥40 µg/dL (1,93 µmol/L) : 3 mois	Certains types d'expositions telles que la combustion de peinture au Pb ou de métal recouvert de Pb lors de travaux de démolition, de travaux de ferraille, le décapage au jet d'anciennes peintures au Pb, notamment sur les voies ferroviaires, les ponts routiers et les structures similaires, et autres, sont susceptibles d'être si variables qu'un portrait clair d'absorption du Pb ne peut être établi. Dans ces situations, il peut être nécessaire de poursuivre les plombémies aux 3 mois aussi longtemps qu'une surveillance médicale est nécessaire, voire plus fréquemment si le médecin l'estime nécessaire.
		6-12 mois (les autres)				
AOEC, 2007	Chaque mois X 3 mois	6 mois	Pour chaque ↑ de > 5 µg/dL ↑ la fréquence au besoin			Ce calendrier peut être inadéquat pour certaines situations où les expositions sont très élevées et/ou très variables. Dans ces situations, le médecin doit adapter le suivi pour tenir compte des risques particuliers du travail et de l'exposition. Les employés affectés à des tâches avec des expositions extrêmement élevées (ex. : sablage abrasif) doivent être suivis plus fréquemment, au moins une fois par mois. En général, c'est une bonne idée de faire une plombémie lors de pics d'exposition pour évaluer les contrôles et, en particulier, pour les métiers de la construction, tester avant, pendant et après le travail.
Kosnett et al., 2007	Chaque mois X 3 mois	6 mois	3 mois, puis 6 mois après 3 plombémies < 10 µg/dL	Mensuel		
Gouvernement de l'Alberta, 2013	Chaque mois X 3 mois	6 mois	3 mois	3 mois (<1,5 µmol/L) Mensuel (≥1,5 µmol/L)		
U.S. Army Public Health Command, 2014	Non précisé	Au moins annuel ou plus souvent selon le jugement du médecin		3 mois ou plus souvent selon le jugement du médecin	Mensuel	
Code du travail de la France, 2016	Suivi médical renforcé si exposition au Pb dans l'air > 0,05 mg/m³ (moyenne pondérée sur 8 h)	Suivi médical renforcé chez les femmes		Suivi médical renforcé chez les hommes		La périodicité est décidée par le médecin du travail.

Références	À l'embauche ou si modification de tâche	Niveau de plombémie en µg/dL (µmol/L)				Commentaires
		< 5 (0,24)	< 10 (0,48)	10-19 (0,48-0,96)	≥ 20 (0,97)	
Holland et al., 2016/ACOEM	Chaque 2 mois X 6 mois	6 mois		2 mois, puis q6 mois après 2-3 plombémies < 10 µg/dL	Mensuel	Plombémies plus fréquentes pour les femmes enceintes, qui planifient une grossesse ou pourraient le devenir.
Work Safe BC, 2017	<i>Non précisé</i>	Aucun ou annuel		Chaque 6 mois	Mensuel	
Safe Work Australia, 2018	Répéter après 1 mois	6 mois		3 mois	6 semaines (3-6 semaines après un retrait)	
		3 mois (femmes âge de procréer)	6 semaines (femmes en âge de procréer)			
MIOSHA, 2018	Si exposition ≥ 30 µg/m ³ (moyenne sur 8h) > 30 jrs/année	6 mois		6 mois (2 mois si > 15 µg/dL)	2 mois ou mensuel si la travailleuse ou le travailleur retiré	Si exposition ≥ 30 µg/m ³ (moyenne sur 8h) > 10 jrs/année, surveillance médicale non exigée, mais devrait être considérée.
Manitoba Workplace Safety and Health, 2019	Répéter après 6 mois	Annuel. Peut cesser si maintien à ces niveaux x3 consécutifs.	6 mois	3 mois	Mensuel	
Nova Scotia Health and Safety, 2019	Chaque 2 mois X 6 mois	6 mois	Augmenter la fréquence si indiquée	2 mois, puis q6 mois après 2-3 plombémies < 10 µg/dL	Mensuel	Plombémies plus fréquentes pour les femmes enceintes qui planifient une grossesse ou pourraient le devenir.
Ontario Ministry of Labour, 2019	Chaque 4 mois X 12 mois	6 mois si <0,5 µmol/L		3 mois si 0,5-1 µmol/L	Mensuel si > 1 µmol/L	Ce calendrier peut être inadéquat pour certaines situations où les expositions sont très élevées et/ou très variables. Dans ces situations, le médecin doit adapter le suivi pour tenir compte des risques particuliers du travail et de l'exposition. Le suivi peut exceptionnellement être aux 4 mois pour des travailleuses et travailleurs ayant cumulé une charge corporelle (mesures temporaires s'appliquant pour 5 ans après l'entrée en vigueur du nouveau règlement).
CSTE, 2021	Aucune recommandation sur la périodicité des plombémies					
CDPH, 2021	<i>Non précisé</i>	3 mois ad < 3.5 µg/dL (0,17 µmol/L)		2 mois ad < 10 µg/dL	Mensuel ad < 10 µg/dL	Pour femmes enceintes avec plombémie ≥ 3,5 µg/dL (0,17 µmol/L), refaire au moins aux 4 semaines jusqu'à ce que la plombémie soit < 3,5 µg/dL (0,17 µmol/L).
U.S. DoD, 2022	<i>Non précisé</i>	6 mois		3 mois	Mensuel	✓ SBE si exposition ≥ 30 µg/m ³ (moyenne sur 8h) > 30 jours/année. ✓ Ou plus fréquemment , selon le jugement du médecin.
IRSST, 2022	<i>Non précisé</i>	4 mois				

Autorités réglementaires

- Code du travail de la France
- Gouvernement de l'Alberta
- Health and safety executive (HSE) du Royaume-Uni
- Manitoba Workplace Safety and Health
- Michigan Occupational safety and health authority (MIOSHA)
- Nova Scotia Health and Safety
- Occupational safety and health authority (OSHA) des États-Unis
- Ontario Ministry of Labour
- Safe Work Australia
- U.S. Department of Defence (DoD)
- Work Safe BC

Organisations et groupes scientifiques

- ❖ Association of Occupational and Environmental Clinics (AEOC)
- ❖ California department of public health (CDPH)
- ❖ Counsel of State and Territorial Epidemiologists (CSTE)
- ❖ Holland et al./American College of Occupational and Environmental Medicine (ACOEM)
- ❖ Kosnett et al.
- ❖ U.S. Army Public Health Command
- ❖ Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)

7.3 ANNEXE 3 : RECENSION DES RECOMMANDATIONS OU EXIGENCES POUR L'ÉVALUATION MÉDICALE DES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS EXPOSÉS AU Pb (EXCLUANT LA PLOMBÉMIE)

Références	Contenu de l'évaluation médicale à l'embauche	Contenu de l'évaluation médicale périodique
HSE, 2002	Histoire médicale et hémoglobine	Histoire et examen +/- bilan selon un médecin; annuel
AOEC, 2007	Évaluation médicale (contenu non détaillé)	Mesure de la TA et questionnaire de santé; fréquence non définie
		< 1,45 µmol/L (30 µg/dL) : Considérer une évaluation médicale ≥ 1,45 µmol/L (30 µg/dL) : Histoire, examen, bilan (FSC, azote uréique, créatinine)
Kosnett et al., 2007	Histoire médicale, examen physique, créatinine	Mesure annuelle de la TA et questionnaire visant à identifier des facteurs de sensibilité
		≥ 1,93 µmol/L (≥40 µg/dL) : Évaluation médicale rapide
Gouvernement de l'Alberta, 2012	Histoire médicale, examen physique, bilans (FSC, créatinine)	Peut être refait périodiquement; fréquence non définie ≥ 2,5 µmol/L (≥52 µg/dL) : Évaluation médicale
U.S. Army Public Health Command, 2014	<i>Non précisé</i>	0,97 µmol/L (≥20 µg/dL) : Une évaluation médicale devrait être faite ≥ 1,93 µmol/L (≥40 µg/dL) : Évaluation médicale rapide
Holland et al., 2016	Histoire médicale, examen physique, bilans (FSC, créatinine)	Histoire, examen physique, bilans (FSC, créatinine); fréquence selon l'avis du médecin
Code du travail de la France, 2016	Examen médical d'aptitude (contenu non détaillé)	L'examen médical d'aptitude est refait à une périodicité décidée par le médecin
Work Safe BC, 2017	<i>Non précisé</i>	<i>Non précisé</i>
Safe Work Australia, 2018	Histoire médicale, examen physique, bilans (FSC, créatinine, analyse d'urine)	Examen médical dans les 7 jours suivant un retrait de l'exposition et dosage de la PPZ
MIOSHA, 2018	Histoire médicale, examen physique, TA, bilans (FSC, frottis sanguin, azote uréique, créatinine, analyse d'urine)	0,72 µmol/L (≥15 µg/dL) : Évaluation médicale au moins annuelle Travailleuses et travailleurs retirés de l'exposition : évaluation médicale si pertinente +/- test de grossesse, spermogramme
Manitoba Workplace Safety and Health, 2019	Histoire médicale	0,97 µmol/L (≥20 µg/dL) : Examen physique et bilans (FSC, PPZ, azote uréique, acide urique, créatinine, analyse d'urine +/- test de grossesse, spermogramme)
Nova Scotia Health and Safety, 2019	Histoire médicale, examen physique, bilans (FSC, créatinine)	Histoire médicale et bilans (FSC, analyse d'urine, autres labos selon médecin); fréquence selon médecin
Ontario Ministry of Labour, 2019	Histoire médicale, examen physique	Histoire médicale et examen physique si pertinent ; annuellement ou plus souvent selon le médecin
CSTE, 2021	<i>Non précisé</i>	≥0,97 µmol/L (20 µg/dL) : Annuel
		≥1,45 µmol/L (30µg/dL) : Évaluation médicale rapide

Références	Contenu de l'évaluation médicale à l'embauche	Contenu de l'évaluation médicale périodique
CDPH, 2021	<i>Non précisé</i>	Tous : Mesure de la TA annuellement 0,48-0,96 µmol/L (10-19 µg/dL) : Bilan annuel (FSC, azote uréique, créatinine, analyse d'urine) 0,97-1,44 µmol/L (20-29 µg/dL) : Examen et bilan annuel ≥1,45 µmol/L (30 µg/dL) : Examen et bilan < 2 semaines ≥3,86 µmol/L (80 µg/dL) : Évaluation médicale rapide
U.S. DoD, 2022	Histoire médicale, examen physique	PPZ chaque 6 mois ≥3,86 µmol/L (80 µg/dL) : Évaluation médicale urgente

7.4 ANNEXE 4 : RECENSION DES NIVEAUX DE PLOMBÉMIE POUR LESQUELS LE RETRAIT DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEUSES ET TRAVAILLEURS EST RECOMMANDÉ OU EXIGÉ AINSI QUE LES CRITÈRES POUR LA RÉINTÉGRATION AU POSTE DE TRAVAIL

Légende : Les cases en **orange** identifient les détails qui s'appliquent à tous les travailleuses et travailleurs; les cases en **vert** identifient les détails qui s'appliquent aux femmes ou à d'autres sous-groupes s'il y a lieu.

Références	Niveau de plombémie en µg/dL (µmol/L)								Retour au poste de travail	Précisions
	≥3,5 (0,17)	≥5 (0,24)	≥10 (0,48)	≥20 (0,97)	≥30 (1,45)	≥40 (1,93)	≥50 (2,41)	≥60 (2,90)		
OSHA						Valeur à ne pas dépasser	Moyenne 3 derniers résultats ou 6 derniers mois	1 seule mesure	x2 < 40 µg/dL (1,93 µmol/L)	Selon ces standards, le médecin peut aussi retirer une travailleuse ou un travailleur en raison d'une condition médicale faisant en sorte que l'individu est à risque élevé d'atteinte à la santé en raison de l'exposition au Pb.
HSE, 2002					Femmes		< 18 ans	Hommes	Décision autorisée par le médecin qui exerce un jugement, au cas par cas.	La plombémie qui atteint le seuil de retrait doit être répétée dans 10 jours ouvrables. Si le résultat est confirmé, le médecin doit décider si la travailleuse ou le travailleur doit être retiré(e). Des exceptions peuvent s'appliquer pour les travailleuses et travailleurs avec plus d'ancienneté ayant cumulé une charge corporelle. Le médecin peut aussi exercer son jugement lorsque la plombémie est inférieure au seuil et, tout de même, fournir une attestation pour le retrait.
AOEC, 2007			Considérer retrait si indiqué	Considérer retrait si indiqué	X1				Non précisé	Même si l'un des objectifs de santé est de retirer le patient de l'exposition, les conséquences sociales liées à une perturbation de la vie des travailleuses et travailleurs (ex. : perte de logement ou du revenu) peuvent être importantes et doivent être considérées par le clinicien.
Kosnett et al., 2007			Considérer retrait si présence de certains problèmes de santé* ou plombémie chroniquement > 10 µg/dL	X2 à 1 mois d'intervalle	X1				X2 < 15 µg/dL (0,72 µmol/L) à 1 mois d'intervalle	

Références	Niveau de plombémie en µg/dL (µmol/L)								Retour au poste de travail	Précisions	
	≥3,5 (0,17)	≥5 (0,24)	≥10 (0,48)	≥20 (0,97)	≥30 (1,45)	≥40 (1,93)	≥50 (2,41)	≥60 (2,90)			
Code du travail de la France, 2008					Valeur à ne pas dépasser (femmes)	Valeur à ne pas dépasser (hommes)					Il n'y a pas de seuil précis pour le retrait/retour.
CMPSATQ, 2008					x1					< 1,2 µmol/L (25 µg/dL) ou poste de travail corrigé et ne représente plus une source d'exposition	
Gouvernement de l'Alberta, 2013		Valeur à ne pas dépasser pour femmes enceintes ou qui pourraient le devenir	Retrait des femmes enceintes ou qui pourraient le devenir				À partir de 2,5 µmol/L			Jusqu'à ce que la plombémie diminue à des niveaux acceptables	
U.S. Army Public Health Command, 2014		Réduire ou éviter l'exposition pour les femmes enceintes qui planifient une grossesse ou qui allaitent.	Considérer le retrait s'il y a présence de certains problèmes de santé* ou plombémie chroniquement > 10 µg/dL	x2 à 1 mois d'intervalle	x1					X2 < 15 µg/dL (0,72 µmol/L) à 1 mois d'intervalle	Dans certains cas, la plombémie demeura élevée même lorsque l'exposition est éliminée (ex.: lorsque la charge osseuse est élevée). L'atteinte d'un niveau de plombémie <15 µg/dL (0,72 µmol/L) pourrait s'avérer impossible à court terme. Le médecin évaluera chaque cas.
Work Safe BC, 2017				x2 à 1 mois d'intervalle	x1					La plombémie est acceptable selon le médecin ET les mesures de prévention et de contrôle sont renforcées et l'exposition minimisée	Les femmes enceintes ou qui planifient une grossesse devraient être réaffectées à des tâches sans exposition au Pb.
Safe Work Australia, 2018		Niveaux à éviter pour les femmes enceintes ou qui planifient une grossesse	Retrait des femmes en âge de procréer		x1					< 20 µg/L (0,97 µmol/L) < 5 µg/dL (0,24 µmol/L), femmes en âge de procréer	

Références	Niveau de plombémie en µg/dL (µmol/L)								Retour au poste de travail	Précisions	
	≥3,5 (0,17)	≥5 (0,24)	≥10 (0,48)	≥20 (0,97)	≥30 (1,45)	≥40 (1,93)	≥50 (2,41)	≥60 (2,90)			
MIOSHA, 2018		Niveaux à éviter pour les femmes enceintes ou qui planifient une grossesse		Moyenne des 3 derniers résultats ou des 6 derniers mois	x1					< 15 µg/dL (0,72 µmol/L)	Mesures de protection spéciales incluant le retrait pour les femmes enceintes ou qui planifient une grossesse selon le jugement du médecin.
Manitoba Workplace Safety and Health, 2019				x1						x2 < 15 µg/dL (0,72 µmol/L) à 1 mois d'intervalle	Dans certains cas, le retrait pourrait être prolongé.
Nova Scotia Health and Safety, 2019		Retrait recommandé pour les femmes enceintes ou qui pourraient le devenir	Retrait exigé pour les femmes enceintes ou qui pourraient le devenir	x2 à 1 mois d'intervalle	x1					x2 < 15 µg/dL (0,72 µmol/L) à 1 mois d'intervalle x2 < 5 µg/dL (0,24 µmol/L), femmes enceintes	
Ontario Ministry of Labour, 2019			Retrait des femmes enceintes ou en âge de procréer à > 0,5 µmol/L	x2 à 1 mois d'intervalle > 1 µmol/L	x1 > 1,4 µmol/L					< 0,7 µmol/L (14,5 µg/dL), les autres < 0,25 µmol/L, femmes en âge de procréer	
Ontario Ministry of Labour, 2020-2025						> 1,9 µmol/L OU ↑ > 0,25 µmol/L (vs plombémie de base)				Retour à un niveau inférieur à la plombémie de base ET évaluation des mesures de prévention et de contrôle	Il s'agit de mesures d'exception s'appliquant temporairement à des travailleuses et travailleurs avec une plombémie plus élevée que le nouveau seuil de retrait pour permettre une diminution de la charge corporelle. Certaines conditions s'appliquent, notamment l'assurance que l'exposition est minimisée par les mesures de prévention et de contrôle en place.

Références	Niveau de plombémie en µg/dL (µmol/L)								Retour au poste de travail	Précisions	
	≥3,5 (0,17)	≥5 (0,24)	≥10 (0,48)	≥20 (0,97)	≥30 (1,45)	≥40 (1,93)	≥50 (2,41)	≥60 (2,90)			
CSTE, 2021	Considérer retrait si grossesse ou s'il y a présence de certains problèmes de santé		Retrait des femmes enceintes Considérer retrait si présence de certains problèmes de santé ou plombémie chroniquement > 10 µg/dL	x2 à 1 mois d'intervalle	x1					Non précisé	En raison de la complexité de recommander un retrait en dessous des niveaux requis par l'OSHA, le médecin qui fait une telle recommandation pourrait revoir la réglementation, consulter un médecin familial avec ladite réglementation et discuter avec son patient des impacts possibles sur son emploi.
CDPH, 2021	Femmes enceintes			x2 à 1 mois d'intervalle ou moyenne 6 derniers mois	x1					x2 à 1 mois d'intervalle < 15 µg/dL (0,72 µmol/L) Aucun seuil précis. Arrêter l'exposition, pour les femmes enceintes.	Si un retrait est proposé à un niveau en dessous des niveaux requis par l'OSHA, le médecin qui fait une telle recommandation pourrait revoir la réglementation et discuter avec son patient des impacts possibles sur son emploi.
U.S. DoD, 2022				x2 à 1 mois d'intervalle	x1					x2 < 15 µg/dL (0,72 µmol/L) à 1 mois d'intervalle	
Holland et al., 2016 (ACOEM); mise à jour 2023	Valeur à ne pas dépasser pour les femmes enceintes ou qui pourraient le devenir	Retrait recommandé pour les femmes enceintes ou qui pourraient le devenir	Retrait exigé pour les femmes enceintes ou qui pourraient le devenir	x2 à 1 mois d'intervalle	x1					x2 < 15 µg/dL (0,72 µmol/L) à 1 mois d'intervalle ET le médecin juge que la surexposition est peu susceptible de se reproduire x2 < 5 µg/dL, femmes enceintes	

*Il s'agit des problèmes de santé qui augmentent le risque d'effets néfastes si l'exposition continue (ex. : maladie rénale, hypertension, maladie neurologique ou trouble cognitif).

Autorités réglementaires

- Code du travail de la France
- Gouvernement de l'Alberta
- Health and safety executive (HSE) du Royaume-Uni
- Manitoba Workplace Safety and Health

- Michigan Occupational safety and health authority (MIOSHA)
- Nova Scotia Health and Safety
- Occupational safety and health authority (OSHA) des États-Unis
- Ontario Ministry of Labour
- Safe Work Australia
- U.S. Department of Defence (U.S. DoD)
- Work Safe BC

Organisations et groupes scientifiques

- ❖ Association of Occupational and Environmental Clinics (AEOC)
- ❖ California department of public health (CDPH)
- ❖ Counsel of State and Territorial Epidemiologists (CSTE)
- ❖ Holland et al./American College of Occupational and Environmental Medicine (ACOEM)
- ❖ Kosnett et al.
- ❖ U.S. Army Public Health Comman

